BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

L'ÉCLAIRAGE
ÉLECTRIQUE

PAR

LE COMTE TH. DU MONCEL
Membre de l'Institut

OUVRAGE ILLUSTRÉ
DE 70 FIGURES DESSINÉES SUR BOIS
PAR BONNAFOUX, CHAUVET ET JAHANDIER

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1879

Droits de propriété et de traduction réservés

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

UN COUP D'ŒIL HISTORIQUE.

Le besoin de s'éclairer en l'absence de la lumière solaire s'est fait sentir chez l'homme dès les premiers âges du monde, et la production artificielle de la lumière par le feu qu'il sut découvrir est même l'un des grands caractères qui le distinguent des autres animaux. Dans l'origine, il n'eut pour s'éclairer que de simples morceaux de bois enflammés, des débris de plantes sèches, ou des branches d'arbres résineux dont il formait des torches; plus tard il put remarquer les propriétés combustibles et éclairantes de certains liquides oléagineux, et nous voyons que les Hébreux, les Égyptiens, les peuples de l'Inde et de la haute Asie, connurent dès la plus haute antiquité l'usage des lampes; mais ces lampes, même chez les Romains, étaient constituées par des mèches fumantes que ne voudraient plus employer aujourd'hui nos paysans les plus arriérés. Les chandelles de suif imaginées en Angleterre au douzième siècle, et qui ne furent introduites en France que sous Charles V, furent

considérées, dans le moyen âge, comme un grand progrès apporté à l'éclairage, et les lanternes pour éclairer les villes ne datent que du dix-septième siècle (1667). C'est seulement au milieu du siècle suivant que furent inventés les fameux *réverbères* (lanternes à réflecteur) que nous avons encore vus dans notre jeunesse suspendus au milieu des rues des différentes villes. Aujourd'hui nous méprisons beaucoup ces moyens d'éclairage, et pourtant, quand Quinquet inventa en 1785 l'espèce de lampe qui porte son nom, on trouva qu'il avait fait une magnifique découverte[1], et je me rappelle encore l'enthousiasme avec lequel a été accueillie l'invention de la lampe à mouvement d'horlogerie de Carcel. Toutefois ce n'est qu'à l'époque de la découverte des propriétés éclairantes du gaz par Lebon, en 1801, que commença l'ère des révolutions dans l'éclairage public; mais, bien qu'on ait pu constater dès l'origine les avantages immenses que présentait ce mode d'éclairage, il fallut longtemps pour qu'on se décidât à l'adopter. C'est en Angleterre que furent faites les premières applications de ce système à l'éclairage des rues, et, bien que l'invention fût toute française, on ne pensa à l'employer à Paris qu'en 1818, sous l'administration de M. de Chabrol. A cette époque, tous les producteurs d'huile à brûler furent frappés de stupeur, et ils voyaient dans cette découverte la ruine de cette industrie; mais, contrairement à leurs prévisions, ils reconnurent bientôt que la consommation de l'huile à brûler augmentait avec le développement de l'éclairage au gaz, et cela devait être ainsi, car l'éclairage au gaz, en habituant les populations à une lumière plus vive, devait faire augmenter le nombre des lampes employées pour l'éclairage privé et perfectionner à ce point de vue la

[1] Il paraît que c'est Argant qui fit cette invention, et que Quinquet ne fit que la perfectionner en adaptant à la lampe le tuyau de verre qui fait l'office de cheminée.

construction des lampes elles-mêmes qui dépensèrent, par cela même, une plus grande quantité d'huile.

Ce coup d'œil rétrospectif nous montre qu'on s'exagère à tort en ce moment les conséquences que pourrait entraîner le développement de l'éclairage électrique. Si ce mode d'éclairage arrivait à être produit dans des conditions tout à fait pratiques, il faudrait bien des années encore pour qu'il pût se généraliser, et encore il ne pourrait pas toujours être appliqué; mais, comme on se serait habitué à cette lumière vive qui fait paraître les becs de gaz aussi sombres que le paraissaient, par rapport à eux, les réverbères, on se trouvera obligé de multiplier les becs de gaz sur les points où l'on sera forcé de les employer, et la consommation pourra peut-être même dépasser ce qu'elle est aujourd'hui.

Bien que la découverte de l'immense pouvoir lumineux d'une décharge électrique déterminée à travers deux électrodes de charbon ne soit pas nouvelle, ce n'est guère qu'en 1842 qu'on fit des expériences assez importantes pour qu'on pût pressentir la possibilité de son emploi comme moyen d'éclairage public. Les résultats obtenus par MM. Deleuil et Archereau dans leurs expériences faites, à cette époque, au quai Conti et à la place de la Concorde, avaient stupéfait tous ceux qui en furent témoins, et l'on se demandait déjà si, en opérant sur une très grande échelle, on ne pourrait pas créer des soleils artificiels capables d'éclairer chacun tout un quartier de ville. Mais à cette époque la production de l'électricité nécessaire à la création de cette lumière exigeait des frais considérables; les moyens de la régulariser étaient très primitifs, et les personnes compétentes ne croyaient guère qu'on pût l'appliquer à l'éclairage public. Pourtant, en 1857, les machines magnéto-électriques de la compagnie l'*Alliance*, construites dans l'origine dans un tout autre but que la lumière électrique, prouvèrent bientôt, à la suite de nombreux perfectionnements qui

lui furent apportés par M. J. Van Malderen, que cette production de lumière pouvait être effectuée dans de bonnes conditions, et même dans des conditions telles, que, *lumière pour lumière*, on pouvait l'obtenir à un prix moins élevé que celui du gaz. On commença alors à revenir à l'idée de son application à l'éclairage public; mais la difficulté de la diviser et de la répartir sur plusieurs points, la surveillance qu'on était obligé d'apporter au fonctionnement des lampes électriques, l'irrégularité d'action de celles-ci, découragèrent encore les plus fervents, et ce n'est que dans ces derniers temps, après de nouveaux perfectionnements apportés aux machines électriques, aux charbons des lampes et aux lampes électriques elles-mêmes, après surtout les expériences si intéressantes entreprises par la compagnie Jablochkoff pour l'éclairage des rues et des établissements privés, que la question est revenue à l'ordre du jour, mais cette fois dans des conditions infiniment plus favorables et qui font présager une solution prochaine. A en juger par l'émoi causé sur le marché financier des compagnies de gaz en Angleterre, comme en France et en Amérique, on peut croire que la chose est devenue sérieuse, et nous pourrons, probablement d'ici à peu d'années, assister à la transformation de l'éclairage public, comme nous l'avons déjà vu en 1818. Toutefois, je dois le répéter, je ne puis penser que l'emploi du gaz soit à jamais supprimé, et je ne serais même pas étonné, par les considérations émises plus haut, que la consommation en fût augmentée. N'y aurait-il que son emploi comme moyen de chauffage et comme force motrice, que l'on pourrait encore croire à son avenir; car, pour l'éclairage des maisons, il est impossible d'admettre l'emploi de machines à vapeur, et le problème ne pourrait être résolu qu'avec des moteurs à gaz, les seuls qui peuvent être mis instantanément en action, et qui ne nécessitent pas l'emploi de chauffeurs et de mécaniciens.

DÉFINITIONS IMPORTANTES.

Avant d'entrer dans aucuns détails sur ce qui se rapporte à la lumière électrique, il me paraît indispensable qu'on soit bien fixé sur l'interprétation que l'on doit donner à certains mots que nous aurons occasion de répéter souvent et qui, bien qu'ayant un sens parfaitement net et déterminé, ne sont pas toujours compris comme il le faudrait, ce qui cause des confusions souvent regrettables.

D'abord un *courant électrique* n'est par le fait, en lui-même, qu'un effet *dynamique* ou de mouvement, résultant de la destruction de l'équilibre électrique dans un système conducteur, et ayant pour effet de tendre à rétablir, par l'intermédiaire d'un autre conducteur, cet équilibre détruit. Conséquemment, si la cause qui a provoqué cette destruction d'équilibre n'est que momentanée, le courant ne peut être qu'éphémère; c'est alors *une décharge*. Mais, si elle persiste, le courant devient continu et peut être comparé à un ruisseau alimenté par une source ; c'est le *courant électrique* proprement dit.

Comme un courant a pour effet de rétablir l'équilibre détruit en un certain point d'un système conducteur, il en résulte naturellement que, pour se manifester, il devient nécessaire que les deux extrémités libres de ce système conducteur se trouvent réunies; dès lors le système constitue un véritable *circuit* qui se rapproche plus ou moins du cercle, mais qui est toujours constitué de la même manière, c'est-à-dire que, si le courant est dirigé dans un certain sens au point où s'est développé le dégagement électrique ou la destruction de l'équilibre électrique, il se trouvera dirigé en sens contraire dans la partie opposée du circuit.

La force qui produit la destruction de l'équilibre dont il vient d'être question est ce qu'on appelle la *force electro-motrice*. Les partisans exagérés de la théorie électro-chimique repoussent, il est vrai, cette expression parce qu'elle se rattache à la théorie de Volta qu'ils ne veulent pas admettre ; mais, quelle que soit la théorie que l'on adopte, cette expression est parfaitement convenable ; car, puisqu'un courant électrique est un phénomène de mouvement et que tout mouvement est l'effet d'une force, il est parfaitement certain que, dans tout circuit parcouru par un courant, il y a une force mise en jeu, et cette force peut, par conséquent, être appelée *force électro-motrice*.

La *tension* d'un courant que l'on confond maintenant souvent avec le *potentiel* est la propriété du fluide électrique qui donne en quelque sorte l'impulsion au mouvement électrique, et qui se traduit extérieurement par une tendance à réagir sur les objets avoisinants et à produire les effets propres à l'électricité statique. C'est la quantité d'électricité maintenue libre quand les pôles de la pile ne sont pas réunis, et qui échappe à la recomposition pendant le temps que s'effectue le dégagement électrique.

Le *potentiel* d'une source électrique[1] se rattache à la tension, mais, étant relié aux actions électriques elles-mêmes, il peut représenter la tension dans des conditions mieux déterminées et susceptibles d'être interprétées par le calcul. On peut le définir grossièrement en disant qu'il est à l'électricité ce que la *température* est à la chaleur ; c'est en quelque sorte la *qualité* de l'électri-

[1] M. Abria, dans un intéressant mémoire sur la *Théorie élémentaire du potentiel*, le définit de cette manière : « Appelons *potentiel* d'un corps électrisé l'indication d'une balance de torsion dans laquelle la boule mobile et la boule fixe sont deux petites sphères égales et qui étant en contact ont été mises en communication avec le corps par un fil long et fin. »

cité, et cette propriété n'a aucun rapport avec la *quantité*. La notion du potentiel d'un conducteur électrisé s'est introduite naturellement dans l'étude que l'on a dû faire des conditions d'équilibre électrique, suivant les lois découvertes par Coulomb. Pour que ces conditions d'équilibre existent, il faut que la résultante des forces attractives et répulsives exercées sur un point intérieur soit nulle ; mais il n'en résulte pas pour cela que l'action des masses électriques réparties sur la surface du conducteur le soit également, et c'est l'expression analytique qui représente cette action avec cette résultante nulle qu'on appelle le *potentiel* électrique.

L'*intensité électrique* représente la grandeur de l'effet produit par la force électro-motrice, c'est-à-dire la force du courant; elle est par conséquent toujours en rapport avec la *quantité d'électricité* qui circule dans le conducteur, et *elle doit dépendre à la fois de la valeur de la force électro-motrice et de la résistance qui est opposée par le conducteur au mouvement des fluides*. Ohm a démontré que cette valeur pouvait être exprimée par le rapport de la force électro-motrice à la résistance du conducteur, ce qui la suppose *proportionnelle à la force électro-motrice et en raison inverse de la résistance*. D'un autre côté, Joule a démontré que la chaleur développée par un courant électrique est *proportionnelle au temps, à la résistance du circuit et au carré de la quantité d'électricité qui passe à travers le circuit dans un temps donné*.

La *résistance* d'un conducteur représente la valeur de l'obstacle opposé par ses particules matérielles à la libre transmission du fluide ; *c'est l'inverse de sa conductibilité*. Cette résistance dépend, en conséquence, de la nature du conducteur et de ses dimensions. Ohm a démontré que cette résistance, pour une même nature de conducteurs, est *inversement proportionnelle à la section de ce conducteur*, c'est-à-dire à la surface de la tranche qu'on obtiendrait en le coupant perpendiculairement à sa longueur,

et il a reconnu de plus qu'elle était proportionnelle *à cette longueur et en raison inverse de sa conductibilité*. Dans les conducteurs de masse indéfinie, comme la terre, cette résistance devient *indépendante de la distance où les points de communication du circuit avec cette masse sont l'un de l'autre*, et ne dépend que de sa conductibilité moyenne et de la surface des lames qui établissent la communication; elle peut être considérée comme *étant en raison inverse de la racine carrée de cette surface.*

Comme un circuit est généralement composé de plusieurs conducteurs de différente nature qui présentent, par conséquent, des résistances très diverses pour les mêmes dimensions, il devient important, pour en estimer la résistance *totale*, de les réduire toutes en fonction d'une même unité de résistance[1], et l'on désigne alors la résistance du circuit sous le nom de *résistance réduite*. Les lois qui ont été posées par Ohm ne se rapportent qu'à un circuit de résistance réduite ; toutefois on ne doit pas perdre de vue que, quelque différentes que soient les diverses parties d'un circuit, l'*intensité électrique d'un courant qui le parcourt est la même en tous ses points*, mais avec des tensions différentes dans chacune de ses parties[2].

La résistance des métaux augmente du reste avec la chaleur, et celle des liquides et des gaz diminue au contraire sous cette influence. On pourra voir dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, tome I, p. 37 et 453, les coefficients de correction dont il faut affecter les chiffres que nous donnons dans la table ci-dessous

[1] Cette unité de résistance a été longtemps discutée, et encore aujourd'hui tous les électriciens ne sont pas d'accord sur celle que l'on doit adopter; cependant, en général, on emploie l'unité de l'association britannique à laquelle on a donné le nom d'Ohm. Cette unité représente environ 100 mètres de fil télégraphique de 4 millimètres de diamètre. Nous parlerons plus tard de ces unités.

[2] Voici, d'après le formulaire anglais de M. Latimer-Clark, les

pour obtenir leur véritable valeur à une température donnée.

La *conductibilité* d'un corps est la propriété qu'il peut avoir de transmettre plus ou moins facilement un courant électrique. A proprement parler, tous les corps de la nature sont conducteurs, mais à un degré très variable et dans des conditions très-différentes. Les métaux sont les plus conducteurs, les résines et autres substances telles que le caoutchouc, la gutta-percha, le verre, etc., le sont le moins. Les liquides et les gaz le sont également, mais sous certaines conditions.

La conductibilité des corps peut être considérée à plusieurs points de vue. Quand elle permet à l'électricité de pénétrer le corps dans toute sa masse sans réaction ultérieure et de s'y propager à la manière de la chaleur, elle prend le nom de *conductibilité propre ;* c'est celle des métaux. Quand au contraire elle ne se produit que par l'effet de décompositions et recompositions chimiques successives, comme cela a lieu avec les liquides, elle prend le nom de

valeurs des résistances des métaux les plus communément employés, pour 1 mètre de longueur et 1 millimètre de diamètre :

	Résistances en ohms.	Pouvoir conducteur
Argent recuit.	0,01937	
Argent étiré.	0,02103	100,00
Cuivre recuit.	0,02057	
Cuivre étiré	0,02104	99,55
Or recuit.	0,02650	
Or étiré.	0,02697	77,96
Aluminium recuit.	0,05751	
Zinc comprimé.	0,07244	29,02
Platine recuit..	0,11660	
Fer —	0,12510	16,81
Nickel —	0,16040	13,11
Étain comprimé.	0,17010	12,36
Plomb —	0,25270	8,32
Antimoine comprimé.	0,45710	4,62
Bismuth —	1,68900	1,24
Mercure liquide.	1,27000	
Alliage de platine et d'argent.	0,31400	
Argent allemand..	0,26950	
Alliage d'argent et d'or.	0,15990	

conductibilité électrolytique. Enfin, quand pour se produire elle exige une action préventive de condensation, comme cela a lieu dans les corps mauvais conducteurs dits isolants, elle prend le nom de *conductibilité électrotonique*. C'est cette conductibilité qui produit les effets d'induction électrostatique dans les câbles sous-marins.

La plupart des corps non métalliques, tels que les minéraux, les bois, le corps humain, les tissus, etc., ne sont conducteurs que par la conductibilité électrolytique, et leur résistance dépend en conséquence de leur plus ou moins grand pouvoir hygrométrique. Cependant la plupart des minérais métalliques réunissent à ce genre de conductibilité une conductibilité propre très marquée. (Voir mes *Recherches sur la conductibilité des corps médiocrement conducteurs*.)

Enfin, pour terminer avec ces définitions, nous dirons qu'on entend par le mot *électrodes* des lames métalliques qu'on plonge dans un milieu peu conducteur, afin de l'électriser assez profondément et sur une assez grande surface pour qu'il acquière une certaine conductibilité ; les lames zinc et cuivre d'une pile en constituent les électrodes, et les crayons de charbon d'une lampe électrique sont également les électrodes de l'arc lumineux qu'ils provoquent.

Les électrodes peuvent du reste être employées, non-seulement pour communiquer l'électrisation à un milieu mauvais conducteur, mais aussi pour en recueillir la polarité quand celui-ci, par une circonstance quelconque, se trouve électrisé. Dans tous les cas, il résulte de ce système de communication électrique une réaction particulière à laquelle on a donné le nom de *polarisation* et qui, s'effectuant en sens contraire de l'action électrique déterminée, est une cause de désordre dans l'action des courants. Cette réaction assez simple avec les liquides est très complexe chez les minéraux et donne lieu à des effets très particuliers et très-curieux que j'ai longuement

étudiés [1], mais qui, n'ayant rien à faire avec l'éclairage électrique, devront être passés sous silence.

Le plus souvent les effets de polarisation résultent des effets électrolytiques, c'est-à-dire de dépôts effectués chimiquement sur les électrodes et qui, réagissant à leur tour sur le milieu électrisé, tendent à créer une réaction électrique en sens inverse de celle du courant; mais quelquefois aussi ils proviennent d'une polarité électrostatique qui est communiquée à ce milieu, et c'est une polarisation de ce genre qui se produit souvent dans l'arc voltaïque.

Nous devons aussi donner quelques explications sur le mot *condensation* que nous aurons occasion plus d'une fois d'appliquer. On désigne ainsi l'accumulation de charge que l'on obtient par la réaction qu'exerce par influence une charge électrique sur un conducteur de large surface, isolé de celui qui est électrisé et qui permet, en retenant par attraction les charges contraires opposées l'une à l'autre, de les accumuler en quantité d'autant plus grande que la surface condensante est plus étendue. Dans ces conditions, il se produit à travers l'isolant un faible écoulement de la charge par voie de conductibilité électrotonique, et comme alors les lames condensantes constituent de véritables électrodes, la résistance du corps *isolant* ou *diélectrique* interposé entre les deux lames ou *armures est inversement proportionnelle à la surface de ces lames*, ou, ce qui revient au même, *à la longueur du câble*, si l'on considère l'effet sur un câble sous-marin ou souterrain immergé.

[1] Voir mes *Recherches sur la conductibilité électrique des corps médiocrement conducteurs*.

CE QUE C'EST QUE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Une lumière artificielle est généralement le résultat d'une combustion, et nous ne nous figurons guère un effet lumineux sans l'intervention d'un corps combustible. Pourtant, la lumière électrique n'est pas dans ce cas, car elle peut se manifester dans le vide, dans l'eau et dans les gaz impropres à la combustion. D'où vient cette différence ?... C'est que, dans un cas, la chaleur, qui accompagne toujours la production de la lumière, provoque, en déterminant la décomposition du corps combustible, un dégagement du gaz hydrogène qui entre dans sa composition et l'illumine en l'enflammant, tandis que, dans le second cas, l'effet lumineux n'est que le résultat d'une transformation de forces physiques. Cette transformation se manifeste quand les conditions de la propagation électrique sont telles que l'action électrique, ne pouvant se développer librement, détermine en un point du circuit une élévation brusque de tension, qui se traduit par un effet d'incandescence en ce point, et cet effet se produit sans qu'il y ait pour cela besoin d'aucune combustion. Ce phénomène est la conséquence de ce qu'il doit passer toujours, dans un même temps, une même quantité d'électricité à travers toutes les parties d'un circuit, quelle qu'en soit d'ailleurs la composition.

Pour obtenir un effet calorifique très accentué, il suffira donc que la décharge électrique passe à travers un milieu d'une insuffisante conductibilité, et ce milieu peut être constitué, soit par un bon conducteur très délié, soit par un conducteur gazeux; mais l'effet lumineux est toujours en rapport avec la facilité que ce conducteur peut avoir de s'illuminer par incandescence. Quand ce

conducteur est solide, les corps qui sont infusibles et peu conducteurs, tels que le platine et surtout le charbon, peuvent être employés, pourvu qu'ils présentent une grosseur et une longueur en rapport avec l'intensité électrique qui les traverse ; nous aurons occasion plus tard d'étudier certaines lampes électriques basées sur ce principe. Quand, au contraire, ce conducteur intermédiaire est gazeux, les tiges solides ou électrodes qui lui apportent le courant doivent être telles que, tout en le rendant susceptible de conduire la décharge par l'élévation de température qu'ils lui communiquent, ils puissent entraîner au sein de ce milieu aériforme une grande quantité de particules matérielles excessivement divisées, et ce sont ces particules qui, étant chauffées au rouge blanc, lui communiquent l'éclat nécessaire pour devenir lumineux. On sait, en effet, que la flamme du gaz hydrogène, qui n'est pas lumineuse par elle-même, le devient quand on y introduit une éponge de platine, ou quand le gaz est carburé.

D'après ces considérations, il était indiqué qu'on devait employer comme excitateurs de la lumière électrique des charbons. Ces corps sont, en effet, assez bons conducteurs de l'électricité ; ils se désagrègent facilement, entrent facilement en ignition, et, pouvant brûler eux-mêmes, joignent l'effet lumineux de la combustion à l'éclat de la lumière électrique proprement dite. C'est le célèbre Humfry-Davy qui, en 1813, fit les premières expériences sur cette manière de déterminer l'arc voltaïque, et nous verrons bientôt comment cette découverte a été complétée par M. Foucault, par la substitution des charbons de cornue aux charbons de bois.

On peut encore obtenir de la lumière électrique au moyen de corps solides mauvais conducteurs, rendus incandescents, et nous aurons occasion de parler d'un système d'illumination de ce genre, imaginé par M. Jablochkoff, en mettant à contribution des lames minces de kaolin ; mais, pour obtenir ces différents

résultats, il faut que l'on ait à sa disposition une source électrique qui, non seulement fournisse assez d'électricité pour déterminer des actions calorifiques énergiques, mais possède une tension assez forte pour vaincre les résistances opposées par les corps intermédiaires qui doivent développer les effets lumineux ; et encore faut-il que cette source soit appropriée aux conditions de l'expérience. Il est clair que, si l'intervalle gazeux interposé entre les conducteurs de la décharge ou du courant est considérable, il faudra que le générateur électrique ait surtout de la tension, tandis que pour produire un grand effet entre deux charbons un peu gros, séparés par une mince couche d'air, il faudra surtout de la quantité, car les effets calorifiques nécessaires pour rendre les charbons incandescents sont en rapport avec la quantité d'électricité produite par le générateur.

On peut facilement se rendre compte de ces deux effets différents des générateurs électriques, par la manière même dont ils agissent au début de l'action. Si le générateur a une très grande tension, comme cela a lieu avec les machines de Holtz et les machines d'induction, la décharge peut se produire directement entre les électrodes qui lui servent en quelque sorte d'excitateurs, et elle saute de l'une à l'autre; mais, comme la résistance énorme que présente cet intervalle gazeux diminue beaucoup l'intensité électrique, la lumière ainsi produite est très faible, et l'on ne peut la développer qu'en diminuant la résistance de ce milieu gazeux, ce que l'on peut faire en le raréfiant; la décharge s'épanouit alors dans le récipient où le vide est fait, et, si l'on augmente la quantité au moyen d'un condensateur, on peut l'obtenir avec une certaine intensité. Mais elle ne sera importante que quand la décharge entraînera avec elle ces particules matérielles chauffées au rouge blanc qui, comme nous l'avons déjà dit, constituent tout l'éclat de la lumière électrique. Si, au lieu d'employer un générateur de grande tension, on emploie

un générateur électrique de quantité, comme la pile, et surtout comme la pile à acides, les effets sont différents : la décharge ne peut s'effectuer d'elle-même entre les électrodes en présence, fussent-elles séparées par un intervalle extrêmement petit; il faut alors rapprocher les deux électrodes l'une de l'autre, afin de développer au point de contact l'action calorifique, et, comme le gaz qui l'entoure devient alors conducteur par l'échauffement, les électrodes peuvent être ensuite éloignées, et la décharge peut dès lors se produire à travers le milieu gazeux, mais toujours avec un faible écartement des électrodes.

Il ne faudrait pas croire qu'une source électrique soit spécialement propre à produire la lumière électrique : quelle que soit cette source, elle peut toujours être disposée pour fournir l'effet voulu : ainsi, une pile pourra donner des effets de tension, si l'on emploie un très grand nombre d'éléments bien isolés, réunis par leurs pôles de noms contraires. M. Gassiot est parvenu à avoir des étincelles avec une pile de 3000 petits éléments à eau, isolés chacun sur des pieds de verre, et M. Warren de la Rue a obtenu, avec ses piles à chlorure d'argent, des résultats encore plus importants. D'un autre côté, M. Gaston Planté, avec ses batteries de polarisation et sa machine rhéostatique, est arrivé à produire des étincelles de quatre centimètres de longueur avec des décharges voltaïques. Par un moyen inverse on peut augmenter l'intensité d'un générateur aux dépens de sa tension, en condensant ses charges, ou en disposant en quantité les éléments qui concourent à la génération électrique. Ainsi une machine d'induction pourra donner des effets de quantité, si l'on emploie pour l'hélice induite du gros fil, et si l'on accouple les différentes bobines qui sont mises en action, de manière que les courants produits, au lieu de passer d'une bobine dans l'autre, sortent simultanément de chaque bobine en particulier, pour traverser à la fois le même conducteur, en s'y

superposant. On pourra même dans ce cas, comme dans le premier, varier à volonté la prépondérance de l'intensité électrique sur la tension, en groupant les éléments en *séries*, c'est-à-dire de manière à réunir en tension un nombre plus ou moins grand de groupes générateurs, dont les éléments sont réunis en quantité. Nous aurons du reste occasion de revenir plus loin sur cette question importante. J'ajouterai seulement ici que, parmi les différents générateurs, il en est qui sont plus avantageux les uns que les autres pour la lumière électrique, tant au point de vue de leur énergie d'action qu'à celui de la dépense qu'ils occasionnent, et le choix d'un bon générateur est une des questions les plus importantes qui doivent être prises en considération quand on s'occupe de lumière électrique. Ainsi, parmi les piles, ce sont les éléments de Grove ou de Bunsen qui donnent toujours les résultats les plus avantageux, et parmi les machines, ce sont les machines d'induction magnéto-électriques qui doivent être employées. Nous verrons que c'est ce dernier moyen qui résout le problème le plus économiquement, et même de la manière la plus satisfaisante, en raison de la constance des effets produits.

ARC VOLTAÏQUE.

Lorsque la lumière électrique est produite entre deux conducteurs séparés par une couche gazeuse, comme on le voit figure 1, elle prend le nom d'*arc voltaïque*, et dans ces conditions, trois éléments concourent au développement de son éclat : d'abord l'intensité du courant, en second lieu la nature des électrodes, en troisième lieu la nature du milieu à travers lequel il se développe ; et ces trois éléments influent également sur la couleur de la lumière produite : ainsi elle est bleuâtre avec le zinc, verdâtre avec l'argent, rouge avec le platine, etc., et elle est plus intense avec les métaux facilement oxydables,

comme le potassium, le silicium, le magnésium, le sodium, qu'avec les métaux inoxydables, tels que l'or et

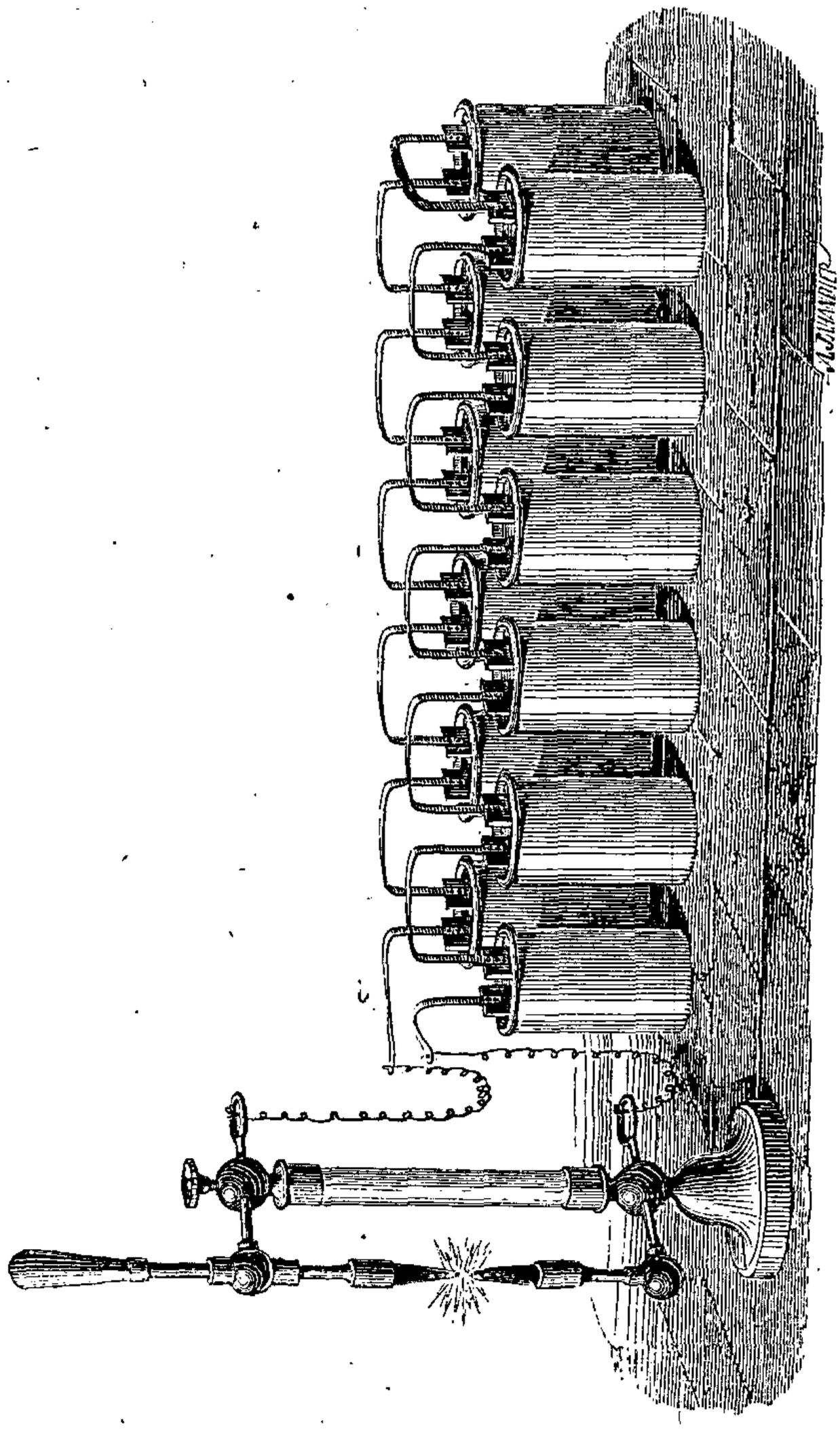


FIG 1

le platine. L'aspect du foyer dépend, comme je l'ai indiqué dans ma notice sur l'appareil d'induction de Ruhm-

korff, de la forme des électrodes et de leur polarité. Entre une pointe et une surface conductrice, elle a la forme d'un cône et celle d'un globe entre deux pointes de charbon. La longueur maxima de l'arc dépend surtout de la tension du courant et peut atteindre, avec un fort courant, de 2 à 3 centimètres, une fois l'arc formé. D'après M. Despretz, cette longueur croît plus vite que le nombre des éléments qui produisent l'arc, et cet accroissement est plus manifeste pour les petits arcs que pour les grands. Il est par conséquent plus grand avec les piles en tension qu'avec les piles en quantité. D'un autre côté, l'arc voltaïque est plus développé quand le charbon positif est en haut que quand il est en bas ; et quand les charbons sont horizontaux, les arcs sont moins longs que quand ils sont placés verticalement, car l'air chaud tend toujours à s'élever verticalement. En revanche, la disposition de la pile en quantité devient alors plus favorable que sa disposition en tension.

Avec les courants voltaïques transmis par deux électrodes de charbon, l'électrode positive a une température beaucoup plus élevée que l'autre électrode, ce qui n'a pas lieu quand on emploie pour produire la lumière des courants d'induction de haute tension. Pour une intensité électrique peu considérable et avec des charbons bien purs, le foyer lumineux est bleuâtre et rayonnant, mais, quand cette intensité est plus grande, une véritable flamme accompagne toujours ce foyer lumineux, et elle est d'autant plus considérable que les charbons sont moins purs.

La figure 2 représente l'aspect des charbons excitateurs de la lumière électrique lorsqu'on projette l'arc voltaïque sur un écran. Dans ces conditions l'éclat de la flamme et de l'arc lui-même est tellement primé par celui des charbons qu'on les distingue à peine. Si les charbons sont coniques, ils sont inégalement brillants ; le cône positif est rouge blanc jusqu'à une assez grande dis-

tance de la pointe, tandis que le cône négatif est à peine rougi à son extrémité; et sur chacun des charbons appa-

Fig. 2.

raissent çà et là des globules liquides incandescents qui se déplacent, glissent jusqu'à la pointe et s'élancent pour

gagner l'autre électrode. Ces globules viennent de substances minérales, entre autres de silicates alcalins, qui se trouvent ordinairement dans les charbons de cornue et qui fondent sous l'influence de l'excessive température de l'arc voltaïque. Ils ne se produisent pas avec le charbon très pur et sont une cause de perturbation dans la fixité et la constance du point lumineux.

Quand l'arc voltaïque est produit dans l'air, les deux charbons s'usent assez promptement en brûlant, mais, en raison des conditions physiques différentes des deux électrodes et du transport des particules charbonnées par le courant, l'un des charbons, le positif, brûle beaucoup plus vite que l'autre, et cela dans le rapport de 2 à 1. Cette usure inégale entraîne plusieurs inconvénients: d'abord le déplacement du point lumineux, puis une déformation des extrémités polaires des deux électrodes, dont l'une s'appointit tandis que l'autre se creuse en forme de *cratère*, en entourant le point lumineux d'une sorte de rebord plus ou moins saillant qui agit à la façon d'un abat-jour. Les effets de polarisation déterminés sur les électrodes donnent lieu eux-mêmes à des effets assez complexes qui ont pour résultat une élévation de température et qui doivent être pris en considération. Avec des courants alternativement renversés, tels que ceux que fournissent les machines d'induction de la compagnie l'*Alliance*, ces inconvénients n'existent pas ; l'usure des charbons est égale et régulière, et leur pointe, étant toujours parfaitement formée, dégage complètement la lumière. Sous ce rapport, ce que l'on soupçonnait dans l'origine être un défaut dans les machines magnéto-électriques, défaut qu'on avait voulu corriger au moyen de commutateurs inverseurs, est au contraire un avantage, non seulement par la suppression des pertes de courant qui se manifestent à travers ces commutateurs, mais par les meilleures conditions dans lesquelles le travail produit est placé.

Ces effets, toutefois, n'ont pas été considérés en Angleterre de la même manière que par nous, et dans un rapport fait dans ce pays par une commission d'électriciens distingués, tels que MM. Tyndal, Douglas, Sabine, etc., il est dit que la concavité déterminée sur l'électrode positive peut, si l'on place convenablement le charbon négatif, fournir une lumière, qu'on a appelée *condensée*, qui augmente dans un rapport assez considérable l'intensité de la lumière émise *dans une direction donnée*. Par conséquent, suivant eux, la lumière fournie par les courants redressés est de beaucoup préférable à celle qui résulte de courants alternativement renversés. Nous donnons du reste plus loin, dans un tableau dressé par M. Douglas, la différence d'intensité des deux lumières avec ou sans redressement de courants. Pour obtenir le meilleur effet possible, il faut, suivant M. Douglas, que le charbon inférieur, qui est négatif, soit placé, comme on le voit fig. 3, de manière que son axe soit dans le prolongement du côté du charbon supérieur faisant face à la partie de l'horizon qu'on veut éclairer ; la concavité, dont le fond est la partie la plus lumineuse de l'arc, agit alors comme un réflecteur, et son éclat n'est pas voilé par les bords *du cratère du foyer lumineux*. « A cause des pertes de cou-

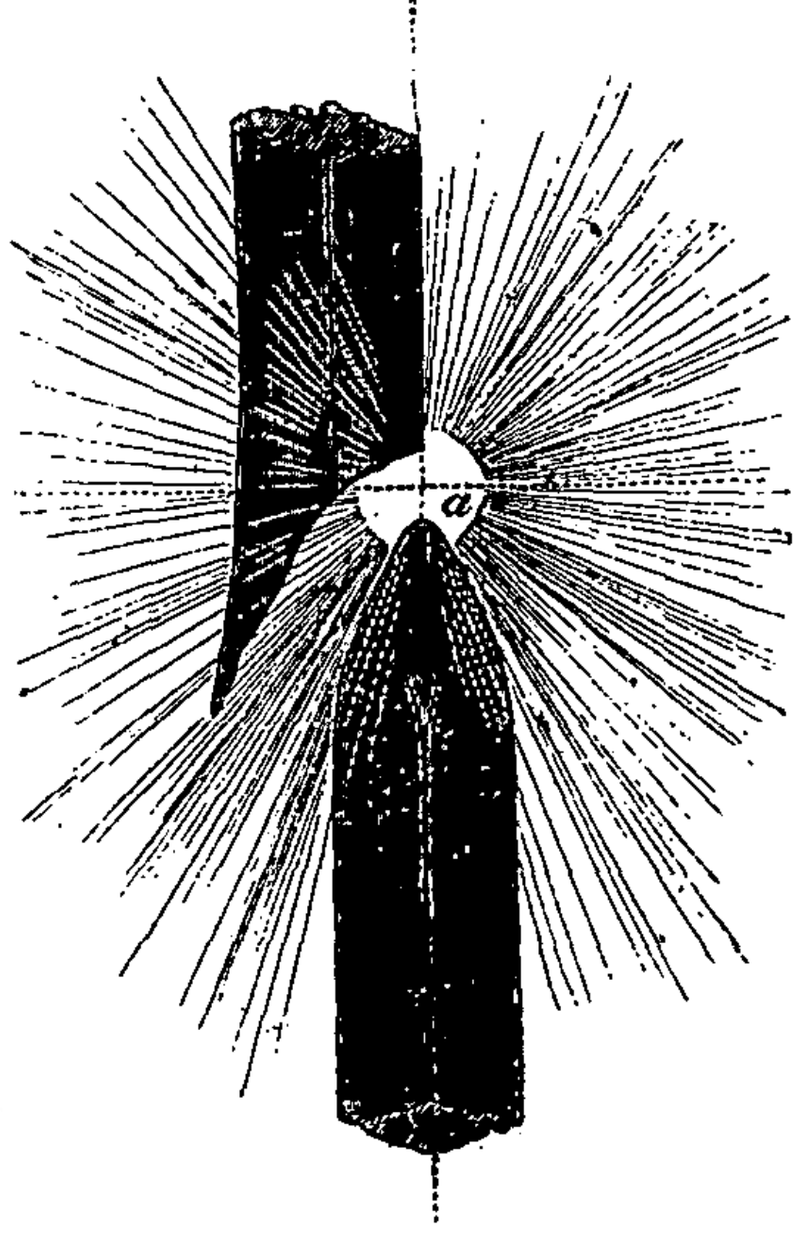


Fig. 3.

rant et de leur plus faible action, dit M. Douglas, les machines de l'*Alliance* et de Holmes sont loin d'équivaloir aux nouvelles machines à courants redressés, et pour l'application de la lumière électrique aux phares il vaut mieux employer ces dernières, car l'angle sous lequel la lumière électrique doit être projetée dépasse rarement 180°; et, si l'on dispose les charbons comme il a été dit plus haut, la lumière est encore augmentée dans un rapport qui est en moyenne comme 1,66 est à 1. Il faut naturellement que le charbon positif soit au haut de la lampe et le charbon négatif au-dessous. »

Dans un rapport fait par une commission américaine sur la lumière produite par différentes machines d'induction, on a donné les valeurs suivantes pour les intensités lumineuses fournies par cet arrangement des charbons dans les différentes directions :

Au devant . . . ,	2218	candles	ou	231,0	becs Carcel.
Sur un côté. . . .	578	—		60,2	—
Sur l'autre côté. .	578	—		60,2	—
Derrière	111	—		11,5	—

Ce qui donne une moyenne de 871 candles. Or la lumière produite par la même machine dans les mêmes conditions, mais avec les charbons placés dans le prolongement l'un de l'autre, n'a fourni qu'une intensité de 525 candles. « Ceci semblerait indiquer, dit le rapport en question, qu'une augmentation de près de 66 pour 100 de lumière serait due à l'arrangement des charbons; mais une étude sérieuse a montré qu'il n'en était pas ainsi et que, somme toute, il n'y avait aucun avantage à employer cette disposition quand la lumière ne devait pas être transmise dans une seule direction[1]. »

[1] Dans le rapport de M. Douglas, ces différences du pouvoir éclairant étaient représentées par les chiffres suivants : (le pouvoir éclai-

La résistance de l'arc voltaïque est assez variable, elle dépend de l'état d'ignition des charbons et, par conséquent, de leur grosseur et de leur écartement; mais on peut admettre que, dans les conditions d'une bonne lumière, elle peut atteindre environ de trois à quatre mille mètres de fil télégraphique, soit de 30 à 40 ohms; toutefois les chiffres dónnés par les différents physiciens sont loin d'être concordants, car alors que MM. Preece, Schwendler et autres donnent à cet arc une résistance de *1* à *3 ohms*, MM. Ayrton et Perry trouvent le chiffre invraisemblable de 255 ohms. (Voir le journal l'*Électricité* du 20 novembre 1878, p. 259.)

Un fait intéressant a été signalé par M. le Roux, c'est que, si l'arc voltaïque ne se forme pas à froid quand les charbons sont séparés par une couche d'air, quelque petite qu'elle soit, il peut se développer spontanément d'un charbon à l'autre, à travers un espace atteignant presque 3 millimètres et après que l'on a interrompu le courant pendant un temps qui peut s'élever jusqu'à $\frac{1}{25}$ de seconde environ. Ceci explique pourquoi les courants alternativement renversés de certaines machines magnéto-électriques peuvent fournir une lumière continue, quoique discontinue par le fait, car le courant dans les machines l'*Alliance* peut être interrompu de *un* à deux dix millièmes de seconde.

Nous avons dit que l'arc voltaïque dépendait beaucoup du milieu dans lequel il se formait. Dans le vide la longueur de l'arc peut être considérablement augmentée, et,

rant de la lumière produite par des charbons placés dans le prolongement l'un de l'autre étant *100*) :

Au devant.	287	. . . . . soit	2,87 fois plus fort.
Sur l'un des côtés. .	116	. . . . . —	1,16 —
Sur l'autre côté . . .	116	. . . . . —	1,16 —
Derrière.	38	. . . . . —	0,38 —

La moyenne donnerait donc en faveur de la lumière émise dans les conditions dont nous parlons un pouvoir lumineux moins élevé que celui obtenu par la Commission américaine.

bien qu'il n'y ait pas combustion, il se produit une désagrégation des particules matérielles des électrodes qui se trouvent entraînées dans les deux sens par le courant, et qui se répandent même dans toutes les parties du milieu avoisinant. Lorsqu'on produit l'arc dans différents gaz, son aspect varie peu : il y a à peine quelques changements de couleur, mais des actions chimiques secondaires peuvent se produire et modifient alors sa longueur et sa couleur. Naturellement, dans les gaz impropres à la combustion, les électrodes de charbon ne brûlent pas, quoique se désagrégeant, mais l'éclat devient moindre.

La lumière électrique a une grande analogie avec celle du soleil, mais elle renferme plus de rayons chimiques, ce qui la rend un peu dangereuse pour la vue. On a bien proposé, à diverses époques, des moyens pour éviter cet inconvénient, et entre autres l'emploi de globes fluorescents, capables d'absorber ces rayons chimiques ; mais c'était au détriment de la puissance de cette lumière que ce perfectionnement était obtenu, ce qui rendait les avantages de la lumière électrique beaucoup moins marqués.

En comparant entre elles différentes sources lumineuses, MM. Foucault et Fizeau ont trouvé que la lumière de l'arc voltaïque ordinaire est moitié moindre que celle du soleil, tandis que la lumière Drummond (oxy-hydrogène) n'en est que la cent cinquantième partie. Or le soleil répand sur une surface donnée autant de clarté que 5774 bougies placées à $0^m,33$ de distance de cette surface.

GÉNÉRATEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Nous avons vu que les générateurs électriques qui pouvaient être employés avantageusement pour la lumière électrique étaient les piles à acides, particulièrement les piles Bunsen, et les machines d'induction électro-magnétiques. Quelles sont les meilleures dispositions de ces générateurs?... C'est ce que nous allons étudier dans ce chapitre.

GÉNÉRATEURS VOLTAÏQUES.

La pile de Bunsen découverte par M. Grove en 1839 met, comme on le sait, à contribution deux liquides, l'acide nitrique, d'une part, et l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique d'autre part, et pour mettre ces deux liquides en contact sans se mélanger, on verse l'un des liquides dans un vase en porcelaine demi-cuite, que l'on désigne généralement sous le nom de *vase poreux*, et on le plonge dans l'autre vase qui doit être en verre ou en grès vernis. Des vases en terre ou en faïence ne valent rien, en raison des détériorations qui résultent de l'action des acides et des cristallisations de sulfate de zinc qui se forment à l'intérieur des pores de ces matières.

Généralement on verse l'acide nitrique dans le vase poreux, et l'eau acidulée au dixième de son poids dans le vase de verre ; alors l'électrode positive, celle qui

donne le pôle négatif, est fournie par une lame de zinc amalgamé enroulée en cylindre, au dedans de laquelle on introduit le vase poreux. L'électrode négative est constituée par un prisme de charbon de cornue découpé dans un de ces résidus que l'on retire des cornues des usines à gaz après la distillation. C'est un charbon très dur, très serré, et qui est relativement bon conducteur.

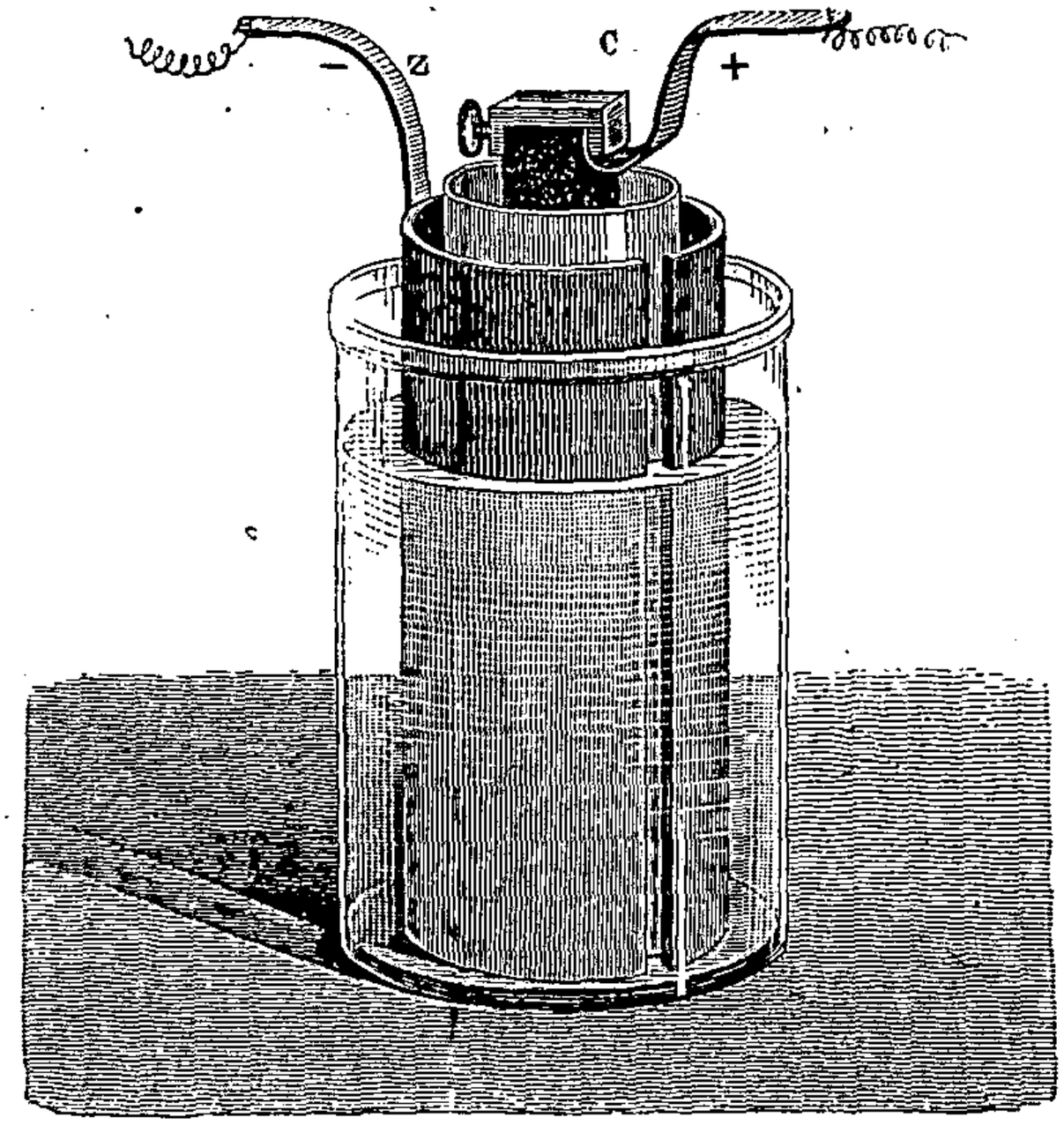


Fig. 4.

Les fils de communication sont réunis à ces électrodes par deux pinces de laiton, l'une de grande dimension, qui enveloppe la partie supérieure du charbon et serre le conducteur positif contre ses parois, l'autre munie d'un trou à vis de pression où est introduit le fil négatif, et qui s'applique sur une lamelle de cuivre rivée au cylindre de zinc. La disposition de cet élément est indiquée fig 4. On peut renverser cette disposition, et l'on y gagnerait

au point de vue de la constance de la pile, car, ainsi que je l'ai démontré, les effets de la polarisation sont d'autant moindres que l'électrode négative est plus développée; mais, comme pour la lumière électrique il se produit une grande consommation de zinc, il faut que cette matière se trouve en assez grande quantité dans l'élément, et la disposition précédente est la plus favorable à ce point de vue.

On sait que dans l'élément Bunsen l'acide nitrique agit surtout comme organe dépolarisateur, c'est-à-dire comme organe susceptible d'empêcher le dépôt, sur le charbon, de l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau par le zinc. Quand ce dépôt se produit, il se développe, en effet, sur le charbon, une force électro-motrice par suite de la réaction de l'hydrogène sur le liquide, laquelle force, en se manifestant en sens contraire de celle déterminée par la pile, affaiblit celle-ci d'autant plus que le courant agit plus longtemps et que le circuit est moins résistant. Or l'acide azotique, étant très riche en oxygène et l'abandonnant facilement, permet à l'hydrogène dégagé dans la pile de se combiner avec cet oxygène et de l'intercepter pour ainsi dire au passage avant qu'il ait pu produire son effet nuisible. D'un autre côté cet acide, en réagissant lui-même chimiquement sur l'eau acidulée, développe une force électro-motrice qui agit dans le même sens que celle qui est produite par l'oxydation du zinc, et qui augmente encore l'énergie de la pile.

L'inconvénient de cette pile est d'être dispendieuse et de fournir des émanations malsaines et suffoquantes. L'acide nitrique, en effet, en se désoxydant, passe à l'état d'acide nitreux qui se dégage sous forme de vapeurs rutilantes brunes qui sont difficiles à supprimer.

Pour éviter l'usure trop grande du zinc et rendre l'action de la pile plus constante, on amalgame ce métal, et cette opération a surtout pour effet d'annuler les couples locaux qui sont la conséquence de l'impureté du zinc, et

qui l'usent en pure perte. Pour obtenir cette amalgamation, le moyen le plus simple est d'immerger le zinc dans un liquide composé de la manière suivante :

On fait dissoudre à chaud 200 grammes de mercure dans 1000 grammes d'eau régale (acide nitrique 1, acide chlorhydrique 3). La dissolution de mercure étant terminée, on y ajoute 1000 grammes d'acide chlorhydrique.

En laissant le zinc tremper quelques secondes dans ce liquide, on le retire tout amalgamé, et, avec un litre de ce liquide, on peut amalgamer 150 zincs.

On amalgame encore les zincs en les immergeant dans un vase rempli d'eau acidulée avec de l'acide chlorhydrique, dans laquelle on a versé du mercure, et en les frottant avec un pinceau métallique qu'on trempe dans le mercure. Mais ce qu'il y a de mieux est d'employer des zincs amalgamés dans toute leur masse. M. Dronier est parvenu à établir des zincs de cette nature en unissant le mercure au zinc pendant sa fusion en vase clos.

Il y a à considérer dans une pile deux éléments importants : sa *force électro-motrice* et *sa résistance*. Nous avons défini au commencement de ce travail ce qu'il fallait entendre par ces deux expressions. Les lois des courants électriques ont été basées sur la constance de ces deux éléments, et de là le nom de *constantes voltaïques* qu'on leur a donné; mais, par le fait, il n'en est pas ainsi à cause de réactions secondaires qui se manifestent et dont les effets de polarisation sont une des principales. Néanmoins, comme les valeurs de ces constantes sont nécessaires à connaitre approximativement pour toutes les applications électriques, on a dû les calculer, et j'ai indiqué, dans le tome I de mon *Exposé des applications de l'électricité*, celles qui ont été obtenues par les divers physiciens. Comme nous n'avons guère à considérer dans ce travail qu'une seule espèce de pile, nous dirons seulement que la force électro-motrice de l'élément Bunsen représente, en unités de force électro-motrice ou en *Volts*,

de 1ᵛ,888 à 1ᵛ,964, et son rapport avec la force électromotrice de l'élément Daniell est de 1,749 à 1,820. La résistance du même élément (moyen modèle), qui se compose de celle du liquide interposé entre les électrodes polaires, de celle du vase poreux et des dépôts gazeux déterminés par l'action électrolytique et la polarisation, varie de 50 à 150 mètres de fil télégraphique, suivant la résistance du circuit extérieur. Je dis *varie* parce que les chiffres que l'on déduit de l'expérience semblent constater cette variation; mais, comme celle-ci résulte des effets de la polarisation des électrodes et qu'elle n'affecte la résistance du couple que parce qu'on en décharge le reste du circuit, elle peut tout aussi bien se rapporter au circuit tout entier qu'à une de ses parties. Toutefois, comme on ne peut donner au circuit métallique une autre résistance que celle qu'il possède réellement, il convient d'attribuer à celle de l'élément Bunsen la valeur de 50 mètres quand le circuit est peu résistant, et celle de 100 à 150 mètres quand il est très résistant. Les valeurs que nous venons de donner ne se rapportent qu'à une pile dont les liquides sont neufs; mais elles se modifient assez rapidement à mesure que l'acide nitrique se désoxyde et que l'eau acidulée se charge de sulfate de zinc, par suite de la corrosion de ce métal. Pour la remettre en état, il suffit souvent de verser un peu d'eau dans le liquide extérieur et d'ajouter à l'acide nitrique de l'acide sulfurique concentré qui, étant très avide d'eau, déshydrate l'acide.

J'entre dans beaucoup de détails sur cette pile ainsi que sur toutes les autres dans le tome I de mon *Exposé des applications de l'électricité*, ce qui me dispense d'en parler ici davantage. Cette étude poussée à fond serait tout à fait en dehors du but que nous nous proposons dans cet ouvrage; il nous suffit de signaler la disposition de la pile précédente pour qu'on sache à quoi s'en tenir dans les applications qu'on peut en faire à l'éclairage électrique.

Pour obtenir avec une pile de Bunsen de la lumière électrique, il faut grouper ensemble un certain nombre d'éléments, et le mode de groupement de ces éléments dépend du genre de lumière que l'on veut obtenir. Si cette lumière doit être fournie par un arc voltaïque, c'est-à-dire avec un intervalle gazeux entre les électrodes de charbon, il faut grouper ces éléments *en tension* c'est-à-dire par leurs pôles contraires, un pôle positif avec un pôle négatif, comme on le voit fig. 5, et il faut au moins trente éléments ; on en emploie ordinairement soixante dans la plupart des expériences que l'on fait soit au théâtre, soit pour l'éclairage des travaux de nuit, et encore ne peut-on allumer dans ces conditions qu'une seule lampe. Quand on veut en allumer plusieurs, il faut une pile beaucoup plus forte et employer certaines lampes disposées en conséquence. Nous en parlerons plus tard.

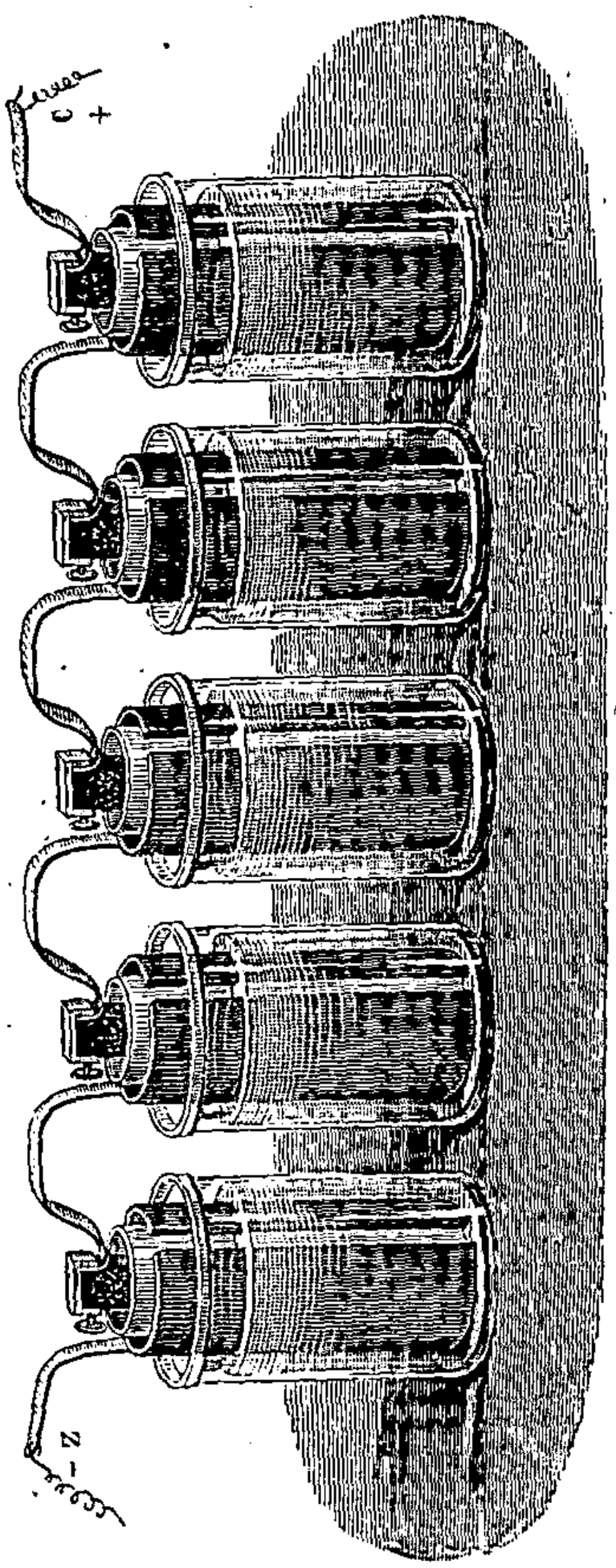


Fig. 5.

Si la lumière doit être le résultat d'un effet d'incan-

descence, la pile gagne à être disposée en quantité, c'est-à-dire de manière que tous les éléments soient réunis par leurs pôles semblables. Alors les effets calorifiques sont augmentés aux dépens des effets de tension, et, pour l'incandescence, il n'est besoin que d'effets calorifiques.

Enfin, si, en raison de la résistance du circuit extérieur ou des conditions dans lesquelles est placée l'expérience, le courant électrique doit avoir à la fois de la tension et de la quantité, on dispose la pile *en séries*, c'est-à-dire par groupes composés chacun d'un plus ou moins grand nombre d'éléments réunis en quantité, et ces groupes sont réunis eux-mêmes en tension.

On peut donc, au moyen d'une pile composée de plusieurs éléments, obtenir les effets différents propres à des piles d'une plus ou moins grande force électro-motrice, mais il importe de toujours se rappeler qu'en réunissant plusieurs éléments en quantité, c'est-à-dire par les pôles semblables, *on n'augmente pas pour cela la force électro-motrice du générateur :* cette force électro-motrice reste toujours celle d'un simple élément, mais *on en diminue la résistance proportionnellement au nombre des éléments que l'on réunit*, ce qui revient, en définitive, à constituer un élément de surface plus grande. D'un autre côté, il faut se pénétrer que la force électro-motrice d'une simple pile *ne dépend pas de la grandeur de ses éléments, mais de la nature de la réaction physique et chimique qui y est développée et du nombre d'éléments réunis par les pôles dissemblables.* Seulement, comme en isolant ainsi l'action des éléments on augmente par le fait la résistance de la pile entière, il peut se faire, dans certaines conditions du circuit extérieur, que ce que l'on gagne de force par l'accroissement du nombre des éléments, on le perde, et même au delà, par l'accroissement de la résistance totale de la pile, et c'est pourquoi il devient nécessaire, pour fixer la disposition d'une pile, *de connaître exactement les conditions du circuit sur lequel la pile doit*

agir, conditions qui doivent être considérées principalement au point de vue de la résistance.

Le grand principe sur lequel on doit se guider est que la pile doit être disposée de telle manière *que sa résistance propre soit égale à celle du circuit extérieur*. Si l'on prend pour valeur de la résistance d'un élément de Bunsen le chiffre de 50 mètres de fil télégraphique que nous avons donné, et que l'on estime à 3000 ou 4000 mètres la résistance de l'arc voltaïque dans les lampes ordinaires, on voit tout de suite qu'on a toujours avantage à disposer en tension les éléments d'une pile appliquée à l'éclairage électrique par l'arc voltaïque, et l'on a en même temps avantage à prendre les éléments de grande dimension, non pas pour donner à la pile une plus grande force électro-motrice, mais pour que son action dure plus longtemps et pour augmenter son pouvoir calorifique. Quand l'éclairage électrique doit être produit par l'incandescence, la résistance du circuit devient infiniment moins grande (33 mètres environ pour la partie incandescente, et l'on gagne, au contraire, à disposer la pile en quantité ou en séries, suivant le nombre des lampes qu'elle a à alimenter, et suivant l'organisation des circuits. Il est certain que, si l'on interpose dans un même circuit un certain nombre de lampes, la pile devra avoir plus de tension que quand ces lampes seront interposées sur des circuits distincts ou dérivés, et l'on sera encore fixé sur le mode de disposition qu'il faudra donner à la pile, par la résistance totale du circuit extérieur, qui sera alors celle d'un des circuits divisée par le nombre de lampes à allumer. On comprend, en effet, que, dans ce cas, l'électricité fournie par la pile se distribue en même temps dans tous les circuits, comme le ferait l'eau d'un réservoir où aboutiraient plusieurs tuyaux d'écoulement, et que la résistance alors opposée à la propagation électrique est équivalente à celle d'un conducteur unique d'une section, autant de fois plus grande qu'il y a de

circuits dérivés. Or, comme la résistance électrique d'un conducteur est en raison inverse de sa grosseur, on voit immédiatement pourquoi, dans ce cas, la pile doit être disposée de manière à avoir sa résistance très diminuée.

Il n'est pas nécessaire que les divers éléments qui composent une pile soient réunis directement les uns aux autres, ils peuvent être séparés par des conducteurs plus ou moins longs; une portion de la pile peut être, par exemple, à un bout du circuit, l'autre portion au bout opposé, et suivant que les deux conducteurs du circuit réuniront ces deux portions, par leurs pôles dissemblables ou par leurs pôles semblables, on aura une pile qui sera disposée en tension, ou en surface double. Seulement, dans le dernier cas, il arrivera que tous les fils de jonction entre les deux conducteurs transmettront le courant exactement avec la même intensité, quels que soient les points du parcours où cette réunion est effectuée, et cela se comprend aisément, si l'on considère que les fils de jonction des deux parties de la pile constituent alors des électrodes chargées au même potentiel sur toute leur étendue, et que les pôles de la pile se trouvent alors transportés aux deux points où se trouvent fixés les fils qui doivent fournir le travail.

Si l'on connaît la résistance du circuit extérieur et celle d'un élément de la pile, on peut déterminer immédiatement et sans tâtonnement la disposition la plus convenable à donner aux différents éléments d'une pile que l'on a à sa disposition, au moyen des deux lois suivantes que j'ai longuement discutées dans mon *Exposé des applications de l'électricité* (tome I, p. 145).

1° Le nombre d'éléments de chaque groupe que l'on doit disposer en quantité est donné par le nombre entier le plus rapproché du chiffre représentant la racine carrée du produit du nombre total des éléments de la pile, par la résistance d'un seul élément de cette pile, divisée par la résistance du circuit extérieur.

2° Le nombre des groupes qu'il faut réunir en tension est donné par le nombre entier le plus voisin du chiffre représentant la racine carrée du produit du nombre total des éléments de la pile, par la résistance du circuit extérieur, divisée par la résistance d'un seul élément de la pile.

Une seule de ces déterminations suffit d'ailleurs, car, si on sait combien d'éléments doivent être réunis en quantité dans chaque groupe, le nombre total des éléments divisé par celui de chaque groupe donnera le nombre des groupes qui doivent être réunis en tension.

Pour connaître la valeur de la résistance du circuit extérieur, on emploie un appareil connu sous le nom de *Rhéostat* et une sorte de balance électrique qui peut être un *galvanomètre* différentiel ou un pont de *Wheatstone*. Ces appareils, et la manière de s'en servir, étant indiqués dans tous les traités de physique, et particulièrement dans notre *Exposé des applications de l'électricité*, nous ne nous en occuperons pas davantage ; nous dirons seulement que, pour obtenir la résistance totale des dérivations d'un circuit, on a la relation suivante :

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} + \frac{1}{d''} + \frac{1}{d'''} \text{ etc.,}$$

dans laquelle T représente la résistance totale, $d, d' d'' d'''$, etc., les résistances des différentes dérivations, et dont on peut tirer la valeur de T, connaissant celles de d, d', etc., ou bien la valeur de l'une quelconque des dérivations, d, d', etc., connaissant T.

J'aurais voulu, dans un ouvrage comme celui que je publie aujourd'hui, éviter de parler de ces différents calculs, mais, comme ils sont indispensables quand on veut bien connaître la question, et qu'ils sont d'ailleurs très simples, j'ai pensé que je devais tout au moins les indiquer. Du reste, il est un principe général que l'on retrouve dans presque tous les effets électriques sus-

ceptibles de maximum, et que l'on doit avoir toujours présent à la pensée. C'est que pour être dans les meilleures conditions il faut disposer les générateurs électriques de manière que *leur résistance intérieure soit égale à celle du circuit extérieur;* et, si le circuit se compose de deux parties, l'une servant simplement à la transmission électrique, l'autre à la production d'un travail calorifique ou électro-magnétique, il faut que *la résistance du circuit inactif, y compris celle de la pile, soit égale à la résistance de l'organe électro-magnétique*, ou à celle du conducteur, développant l'effet calorifique.

Unités électriques. — Pour obtenir les valeurs de la force électro-motrice et de la résistance d'une pile, aussi bien que celles des autres éléments qui sont en jeu dans un circuit électrique, il a fallu créer des unités de mesure électrique, et, bien que les savants ne soient pas encore d'accord sur les unités qui doivent être adoptées, on tend cependant à prendre les unités rationnelles déterminées, après de longs travaux, par l'Association britannique. Ces unités ont reçu différents noms, qui rappellent les physiciens qui ont le plus contribué à l'avancement de la science électrique. Ainsi l'unité de résistance a reçu le nom d'*Ohm*, l'unité de force électro-motrice, celui de *Volt*, l'unité d'intensité de courant, celui de *Weber*, l'unité de capacité électro-statique, celui de *Farad*, et l'on a donné aux multiples et aux sous-multiples de ces unités des désignations analogues à celles de notre système métrique, mais dans des conditions différentes et appropriées aux usages les plus fréquents qu'on pouvait en faire dans les applications électriques. Ces désignations sont *mega* et *micro*, qui veulent dire un million d'unités ou un millionième d'unité. C'est ainsi qu'un million d'ohms se dira un *megohm*, et un millionième d'ohm un *microhm;* toutefois, de tous ces multiples et sous-

multiples, on n'emploie généralement que le *megohm* et le *microfarad*.

Il s'agit maintenant de savoir ce que représentent ces unités.

L'*ohm* représente matériellement la résistance d'une colonne de mercure purifié, de 1 millimètre carré de section et de 1,^{m} 0486 de longueur à 0° centigrade. C'est environ la résistance d'un fil télégraphique en fer de 4 millimètres de diamètre et de 100 mètres de longueur.

Le *volt* représente à peu près la force électro-motrice d'un élément Daniell au sulfate de cuivre et eau légèrement acidulée. Cette force électro-motrice étant 1, le volt est représenté par 0, 9268.

Le *weber* représente le volt divisé par l'ohm.

Le *farad* représente la capacité d'un condensateur électrique placé dans des conditions telles, que la quantité d'électricité transportée par un volt à travers une résistance d'un ohm le chargerait à une tension d'un volt. Ce genre d'unité n'est guère appliqué que dans les études des câbles sous-marins. On trouvera, du reste, tous les calculs se rapportant à ces unités dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, tome I, p. 432.

On trouve aujourd'hui des appareils mesureurs étalonnés d'après ces nouvelles unités électriques chez M. Gaiffe, constructeur à Paris, rue Saint-André des Arts, 40. Ces appareils consistent dans des jeux plus ou moins complets de bobines de résistance disposées comme des collections de poids, et dans des rhéomètres dont les graduations sont établies en ohms et en volts; de sorte qu'on peut apprécier par une simple lecture, et sans calculs, la force électro-motrice d'une pile, sa résistance et celle du circuit extérieur. Ces indications n'ont peut-être pas une très grande rigueur, mais elles sont bien suffisantes pour les applications ordinaires qu'on a à faire des courants électriques.

Mode de propagation de l'électricité. — Avant d'étudier les générateurs magnéto-électriques, qui ont résolu le problème de l'éclairage électrique, il nous a paru important de donner quelques détails sur les conditions de charge et de décharge dans un circuit, et sur le mode de propagation d'un courant.

On se demande souvent dans quelles conditions se trouvent les fils isolés d'un circuit par rapport à la pile, quand le circuit n'est pas fermé, et au premier abord on serait porté à croire qu'il suffit de mettre un conducteur en rapport avec l'un ou l'autre des pôles électriques pour déterminer un mouvement de charge; mais les choses ne se passent pas tout à fait ainsi.

Pour que les conducteurs se chargent, il faut que les charges négatives et positives puissent s'écouler dans les mêmes proportions. Ainsi un conducteur très long adapté au pôle positif d'une pile ne pourra se charger qu'à la condition que la charge négative pourra se transmettre à un conducteur de même longueur qui sera fixé au pôle négatif, ou que cette charge pourra s'écouler en terre. Alors la charge se transmet successivement jusqu'au bout du fil positif, et quand elle a atteint, à cette extrémité, la même tension que près de la pile, le courant qui était résulté de cette transmission cesse, et tout le conducteur est chargé au potentiel de la pile. Quand on met ce fil positif en rapport avec le sol, un nouveau mouvement électrique se produit à partir du bout du fil, et l'on obtient un *courant de décharge* qui, cette fois, est continu et constitue le courant proprement dit.

Il résulte de ce mode d'action que, quand un circuit est complet et qu'on le ferme près de la pile, le courant réagit d'abord à partir des deux pôles de la pile, et ne produit son effet au milieu du circuit qu'en dernier lieu ; de sorte que, au prenier moment, une moitié du circuit est parcourue par une charge positive, et la seconde moitié par une charge négative; mais ceci n'a lieu qu'avec un

circuit complètement métallique. Quand la terre est interposée, la charge positive parcourt le fil dans toute sa longueur, car la charge négative est alors entièrement absorbée par la terre.

Pendant longtemps on a cru que la charge d'un circuit était pour ainsi dire instantanée et qu'elle n'avait pour limite de vitesse que celle de l'électricité elle-même, vitesse qu'on croyait bien voisine de celle de la lumière; mais une étude plus approfondie du mode de propagation de l'électricité montra qu'il était loin d'en être ainsi, et que, par le fait, il n'y avait pas à proprement parler de vitesse de l'électricité, mais bien un temps de fluctuations électriques pendant lequel chacun des points du circuit change sans cesse de tension électrique. Dès lors on s'est trouvé conduit à assimiler la propagation électrique à celle de la chaleur, et c'est à partir de ce moment qu'on a pu se faire une idée bien nette des effets de la transmission électrique sur nos longues lignes télégraphiques.

C'est en 1825 que cette découverte fut faite par l'illustre Ohm, qui basa sur elle cette belle théorie qui porte son nom, et que les découvertes modernes n'ont fait que justifier de plus en plus. Toutefois cette théorie ne fut pas accueillie tout d'abord par le monde savant avec la faveur que son auteur était en droit d'attendre; elle fut même pour lui le sujet d'une persécution qui l'atteignit jusque dans sa position de professeur, et ce ne fut que dix ans plus tard, quand M. Pouillet parvint aux mêmes lois par l'expérimentation, qu'on commença à revenir sur le jugement qu'on avait porté contre Ohm et à apprécier le mérite de sa découverte. Cependant, tout en adoptant les formules de l'illustre mathématicien, les physiciens, jusqu'à l'année 1860, n'avaient pas voulu admettre l'assimilation qu'Ohm avait faite du mode de propagation de l'électricité à celui de la chaleur, et grâce à ce parti-pris de leur part ils étaient arrivés à des résultats tellement discordants sur la vitesse de propagation de l'élec-

tricité, qu'il fallait admettre, ou que les expériences faites pour mesurer cette vitesse avaient été mal conduites, ou que les idées que l'on se faisait généralement sur la propagation de l'électricité étaient fausses.

Vers l'année 1859, M. Gaugain, habile physicien, qui depuis quelque temps s'occupait de vérifier les lois d'Ohm au point de vue de la transmission à travers les corps mauvais conducteurs, rechercha les causes de ce désaccord et trouva bientôt le mot de l'énigme. Il s'assura en effet que l'électricité, loin de se propagêr comme la lumière avec une intensité initiale constante dans tout son parcours, devait au contraire se transmettre, ainsi qu'Ohm l'avait admis, à la manière d'une barre métallique que l'on chauffe par un bout et que l'on maintient à l'autre bout à une température constante et inférieure. Dans ce cas, la chaleur se communique de proche en proche à partir de l'extrémité chauffée de la barre, et à mesure que ce mouvement calorifique se propage vers l'autre extrémité, les parties primitivement chauffées acquièrent une quantité de chaleur de plus en plus grande, jusqu'à ce que, le mouvement calorifique étant parvenu au bout non échauffé, les différents points de cette barre perdent, d'un côté, autant de chaleur qu'ils en gagnent de l'autre. Alors seulement l'équilibre calorifique est établi, et la distribution de la chaleur sur toutes les parties de la barre reste toujours la même. C'est ce que les physiciens ont appelé l'*état calorifique permanent*. Mais avant qu'une barre métallique arrive à cet état il faut un temps plus ou moins long suivant son degré de conductibilité calorifique, et ce temps pendant lequel chacun des points du corps chauffé change sans cesse de température constitue une *période variable* qui, si l'assimilation de la propagation de la chaleur avec la propagation de l'électricité était vraie, devait exister dans les premiers moments de la propagation d'un courant. Dans cette hypothèse, en effet, un courant électrique n'est que le résultat de

l'équilibre qui tend à s'établir d'une extrémité à l'autre du circuit entre deux états électriques différents, constitués par l'action de la pile, et représentant, par conséquent, les deux températures différentes de la barre chauffée. Sans doute cette période variable, en raison de la subtilité du fluide électrique, devra être excessivement courte, mais pour des circuits d'une grande longueur et pour des transmissions lentes à travers de mauvais conducteurs elle pourra être appréciable, et c'est en effet ce que l'expérience démontra à M. Gaugain. Dès lors il rechercha les lois de la transmission du courant pendant cette période variable, et il constata, entre autres lois, que le temps nécessaire pour qu'un courant atteigne son état permanent dans un circuit, c'est-à-dire toute l'intensité qu'il est susceptible d'acquérir, est *proportionnel au carré de la longueur de ce circuit.* Ce résultat avait été non seulement prévu par Ohm, mais encore formulé mathématiquement par lui dans l'équation représentant les tensions des différents points d'un circuit dans la période variable de l'intensité des courants.

GÉNÉRATEURS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES.

Le mode de génération de l'électricité par les actions chimiques, et surtout par la combustion du zinc, est, comme on le verra plus tard, extrêmement dispendieux, et, si l'on n'avait eu que lui pour produire la lumière électrique, on aurait bien certainement renoncé définitivement à ce mode d'éclairage; mais ce moyen n'est pas le seul, et, grâce aux effets d'induction, on a pu parvenir à créer des générateurs de lumière n'exigeant que des effets de force motrice, ce qui ramenait la production de l'électricité à une combustion plus ou moins grande de charbon, la plus simple et la plus écono-

mique des réactions chimiques. Sous ce rapport les résultats obtenus ont dépassé toutes les espérances, et l'on peut dire que, si la solution du problème dépendait uniquement de la production de l'action électrique, elle serait dès maintenant largement réalisée, car, lumière pour lumière, le prix de l'éclairage serait de cette manière infiniment plus économique; mais la question, comme on le verra, est beaucoup plus complexe, et, en attendant que nous la traitions aux différents points de vue qui doivent être pris en considération, nous allons nous occuper des générateurs basés sur les effets de l'induction.

Historique de la question. — Lorsqu'un courant voltaïque circule en spirale autour d'un noyau de fer, d'acier ou d'une substance magnétique quelconque, il l'aimante, et cette aimantation pour certains corps magnétiques doués d'une force coercitive non persistante, tels que le fer, disparaît aussitôt que le courant a cessé de circuler dans la spirale métallique qui lui a servi de conducteur. Ce phénomène, constaté pour la première fois par MM. Ampère et Arago peu de temps après la découverte par Œrsted des réactions exercées par les courants sur l'aiguille aimantée, a été le point de départ de l'électro-magnétisme et de la plupart des applications mécaniques de l'électricité.

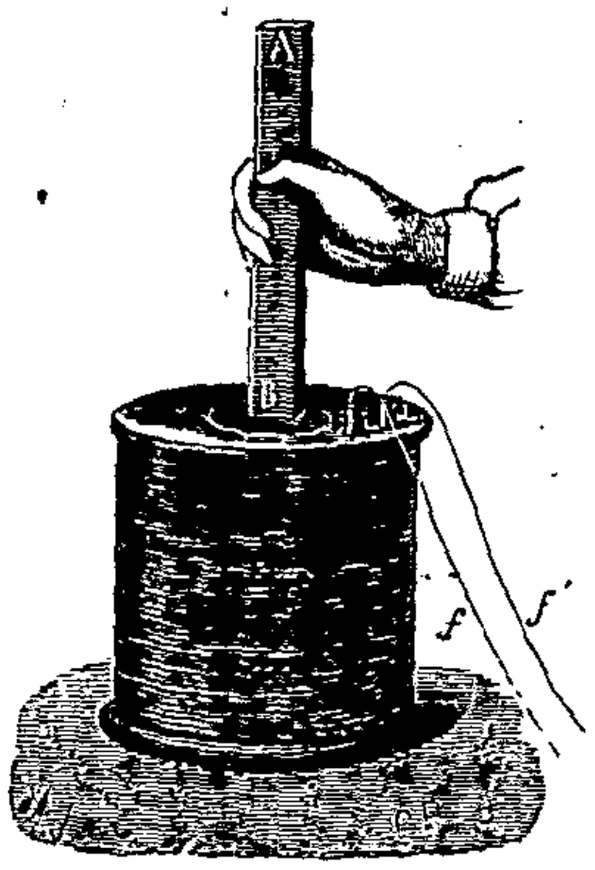


FIG. 6.

En raisonnant d'après le système des réciproques, on aurait pu déduire *à priori* de ce phénomène qu'un aimant persistant, réagissant sur un circuit fermé disposé en spirale, devait déterminer dans ce circuit un

courant électrique; mais ce ne fut que dix ans plus tard, c'est-à-dire vers 1830, que l'illustre physicien Anglais Faraday constata le premier ce phénomène et en détermina les différents caractères. Il est résulté en effet des expériences nombreuses que ce savant entreprit à ce sujet que, si l'on enfonce à l'intérieur d'une bobine recouverte de fil métallique isolé un barreau aimanté ou une autre bobine traversée par un courant, comme on le voit fig. 6 et 7, on provoque dans la pre-

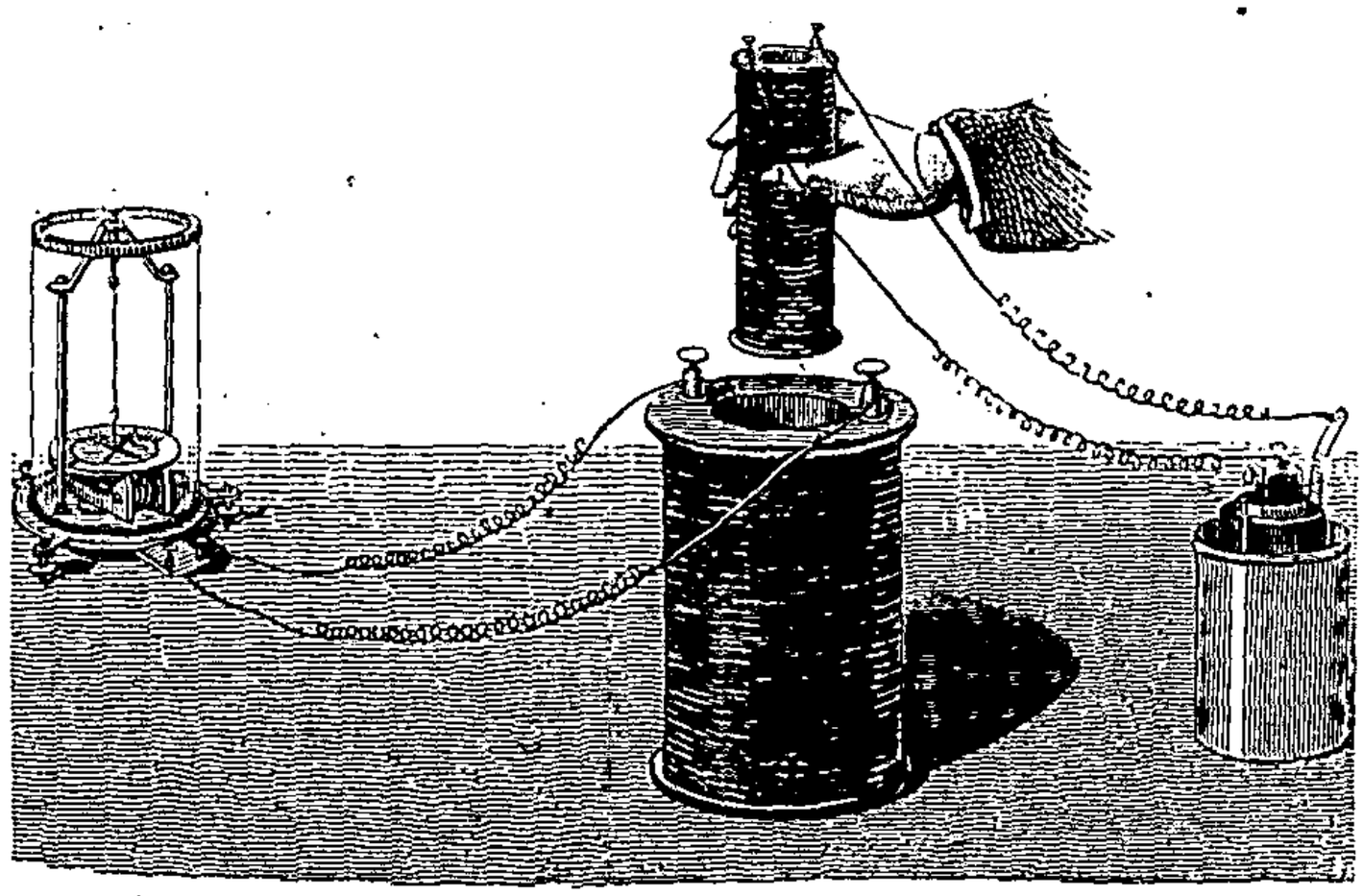


Fig. 7.

mière bobine un courant énergique qui peut actionner un galvanomètre; mais, chose assez particulière et que la théorie n'aurait pu faire prévoir de prime abord, ce courant n'est qu'éphémère et disparaît aussitôt après avoir pris naissance, pour faire place à un autre courant également éphémère, qui se manifeste au moment même où l'on retire l'aimant de la bobine. Ce dernier courant est dirigé en sens inverse du premier, et, si l'on compare la direction de ces deux courants à celle du courant magnétique ou voltaïque qui leur a donné naissance, on reconnaît qu'elle est précisément la même pour le second

et inversé pour le premier. De là le nom de *courant direct* donné au courant qui se manifeste secondairement, et le nom de *courant inverse* donné au courant qui se manifeste primitivement. Ainsi, par le fait seul qu'on approche ou qu'on éloigne un aimant persistant d'un circuit disposé en spirale, on donne naissance à deux courants contraires instantanés, qui se manifestent distinctement l'un de l'autre.

Toutefois ces courants instantanés peuvent se succéder, pour un même mouvement de l'inducteur ou de l'induit, si ce mouvement est successif, car à chaque étape de ce mouvement il se produit un courant induit différentiel, qui continue l'action du précédent, et tous ces courants, s'ajoutant les uns aux autres, peuvent fournir un courant d'une durée appréciable, qui peut être dans un sens ou dans l'autre, suivant que les mouvements se sont succédés dans le sens du rapprochement ou dans le sens de l'éloignement, mais qui est plus faible, à un moment donné, que celui résultant du mouvement total effectué d'un seul coup et avec le même chemin parcouru. Nous verrons plus tard ce qui résulte des mouvements plus ou moins prompts, par rapport à la nature des courants induits développés ; mais nous pouvons dire dès maintenant que ces mouvements plus ou moins prompts n'affectent, pour un même chemin parcouru, que la tension du courant induit.

Ces principes une fois reconnus, il ne s'agissait plus, pour obtenir une manifestation électrique continue, que de combiner mécaniquement les divers éléments producteurs de ces courants éphémères ou d'induction, de manière à les redresser et à les faire se succéder les uns aux autres sans interruption. C'est ce que firent plusieurs mécaniciens, entre autres MM. Pixii Clarke, Page, Nollet, etc., et pour cela ils n'eurent qu'à faire tourner devant les pôles d'un aimant permanent, en fer à cheval, un électro-aimant à deux branches, enroulé d'une assez

grande quantité de fil pour permettre à l'action inductrice de se développer dans toute son énergie. Avec cette disposition, en effet, l'électro-aimant, en s'approchant des pôles de l'aimant fixe, s'aimantait, et, en devenant aimant, il créait dans le fil qui l'entourait un courant inverse qui faisait place à un courant direct, aussitôt que l'électro-aimant, en s'éloignant, se désaimantait. Comme les extrémités du fil induit, c'est-à-dire du fil de l'électro-aimant, étaient en rapport avec un commutateur à renversement de pôles placé sur l'axe de rotation du système, les deux courants traversaient le circuit toujours dans le même sens. Telles sont les machines *magnéto-électriques*, dont nous représentons, fig. 8, le type primitif, et dont la disposition a, du reste, été variée d'une foule de manières. Ce sont elles qui ont donné naissance aux puissantes machines qui, dans ces derniers temps, ont étonné les physiciens eux-mêmes.

En même temps que l'on construisait les machines magnéto-électriques dont nous venons de parler, d'autres physiciens et mécaniciens en établissaient de nouveaux modèles, en mettant à contribution les effets d'induction produits par les hélices voltaïques, et qui permettaient d'obtenir des courants induits sans avoir aucun mécanisme à tourner. De pareilles hélices étant introduites à l'intérieur de la bobine destinée à fournir les courants induits pouvaient jouer le rôle de barreaux aimantés, puisqu'elles constituaient, ainsi que l'a démontré Ampère, des *aimants dynamiques*, et pour obtenir les effets produits par l'approche et l'éloignement de l'hélice inductrice (celle jouant le rôle d'aimant), il suffisait de disposer dans le circuit un interrupteur automatique de courant. Dès l'année 1836, M. Page, en Amérique, M. Masson, en France, et M. Callan, en Angleterre, construisaient, en effet, des machines de ce genre qui permirent d'étudier d'une manière suivie les courants induits et d'en préciser les caractères, et l'on put acquérir bientôt

la certitude que, non seulement les courants induits avaient une grande tension, mais que, sous certaines conditions, ils pouvaient fournir quelques effets analogues à ceux de l'électricité statique. Ces appareils, perfectionnés par MM. Page, Callan, Sturgeon, Gauley, Masson et Bréguet,

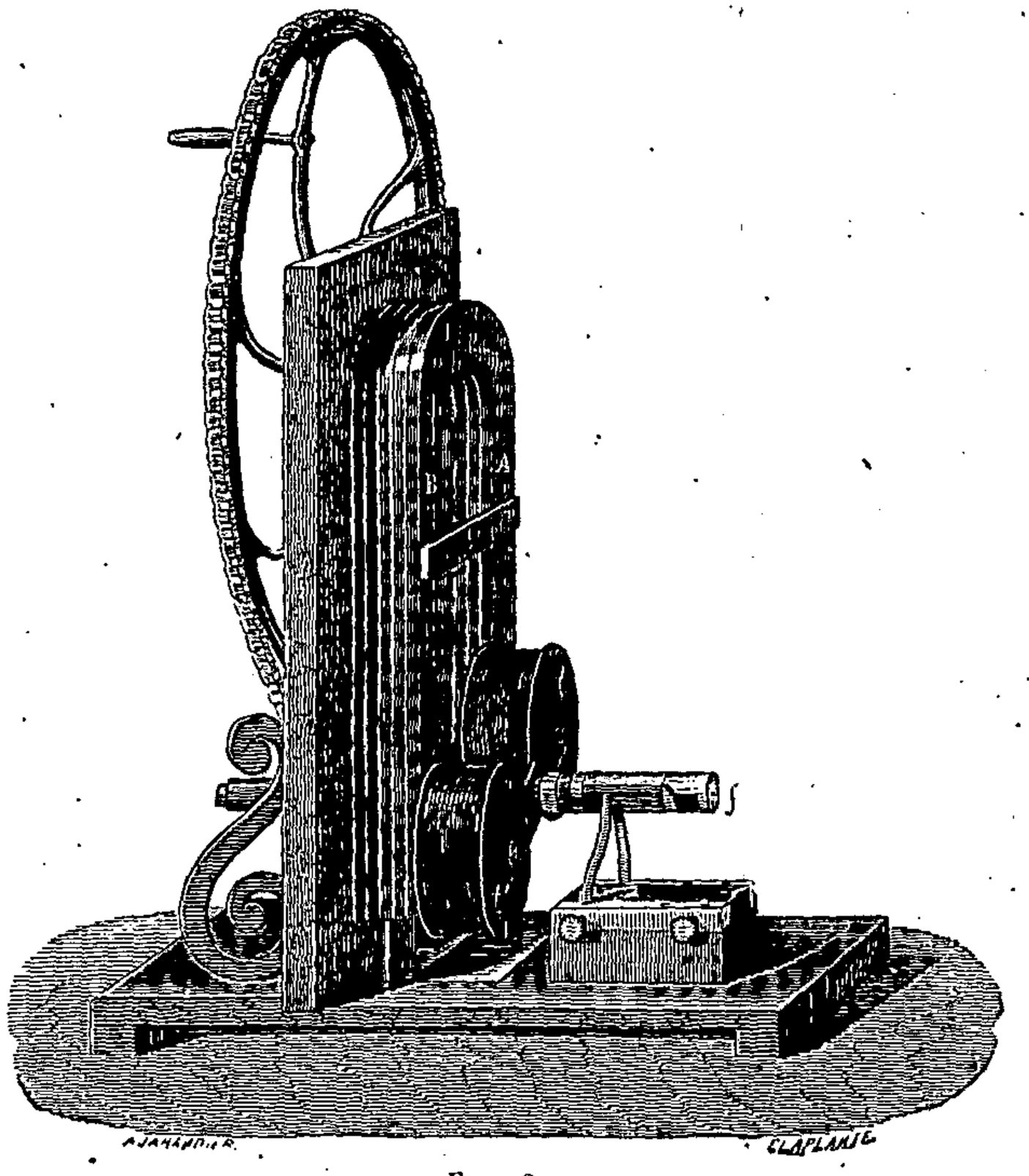


FIG. 8.

Bachhoffner, Clarke, Golding-Bird, Nesbitt, Breton, Fizeau, Ruhmkorff, Cecchi, Hearder, Bright, Poggendorff, Foucault, Bently, Ladd, Jean, Ritchie, Gaiffe, Apps, ne tardèrent pas à devenir de puissants générateurs d'électricité de haute tension qui purent remplacer avantageusement les machines électriques, et ces générateurs constituent

aujourd'hui la catégorie d'appareils les plus importants et les plus curieux, par l'énergie et la diversité de leurs effets.

D'après cet aperçu rapide, on voit déjà que les machines d'induction peuvent être divisées en deux grandes catégories : 1° celles qui ont pour inducteur un circuit traversé par un courant voltaïque, et dans lesquelles l'action provocatrice peut résulter de l'action du courant lui-même, 2° celles qui ont pour inducteur un aimant permanent et qui exigent, pour fournir leur effet, un mouvement mécanique. Mais en dehors de ces deux catégories d'appareils, il en est une troisième dont les effets ont été récemment étudiés et qui, tout en appartenant à la seconde catégorie dont nous venons de parler, présentent cette différence curieuse que les appareils n'ont pas besoin d'aimants permanents pour les stimuler, et que l'inducteur, constitué par du fer doux, devient lui-même aimant et aimant des plus énergiques sous l'influence du courant induit qui est créé. Ce qui est curieux dans ces appareils, c'est que la cause initiale est pour ainsi dire inappréciable ; c'est une légère aimantation communiquée au fer, soit par le magnétisme terrestre, soit par une aimantation rémanente, et à mesure que l'appareil fonctionne, la cause initiale et l'effet se développent de plus en plus jusqu'à une limite qui est celle de l'aimantation maximum du fer. Ces curieuses machines, imaginées presque simultanément par MM. Wheatstone et Siemens, ont été perfectionnées par MM. Wilde et Ladd, et ont servi de complément à beaucoup d'autres machines combinées dans des systèmes différents et qui ont acquis par cette adjonction une beaucoup plus grande puissance. Enfin, pour terminer avec cet historique, nous ajouterons que, dans ces derniers temps, une nouvelle catégorie de machines magnéto-électriques, fondées sur l'interversion continuelle de polarités successivement développées aux différents points d'un électro-aimant annulaire par un

aimant puissant et sur l'action de celui-ci sur le fil des hélices induites passant devant lui, est venue étendre d'une manière inattendue le champ des investigations sur les machines d'induction, et c'est à cette catégorie qu'appartiennent les machines de Gramme, de Siemens, de Brush, et de Méritens, qui ont fourni de si merveilleux résultats.

De ces différentes machines, ce sont évidemment celles qui mettent à contribution un moteur qui sont applicables pour l'éclairage électrique, car c'est sous cette forme que la production de l'électricité peut être obtenue dans les conditions les plus économiques. Ce sont donc elles dont nous devrons nous occuper exclusivement, mais, auparavant, nous croyons devoir donner quelques indications sur les lois qui régissent les courants induits et sur les différentes causes qui concourent à leur production.

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS MODES DE GÉNÉRATION DES COURANTS INDUITS ET DES LOIS QUI LES GOUVERNENT.

En outre des effets d'induction que nous avons exposés précédemment, il est beaucoup d'autres causes qui peuvent développer des courants induits. Toute action qui aura pour effet d'affaiblir ou d'accroître l'énergie d'un aimant agissant déjà sur une bobine d'induction pourra créer des courants induits qui seront *directs* quand il y aura affaiblissement, et *inverses* quand il y aura renforcement. Ce renforcement pourra résulter de la réaction d'une armature de fer doux sur les pôles magnétiques, et l'affaiblissement résultera de l'éloignement de cette armature. D'un autre côté, si l'on promène le pôle d'un aimant permanent devant un noyau de fer enveloppé d'une bobine, il se produira une double action : 1° un courant que l'on peut appeler *électro-dynamique d'induction*, qui résultera du passage successif des spires de l'hélice induite devant le pôle magnétique de l'aimant inducteur, et qui se

développera d'autant plus énergiquement qu'on aura pris des précautions convenables pour éviter l'induction nuisible qui serait exercée sur les parties des spires qui sont en arrière de celles directement influencées par l'aimant; 2° un courant auquel j'ai donné le nom de courant *d'interversion polaire*, qui résulte des interversions de polarités magnétiques que subit successivement le noyau, par suite du mouvement de l'inducteur [1]. Ces deux courants, qui

[1] Pour que l'on puisse bien comprendre l'origine de ces courants qui jouent maintenant un rôle important dans les nouveaux générateurs électriques, nous allons examiner ce qui a lieu quand on approche d'un barreau de fer doux enveloppé d'une hélice magnétisante l'un des pôles d'un aimant permanent, le pôle nord, par exemple. Au moment du rapprochement, il se déterminera un premier courant qui sera un courant d'aimantation et dont le sens variera suivant que ce pôle agira à l'une ou à l'autre extrémité du barreau. Ce courant sera dû à la transformation du barreau en aimant. Si l'on éloigne l'aimant, il se produira de nouveau un courant qui sera de sens inverse au premier et qui correspondra à la désaimantation du barreau. Mais, si l'on approche le pôle de l'aimant du *milieu de ce barreau*, il n'y aura plus aucun courant de produit, parce que ce barreau lui-même constituera alors un aimant à point *conséquent*, et que l'effet d'induction produit à droite de ce point sera combattu par l'effet produit à gauche; les mêmes effets se produiront, si l'hélice est dépourvue du noyau de fer. Or il résulte de ce principe que, si le noyau de fer entouré de son hélice est recourbé de manière à former un anneau, on ne pourra obtenir ni courants d'aimantation ni courants de désaimantation par l'effet du rapprochement ou de l'éloignement de l'aimant, quel que soit d'ailleurs le point où on le dirige, car les parties à gauche et à droite du point influencé sont alors polarisées de la même manière. Toutefois, si l'on déplace l'aimant parallèlement à l'axe du barreau, c'est-à-dire circulairement autour de l'anneau, il n'en sera plus de même, et il pourra se produire un courant qui ne serait ni d'aimantation ni de désaimantation, mais qui sous certaines conditions durera pendant toute la révolution de l'aimant dans le même sens. Ce courant peut provenir de deux actions différentes et simultanées, mais il faudra pour qu'il se manifeste que l'hélice ait une disposition particulière, car quand bien même l'induction serait produite par un seul pôle magnétique, les deux parties opposées de l'anneau influencé seraient toujours polarisées dans un sens différent et, donneraient lieu à des courants de sens contraire. L'une de ces actions est le résultat de la perturbation magnétique déterminée dans le noyau lui-même par l'interversion successive des

sont continus, se manifestent tout le temps que dure le mouvement de l'aimant, et leur sens dépend de celui de ce mouvement, mais il correspond toujours à un courant de désaimantation, c'est-à-dire à un courant de même sens que le courant magnétique du noyau influencé[1]. Ce sont ces courants qui sont en jeu dans les machines Gramme. Les autres réactions dont il a été question en premier lieu ont donné naissance aux machines magnéto-électriques dont les types les plus connus sont ceux de MM. Dujardin, Breton, Duchenne, Wheatstone, Bréguet, Wilde, etc.; mais, comme ces machines n'ont pas fourni d'effets assez énergiques pour constituer des générateurs de lumière électrique, nous n'en parlerons pas davantage.

Il est encore d'autres sources d'induction qui ont permis de créer des machines magnéto-électriques, et de ce nombre est celle qui a donné lieu à la machine d'induction *péripolaire* de M. le Roux, mais ces sources sont encore trop faibles pour être appliquées d'une manière avantageuse.

Lois des courants induits. — Les nombreuses expériences faites sur les courants induits ont démontré :

1° Que la quantité d'électricité mise en jeu dans un circuit induit est *proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, à l'intensité du courant inducteur et à la longueur du circuit induit*;

polarités, perturbation qui doit donner lieu, ainsi que je l'ai démontré, à une réaction analogue à celle qué l'on observe quand à un effet de désaimantation on fait succéder un effet d'aimantation dans des conditions opposées ; et comme, dans de pareilles conditions, les courants résultants sont dirigés dans un même sens, et que par suite du mouvement de proche en proche de l'inducteur ils se succèdent sans interruption, on obtient en définitive un courant continu qui ne change de direction que quand on change le sens du mouvement du pôle inducteur. L'autre action résulte du mouvement même du système magnétique inducteur devant les spires de l'hélice induite ou, ce qui revient au même, du mouvement de ces spires devant le système inducteur. (*Voir la note* A.)

Voir, pour l'explication de ces effets, la note A à la fin du volume

2° Qu'elle est *indépendante de la durée de l'action inductrice et ne varie qu'avec la grandeur de la cause initiale de l'induction ;*

3° Que *la tension du courant induit varie, au contraire, avec la durée de l'action inductrice, et augmente avec la promptitude de la variation de la cause induisante,* ce qui conduit à établir que la tension d'un courant induit *est proportionnelle à la dérivée algébrique de la fonction du temps qui exprime la loi de succession des valeurs de l'intensité du courant induit ;*

4° Que *les courants directs ont une durée plus courte que les courants inverses ;*

5° Qu'il résulte de cette dernière propriété, *que les courants inverse et direct, bien que constitués par des quantités égales d'électricité, peuvent réagir différemment :* car les courants directs ayant une durée plus courte que les courants inverses ont une tension plus grande et peuvent, par conséquent, réagir sur un circuit plus résistant ;

6° Que *la durée du courant direct est indépendante de la résistance du circuit induit, tandis que celle du courant inverse augmente avec cette résistance et le nombre des spires de l'hélice :* d'où il résulte que, dans les cas ordinaires, la force électro-motrice du courant direct doit être plus grande que celle du courant inverse, et que le rapport de ces forces augmente avec la longueur du fil induit.

Les courants induits, comme ceux des piles, peuvent se transformer en courants de tension, ou en courants de quantité, non seulement par le mode de liaison des bobines induites, mais encore par le degré d'isolation du fil, sa grosseur, sa longueur et la composition du noyau magnétique déterminant l'induction. Avec un fil très fin, très long et isolé avec toutes les précautions qu'on prend pour l'électricité des machines à plateau de verre, on peut arriver à obtenir des étincelles de plus d'un mètre

de longueur, et avec une machine magnéto-électrique dont le fil est de gros diamètre on peut obtenir un courant ayant assez de quantité pour fournir les effets de la pile.

Les lois des courants induits par rapport aux effets qu'ils exercent à travers le circuit extérieur sont les mêmes que celles des courants voltaïques, mais il faut admettre alors que la résistance du générateur est représentée par une quantité beaucoup plus grande que celle qu'on pourrait déduire de sa mesure directe, si l'on employait des courants voltaïques. Ainsi le travail calorifique fourni par une machine d'induction est exprimé par la formule de Joule, dans laquelle la valeur de la résistance du fil induit serait exprimée par une quantité, variable sans doute avec les machines, mais qui pourrait être six fois plus grande que sa valeur réelle, avec les machines de l'*Alliance*. Il en résulte donc, qu'en tenant compte de cet accroissement de résistance, ce travail est proportionnel au carré de la force électromotrice développée, et à la résistance du circuit extérieur, et est inversement proportionnel au carré de la résistance totale du circuit, ce qui conduit à admettre que l'effet maximum est obtenu quand la résistance du circuit extérieur est supérieure à celle du circuit induit de la quantité dont il faut augmenter cette dernière résistance pour que la formule d'Ohm soit applicable à ces machines.

Nous ne parlerons pas des lois qui se rapportent aux courants induits des divers ordres, car nous n'aurons guère à nous occuper de ces effets dans les machines employées pour l'éclairage électrique; mais nous devrons étudier avec soin l'influence de la forme, des dimensions et de la composition des noyaux magnétisés sur le développement des courants induits, ainsi que celle qui résulte de la promptitude des alternatives d'aimantation et de désaimantation.

Si l'on considère que la force des électro-aimants est

proportionnelle aux diamètres des noyaux magnétiques et à la racine carrée de leur longueur, on pourrait croire qu'on aurait avantage à prendre les noyaux de fer des appareils d'induction les plus gros et les plus longs possible; mais, comme les alternatives d'aimantation et de désaimantation sont beaucoup plus lentes à se produire avec de gros noyaux de fer qu'avec de petits, et comme, d'un autre côté, une surface cylindrique métallique permet la formation de courants induits locaux qui se développent au préjudice des courants induits eux-mêmes, on a dû rechercher un moyen terme, et l'on a eu recours à des faisceaux magnétiques composés de fils de fer ou de lames minces de tôle juxtaposés, dont l'adhérence magnétique n'est pas assez parfaite pour équivaloir à une masse continue de ce métal. Ce moyen a donné d'excellents résultats, comme nous aurons occasion de le reconnaître plus tard.

Les expériences sur la longueur des noyaux magnétiques n'ont pas encore été assez multipliées et assez concluantes pour qu'on ait pu formuler une loi bien nette à leur égard. MM. Poggendorff, Muller et plusieurs autres physiciens ont reconnu cependant que, dans une bobine simple à noyau droit, l'action inductrice est plus forte au milieu du noyau qu'en tout autre point, et c'est pour cette raison qu'ils ont conseillé d'accumuler sur cette partie de la bobine le plus grand nombre de spires possible, ce qui conduit implicitement à donner à ces bobines la forme d'un fuseau. Cet effet se comprend, du reste, si l'on considère que le milieu d'une bobine correspond à la résultante de tous les effets dynamiques des courants particulaires du noyau magnétique. Quant aux longueurs des bobines elles-mêmes, il paraît qu'on a avantage à les faire un peu longues pour obtenir de la tension, et un peu courtes pour obtenir de la quantité; toutefois M. Siemens a imaginé une forme de bobine d'induction qui a fourni des effets excellents et qui sort

complètement des formes ordinaires. Nous la représentons fig. 9. Le noyau magnétique est alors constitué

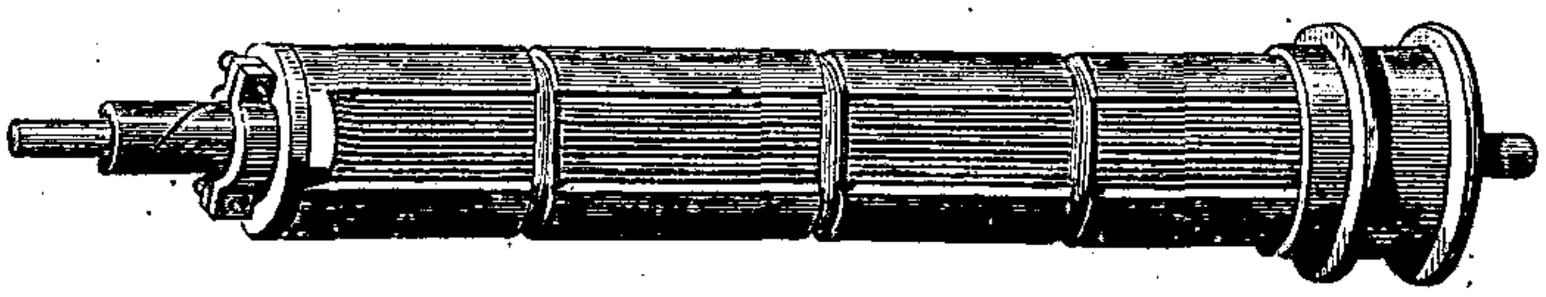


Fig. 9.

par un cylindre de fer, sur lequel est évidée longitudinalement une large rainure qui le circonscrit entièrement, et dans laquelle on enroule parallèlement à l'axe du cylindre le fil de l'hélice; des ligatures retiennent cette hélice pour l'empêcher de céder à l'action de la

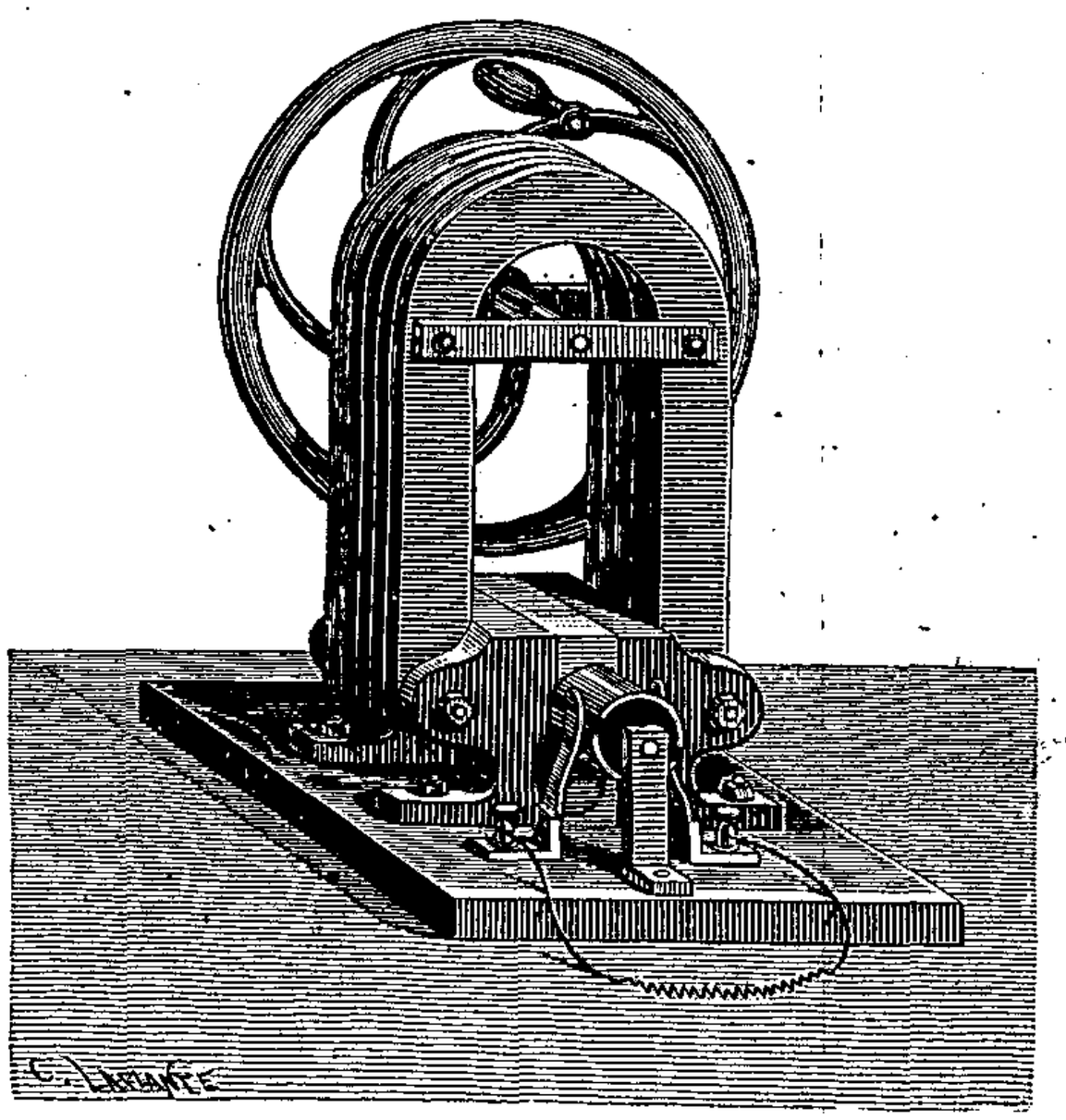


Fig. 10.

force centrifuge quand la bobine tourne, et les parties du cylindre de fer restées nues constituent les deux ex-

trémités polaires de la bobine. Naturellement cette bobine tourne suivant l'axe du cylindre, et elle est enveloppée dans des cavités hémi-cylindriques évidées dans des semelles de fer que l'on adapte aux deux pôles de l'aimant inducteur, comme on le voit fig. 10. Enfin les deux bouts du fil de l'hélice aboutissent à un commutateur que l'on aperçoit au bout de l'axe de la bobine et sur lequel appuient deux ressorts frotteurs en rapport avec le circuit.

Quand on veut employer des noyaux cylindriques de fer, il y a avantage, au point de vue de l'induction, de les constituer avec des tubes de fer fendus longitudinalement, et d'en placer deux ou trois les uns dans les autres. Ce moyen a été mis à contribution dans les grandes machines de la compagnie l'*Alliance.*

Quant aux effets plus ou moins avantageux des alternatives plus ou moins promptes des aimantations et des désaimantations, la question est complexe, en raison de l'inertie magnétique du fer. D'après la proportionnalité de la tension des courants induits à la *dérivée* de la fonction du temps, on serait porté à croire que ces alternatives devraient être les plus rapides possible; mais la lenteur avec laquelle le fer s'aimante et se désaimante complique considérablement les effets produits, et l'on remarque qu'alors que des interruptions lentes de l'inducteur sont favorables au développement de la tension du courant induit dans les appareils de Ruhmkorff, une grande vitesse de rotation et, par conséquent, des alternatives très rapides d'aimantation et de désaimantation sont nécessaires pour faire produire aux machines magnéto-électriques leur maximum d'effet. On peut donc dire d'une manière générale qu'une succession rapide d'aimantations et de désaimantations est favorable au développement des courants induits, en raison du plus grand nombre d'actions électriques qui se produisent dans un temps donné et qui se superposent dans les circuits où se

produit le travail; mais on peut ajouter qu'une succession lente de ces aimantations et désaimantations augmente la tension des courants, en permettant aux noyaux magnétiques d'acquérir leur maximum d'aimantation. On comprend, d'après cela, que le nombre d'effets inducteurs successifs qu'une machine devra fournir pour être dans les meilleures conditions dépendra de sa construction, et elle devra être animée d'une vitesse d'autant plus grande que ses organes magnétiques pourront se prêter davantage à l'aimantation et à la désaimantation.

Il est aussi certaines conditions dans la disposition relative des organes d'induction qui sont plus ou moins favorables à une grande vitesse : ainsi, dans une machine magnéto-électrique ordinaire, composée de plusieurs bobines d'induction, l'intensité moyenne de la somme de tous ces courants transmis augmente avec la vitesse de rotation de la machine, mais dans un rapport moindre que l'accroissement de vitesse de celle-ci. Cette augmentation dépend de deux circonstances, savoir : de l'intensité elle-même du courant et du nombre plus ou moins grand des bobines accouplées en tension. Plus le nombre des bobines mises en tension est considérable, moins rapidement croît leur force électro-motrice, et cette lenteur d'accroissement est d'autant plus grande que les courants ont une plus grande intensité.

« Il résulte de tout cela, dit M. le Roux, que les accroissements d'intensité coûtent de plus en plus cher quand on veut les obtenir par des accroissements de vitesse ; car, si théoriquement chaque tour ne consomme qu'une quantité de travail proportionnelle à l'effet utile qu'il produira finalement, pratiquement chaque tour entraîne la perte d'une certaine quantité de travail afférente aux travaux passifs de toutes sortes. Cependant, dans les applications calorifiques de l'électricité, il importe d'atteindre ces intensités élevées, puisque l'effet utile est proportionnel à leurs carrés dans un temps donné; mais, dans les applications chimiques pour lesquelles l'effet est pro-

portionnel à la première puissance de l'intensité, il y a intérêt, au point de vue de l'économie de la force motrice, à ne pas réaliser de grandes vitesses de la part de la machine. »

Si l'accroissement de vitesse dans les machines magnéto-électriques augmente l'intensité des courants induits qui en résultent, en revanche, l'accroissement de force des courants induits augmente beaucoup la résistance opposée à leur mouvement de rotation. Sans doute, les éloignements plus fréquents des pièces qui subissent l'attraction doivent fournir à l'action du moteur une somme de résistances mécaniques plus grande, mais il y à encore, dans le fait même du développement du travail électrique produit, une réaction mécanique qui est la conséquence de la transformation des forces physiques en fonction les unes des autres.

Tout le monde connaît la jolie expérience de M. Foucault, qui consiste à faire tourner un disque de cuivre entre les pôles d'un fort électro-aimant. Quand celui-ci est inactif, on peut tourner le disque avec telle vitesse qu'il peut convenir; mais, aussitôt que l'électro-aimant devient actif, le disque s'échauffe successivement, la résistance opposée à sa rotation augmente considérablement, et devient bientôt telle, qu'on ne peut plus accroître la vitesse de la machine. L'effet calorifique produit a donc nécessité une dépense de force en provoquant un accroissement de résistance, et la mesure de cette résistance mécanique additionnelle doit être l'équivalent de l'action physique qui lui a donné naissance. Or une action du même genre doit être évidemment déterminée dans les machines magnéto-électriques à rotation rapide, et surtout dans les machines dynamo-électriques.

Il était encore une question intéressante à étudier, c'était de savoir la durée des courants induits, le temps écoulé entre la fermeture ou l'ouverture du courant inducteur et l'apparition du courant d'induction qui en

résulte, et comment se comporte l'intensité du courant aux différentes phases de son apparition. MM. Blaserna et Mouton ont fait à cet égard des recherches extrêmement intéressantes, dont nous allons indiquer les principaux résultats.

D'après M. Blaserna, le temps qui s'écoule entre l'action déterminant l'induction et l'apparition du courant est inférieur à un cinquante millième de seconde, et ce courant, faible à sa naissance, croit peu à peu, pour diminuer ensuite et s'éteindre dans un intervalle de temps qui varie avec l'intensité du courant induit, mais qui est en moyenne d'un deux centièmes de seconde; mais M. Mouton a montré que cette décroissance du courant induit s'effectuait à la suite d'oscillations successivement décroissantes.

DES DIFFÉRENTS GÉNÉRATEURS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

J'ai fait dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, tomes II et V, l'histoire à peu près complète des différents générateurs d'induction qui ont été imaginés; mais, comme aujourd'hui nous n'avons à considérer que les machines à lumière, nous ne nous occuperons que de ceux de ces générateurs qui ont fourni les plus importants résultats, et ces générateurs sont : 1° les machines de la compagnie l'*Alliance;* 2° les machines dynamo-électriques de Wilde, de Ladd, de Wallace Farmer, de Siemens, de Lontin, etc.; 3° les machines à anneaux électro-magnétiques de Gramme, de Méritens, de Brush; 4° les machines à division de courants de MM. Lontin, Gramme, etc. Nous commencerons naturellement par les machines de la compagnie l'*Alliance*, les plus anciennes de toutes.

Machines de l'*Alliance*. — Les effets relativement considérables qu'avaient fournis les machines magnéto-électriques de Pixii et de Clarke avaient fait, dès l'origine, naître l'idée de les employer comme générateurs économiques de l'électricité, et l'on pensa qu'en les construisant dans de grandes dimensions et en leur appliquant un moteur à vapeur on pourrait non seulement réduire considérablement la dépense de l'électricité, si coûteuse avec les piles, mais encore qu'on pourrait, par leur intermédiaire, obtenir des courants beaucoup plus constants et plus réguliers dans leur action. Dès l'année 1849, en effet, M. Nollet, professeur de physique à l'école militaire de Bruxelles, se proposa de construire une machine de Clarke sur une grande échelle ; et en y introduisant les perfectionnements que les progrès de la science et son expérience personnelle avaient pu lui suggérer il créa la grande machine que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de *machine de l'Alliance*. Malheureusement, la mort vint arrêter ses travaux au moment où il allait lui être donné, non pas de voir réussir son œuvre, car le succès ne devait pas être immédiat, mais de la voir soumise à la sanction de la pratique. Des spéculateurs hardis, aidés de riches et puissants personnages, étaient arrivés, en effet, à monter une entreprise dont les machines de Nollet faisaient la base, et dont le but était d'extraire le gaz de l'eau. Cette idée était insensée, mais, précisément à cause de cela, elle trouva des adhérents, et ce fut la compagnie, alors créée, qui, sous le nom de l'*Alliance*, installa dès l'année 1855, dans des bâtiments attenant à l'Hôtel des Invalides, les premières grandes machines magnéto-électriques connues en Europe. Naturellement, les résultats obtenus furent déplorables, pour ne pas dire davantage, et en 1856 la Compagnie fut obligée de liquider.

Elle se réorganisa quelque temps après, et, ayant nommé pour son directeur M. Berlioz, elle chercha à tirer parti

du matériel considérable qui avait été créé; ce fut alors que je fus consulté, et que j'indiquai à M. Berlioz les applications qu'il pouvait en faire à la lumière électrique et à la galvanoplastie. Mais, pour y parvenir, de nombreux perfectionnements devaient être introduits dans ces machines, et tous les électriciens de l'époque apportèrent chacun leur pierre à l'édifice.

Parmi ces perfectionnements, il en est un, suggéré par M. Masson, alors professeur de physique à l'Ecole centrale, et que j'avais amené voir ces machines, qui permit de doubler instantanément les effets obtenus. Ce fut de supprimer le commutateur jusque-là employé dans toutes ces machines. Tous ces perfectionnements, admirablement interprétés par M. Joseph Van Malderen, l'ingénieur de la compagnie, permirent, conjointement avec ceux qu'il y apporta lui-même, de faire arriver ces machines à une perfection qu'on n'aurait guère osé espérer dans l'origine, et qu'on croyait bien ne pas pouvoir être dépassée. Ce fut alors qu'on songea à en tirer parti pour l'éclairage des phares et pour l'illumination de la marche des navires. Des expériences furent alors tentées conjointement avec MM. Reynaud et Degrand, et bientôt, en 1863, les phares de la Hève purent être éclairés de cette manière.

En même temps, on faisait pour l'application à la marine des expériences qui n'eurent pas d'abord tout le succès qu'on pouvait en espérer, surtout à cause du mauvais vouloir qu'on rencontra dans la marine, mais qui devaient fournir plus tard des résultats dont on put apprécier l'importance. Ce fut la France qui précéda les autres nations dans cette double voie, comme c'est elle qui les précède encore pour l'éclairage public ; mais nous devons dire que c'est grâce à la compagnie l'*Alliance* et à la courageuse initiative de son intelligent directeur, M. Berlioz, que le monde civilisé doit ces belles applications de l'électricité.

Ce tribut d'hommages rendu à une compagnie dont la

fortune ne seconda pas les efforts, nous allons nous occuper des détails de construction de ces machines.

Le principe de la machine de l'*Alliance* se rapproche beaucoup de celui sur lequel a été établie la machine de Clarke, mais la disposition mécanique en a été combinée de telle manière qu'elle permet de multiplier les bobines d'induction et les aimants de la façon la moins encombrante possible. Les bobines sont rangées au nombre de 16 sur une roue en bronze portant des empreintes appropriées et y sont maintenues par des colliers destinés à les assujettir fortement. Cet ensemble, que nous désignerons, pour abréger, sous le nom de *disque* ou *rouleau*, tourne entre deux rangées d'aimants en fer à cheval supportés parallèlement au plan du disque par un bâti spécial qui ne présente que du bois au voisinage des aimants. Chaque rangée en compte huit présentant seize pôles régulièrement espacés. Il y a donc autant de pôles que de bobines, et, quand l'une d'elles se trouve en face d'un pôle, les quinze autres doivent se trouver dans la même position.

On peut multiplier dans une même machine le nombre des disques en les montant sur un même arbre, ainsi que le nombre des rangées d'aimants en les montant sur le même bâti ; on ne dépasse pas généralement le nombre de six disques, car les machines deviendraient trop longues, et il serait alors trop difficile de les soustraire aux effets de flexion de l'arbre et du bâti. Il ne faut pas, en effet, perdre de vue que les bobines doivent se mouvoir aussi près que possible des pôles des aimants, mais sans les toucher. Aujourd'hui presque toutes ces machines ne comportent que quatre disques.

La fig. 11 montre une vue d'ensemble d'une machine à six disques, et la fig. 12 indique la manière dont chaque bobine E se présente devant les pôles A,B ; B″,A″ ; *a*,*b* ; *b′a′*, etc., des différents aimants qui sont placés, d'une rangée à l'autre, de manière qu'un pôle nord soit opposé à un pôle sud, afin de polariser dans deux sens différents

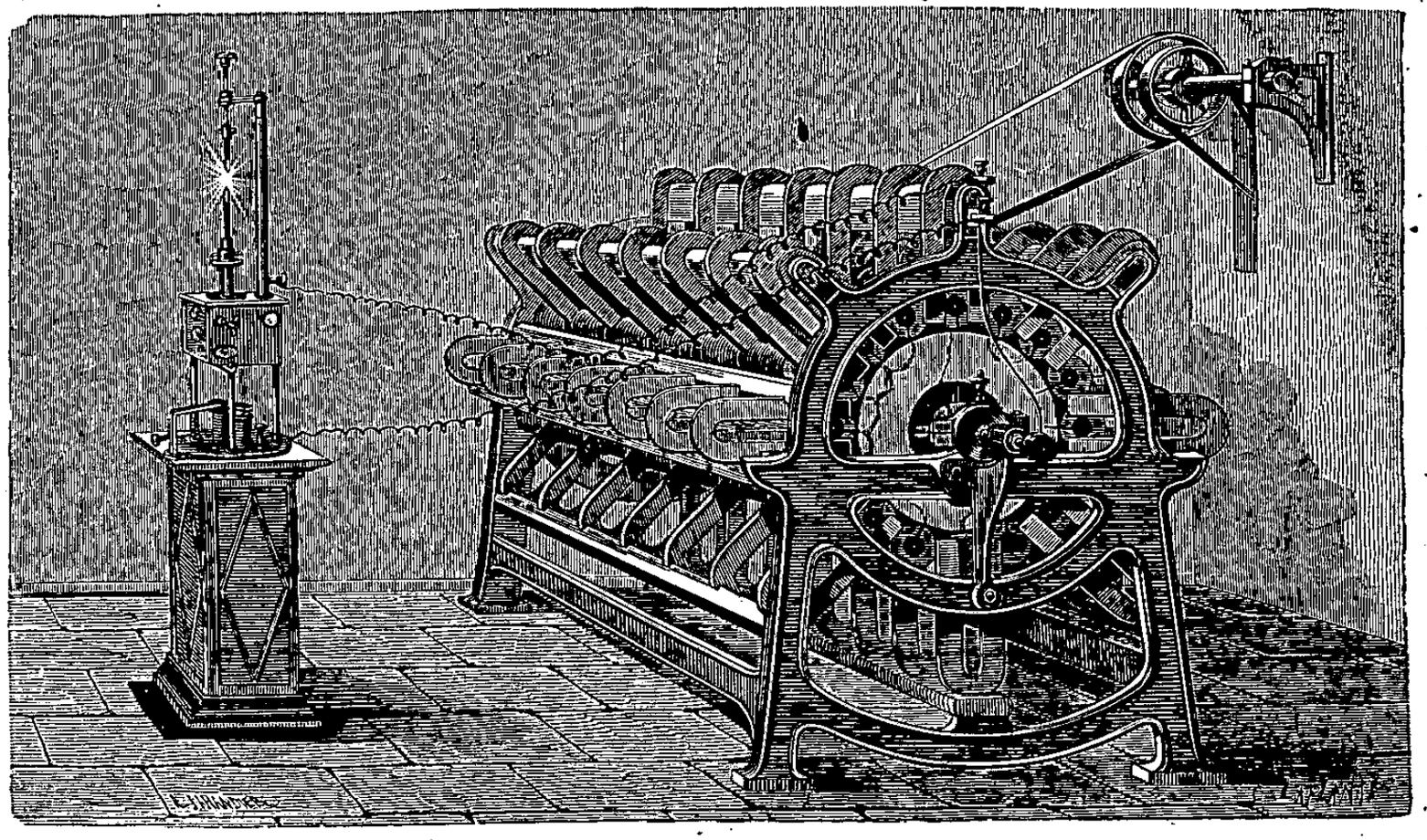


Fig. 11.

le noyau magnétique de chaque bobine. Les extrémités des fils des bobines viennent se fixer à des plateaux de bois assujettis sur la roue en bronze, et là on les assemble soit en tension, soit en quantité, comme les éléments d'une pile hydro-électrique. L'un des pôles du courant total est relié à l'arbre C qui se trouve en communication avec le bâti par l'intermédiaire des coussinets ; l'autre pôle abou-

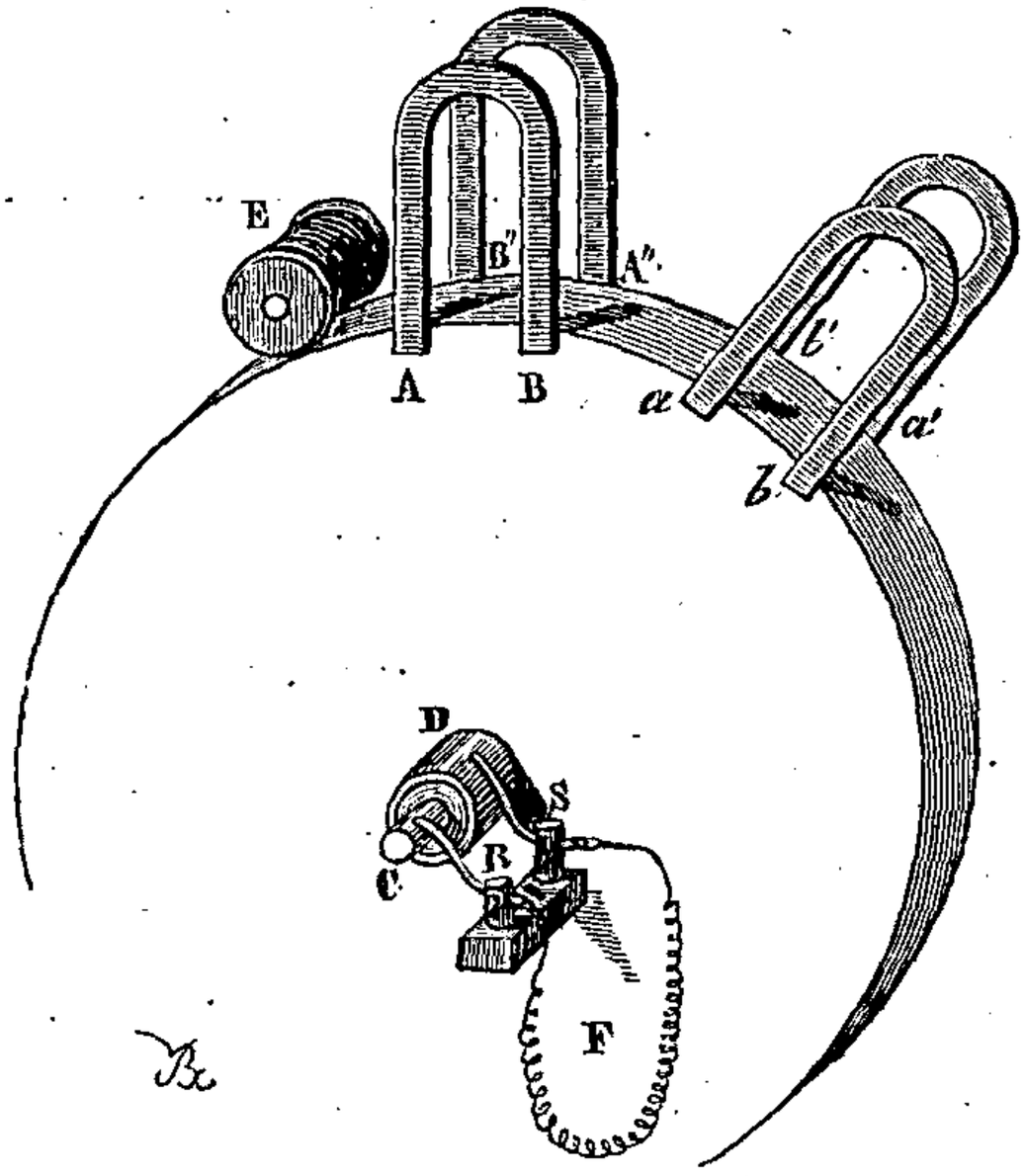


FIG. 12.

tit à un manchon métallique DC concentrique à l'arbre et isolé de lui par du bois ou du caoutchouc durci, et ces deux pôles sont reliés au circuit extérieur par le bâti de fonte de l'appareil et un ressort frotteur S qui est relié par un fil à un bouton d'attache que l'on distingue sur la fig. 11 au haut de l'appareil, au-dessous de celui qui est adapté au bâti.

Nous allons maintenant entrer dans quelques détails sur les organes eux-mêmes de ces machines.

Les aimants sont, comme nous l'avons dit, en fer à cheval, et proviennent de la fabrique d'Alvarre; ils pèsent environ 20 kilog. chacun, et sont formés de cinq à six lames d'acier trempé, redressées à la meule et assemblées par des vis; l'épaisseur de chaque lame est d'environ 1 centimètre. Pour arriver à une grande uniformité d'épaisseur à leurs extrémités polaires et, en même temps, pour la facilité de leur ajustement, on les garnit de semelles de fer doux. Chaque lame est aimantée par les procédés connus, et le faisceau doit porter au moins le triple de son poids. Cette aimantation ne fait du reste que se bonifier par la marche de la machine.

Les bobines de la machine ont subi beaucoup de transformations; aujourd'hui elles sont constituées par des tubes de fer fendus longitudinalement et portant des rondelles de laiton également fendues pour amoindrir les inductions nuisibles. Leur longueur est de 10 centimètres; leur diamètre de 4 centimètres, et il y a deux tubes renfermés l'un dans l'autre.

La longueur et la section du fil de ces bobines doivent dépendre, comme on le comprend aisément, de la résistance du circuit extérieur, de leur nombre et du genre de travail qu'on demande aux machines. Toutefois, pour les applications à la lumière électrique, l'expérience a démontré que c'étaient des faisceaux de fils isolés ayant chacun un millimètre de diamètre, une trentaine de mètres de longueur, et réunis au nombre de huit, qui fournissaient les meilleurs résultats. Ces fils sont recouverts d'une enveloppe de coton imprégnée d'une solution de bitume de Judée dans de l'essence de térébentine ou de la benzine. Cette espèce de vernis a l'avantage de ne pas se gercer facilement et de se sécher extrêmement vite; de plus, il est très limpide, de sorte qu'il n'augmente pas sensiblement l'épaisseur des différentes couches de spires.

D'après les expériences de MM. Jamin et Roger, la force

électro-motrice du courant issu d'une machine de l'*Alliance* à 6 disques, dont les bobines étaient disposées en tension et dont la vitesse de rotation était de 200 tours par minute, était équivalente à 226 éléments de Bunsen, et seulement à 38, quand les bobines étaient disposées en quantité. La résistance du générateur était, dans le premier cas, équivalente à celle de 655 éléments de Bunsen, et à 18 dans le second cas. La lumière fournie pouvait être représentée à peu près par celle de 230 becs Carcel, et le prix de revient du courant produisant cette lumière serait, d'après les calculs de M. Reynaud, inspecteur des phares, 1 fr. 10 par heure. Mais depuis ces différentes expériences de notables améliorations ont été apportées à ces machines, et nous verrons plus tard les différents chiffres qui peuvent représenter leur travail et leur dépense; nous dirons seulement en ce moment, comme indication sommaire, que les machines ordinaires de l'*Alliance* à 4 disques peuvent alimenter 3 bougies électriques de Jablochkoff, en employant comme force motrice de 3 à 4 chevaux, et avec une vitesse de rotation de 400 tours par minute. Dans des conditions tout à fait exceptionnelles, ce rendement a même été très augmenté, et on a parlé d'une machine pouvant alimenter 6 bougies; mais les machines ordinaires sont loin de fournir ce résultat.

Quelque temps après l'établissement définitif des machines dont nous parlons, M. Holmes, ancien employé de la Compagnie l'*Alliance*, construisit en Angleterre des machines du même genre, mais de plus grandes dimensions, qui ne donnèrent que des résultats inférieurs à ceux dont nous venons de parler. Néanmoins, on les installa pour l'éclairage d'un des phares de la côte anglaise. On verra plus loin, par les essais faits en Angleterre même, que de toutes les machines essayées, ce sont elles qui ont fourni les moins bons résultats, et en conséquence nous n'en parlerons pas davantage.

Machines de Wilde. — Le fer doux, en raison de sa plus grande conductibilité magnétique, étant susceptible de fournir une aimantation maxima beaucoup plus considérable que l'acier trempé dont sont composés les aimants permanents, M. Wilde pensa qu'on pourrait avoir avantage à employer pour organes inducteurs des électro-aimants au lieu d'aimants, et qu'on pourrait employer pour les aimanter une petite machine magnéto-électrique complémentaire, fonctionnant sous l'influence du même *mouvement que la machine d'induction proprement dite.* En raisonnant ainsi, il fut conduit à la machine que nous représentons fig. 13 et qui fut le point de départ de toutes les machines désignées depuis sous le nom de machines dynamo-électriques.

Nous verrons en effet bientôt que cette petite machine magnéto-électrique complémentaire ou machine amorçante n'était pas nécessaire, pourvu qu'on fît passer à travers le fil des électro-aimants tout ou partie du courant induit. Néanmoins la machine de Wilde produisit de très bons résultats, et c'est la première machine qui put, avec des dimensions très restreintes, générer de la lumière électrique; malheureusement elle exigeait une grande vitesse de rotation.

Cette machine, comme on le voit fig. 13, se compose de deux parties dont l'une, la supérieure, est en quelque sorte la reproduction en miniature de l'autre. Celle-ci n'est qu'une machine magnéto-électrique de Siemens avec un aimant M de 16 lames, entre les pôles *m*, *n* duquel ourne la bobine d'induction de Siemens *o* que nous avons décrite page 53. Cette petite machine est placée au-dessus d'une tablette de fer *p* qui sert de culasse aux branches A,B de l'électro-aimant inducteur, lesquelles sont constituées par des lames de fer entourées de gros fil et terminées par les deux pièces polaires T, T entre lesquelles tourne la bobine d'induction.

Comme la machine tourne avec une vitesse de 1700

à 2500 tours par minute et qu'il s'y produit un grand

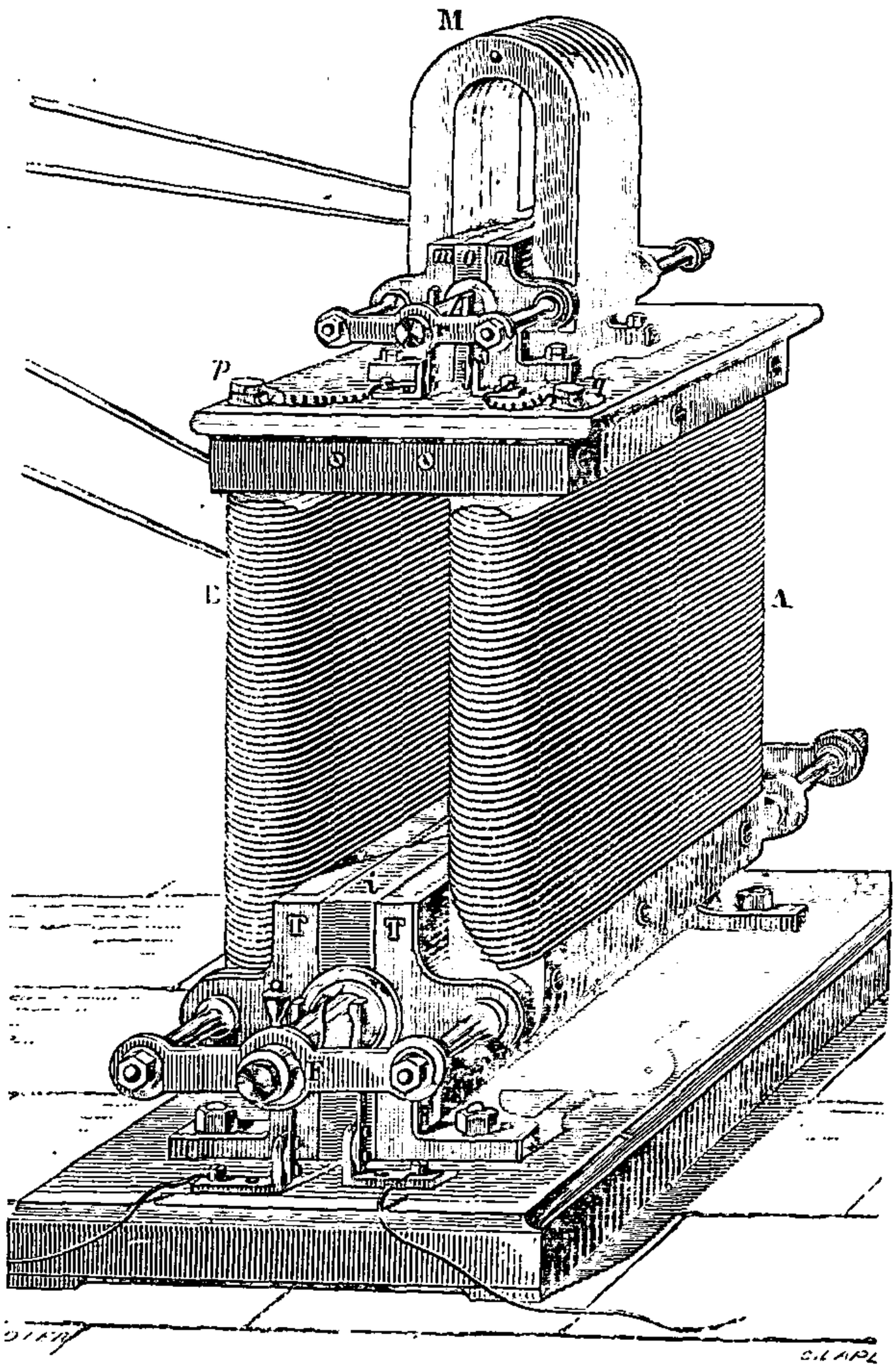


FIG. 13.

échauffement, on a dû ménager à l'intérieur des pièces de cuivre *i* qui séparent les pièces polaires T, T, un petit

conduit à travers lequel on fait circuler un courant d'eau froide.

Le commutateur de l'appareil est placé à l'extrémité de l'axe de la bobine, et l'on recueille le courant par l'intermédiaire de deux ressorts qui appuient sur lui. La bobine pivote d'ailleurs sur des coussinets adaptés à des traverses F qui la soutiennent à ses deux extrémités, et des appareils graisseurs convenables alimentent incessamment d'huile les surfaces frottantes.

Sous l'influence du mouvement communiqué à la machine magnéto-électrique M, le courant induit provoqué dans la bobine *o* se rend aux deux boutons d'attache *p*, *q*, qui sont en rapport avec les deux extrémités du fil de l'électro-aimant AB, et la bobine tournant en F fournit les courants induits appelés à produire la lumière.

Bien que cette machine ait été employée à l'éclairage d'un des phares d'Écosse, elle a été surtout appliquée à la galvanoplastie, et nous ne voyons pas aujourd'hui qu'elle ait pu soutenir la concurrence avec aucune des machines nouvelles. Nous en avons donné une longue description dans notre *Exposé des applications de l'électricité*, tome II, p. 226.

Naturellement la bobine de la machine magnéto-électrique tourne avec une vitesse moindre que la bobine de la machine dynamo-électrique.

Dans une autre disposition de machine de ce genre qui s'est trouvée moins connue, sans doute à cause de son plus grand volume, M. Wilde avait disposé en couronne sur un disque de fer tournant devant de forts électro-aimants une série de noyaux magnétiques entourés de bobines d'induction, et, au lieu d'une seconde machine d'induction destinée à animer les électro-aimants inducteurs, il avait emprunté au système induit lui-même quelques-unes des bobines de ce dernier ; mais il fallait toujours deux commutateurs inverseurs pour redresser les deux courants, et ce n'est guère que par la suppression

de ces commutateurs que se distinguent de cette machine celles que nous étudierons plus tard sous le nom de machines de Wallace Farmer et de Lontin. Il est curieux qu'on n'ait pas prêté dans l'origine une plus grande attention à cette machine, et que ce soit M. Ladd qui ait bénéficié, du moins comme réputation, de la nouveauté de cette combinaison. Du reste, depuis le procès intenté à ce dernier par M. Wilde, aucune machine Ladd à lumière n'a été construite, et on m'a assuré même que le modèle exposé en 1867 a été le seul qui ait été exhibé par lui.

Machine de Ladd. — Peu de temps après l'invention de la première machine de Wilde, M. Wheatstone, pensant qu'en reportant l'effet sur la cause il pouvait suffire d'une première aimantation très minime communiquée à un électro-aimant pour augmenter indéfiniment sa force, imagina de faire circuler à travers son hélice magnétisante le courant induit qui pouvait en résulter, et fut conduit à supprimer dans la machine de Wilde le système électro-magnétique, et à le remplacer par l'action *momentanée* d'une pile très faible. Cette pile, en effet, faisait naître une première aimantation dans l'électro-aimant inducteur, et, y laissant une certaine quantité de magnétisme condensé ou rémanent, fournissait la cause initiale du dégagement électrique appelé à réagir d'une manière plus énergique. Il résultait donc de ce système un accroissement successif de force de l'électro-aimant inducteur et, par suite, un renforcement du courant d'induction qui ne pouvait avoir pour limite que la saturation maxima de l'électro-aimant et la résistance mécanique opposée au mouvement du moteur. Cette idée, longuement développée par M. Wheatstone dans un mémoire lu à la Société royale de Londres, le 14 février 1867, ne tarda pas à être perfectionnée par MM. Siemens et Ladd, qui imaginèrent, le premier, de supprimer la pile d'amorcement dont M. Wheatstone se servait pour mettre

en marche son appareil, admettant que le simple magnétisme rémanent du fer ou l'action magnétique du globe terrestre pouvait suffire pour déterminer la première induction, le second, de séparer les effets d'induction produits de manière à les confiner dans deux circuits différents. En conséquence, l'induction s'effectuait à la fois sur deux bobines différentes ; l'un des courants produits par l'une de ces bobines était utilisé à renforcer successivement l'énergie de l'électro-aimant inducteur, et l'autre courant fournissait le travail. Cette combinaison n'était d'ailleurs autre que celle de M. Wilde, comme on l'a vu. Au premier moment on crut qu'elle réalisait de très grands avantages, surtout pour la lumière électrique, car on pensait qu'un courant de travail aussi variable dans son intensité devait, en passant en entier à travers l'électro-aimant inducteur, accroître les effets des variations dans le rapport du simple au carré, puisque les forces électro-magnétiques sont proportionnelles aux carrés des intensités du courant ; mais les expériences nombreuses faites depuis par MM. Gramme et Lontin démontrèrent qu'on avait infiniment plus d'avantages à faire passer intégralement le courant induit à travers l'inducteur ; de sorte qu'aujourd'hui on en est revenu à la disposition primitive de M. Siemens, et, ce qui est le plus curieux, c'est qu'une polémique assez vive a été engagée à ce sujet par M. Lontin, qui croyait avoir découvert ce mode d'action [1].

Quoi qu'il en soit, la machine de Ladd avait été considérée en 1867 comme une des merveilles de l'Exposition, et cette admiration tenait surtout aux petites dimensions de l'appareil. A cette époque, en effet, on était habitué aux grandes machines de l'*Alliance* et de Holmes, et une ma-

[1] Il paraîtrait que M. Siemens aurait imaginé son appareil en même temps que M. Wheatstone, et en aurait donné connaissance à la Société royale de Londres le même jour.

chine de 70 à 80 centimètres de longueur sur 35 à 40 centimètres de largeur et de 20 à 30 d'épaisseur, capable de produire une lumière électrique relativement intense, était bien faite pour étonner. Néanmoins la vitesse considérable de rotation qu'on était obligé de donner à la machine et la grande chaleur qui s'y trouvait développée démontrèrent bientôt que la solution du

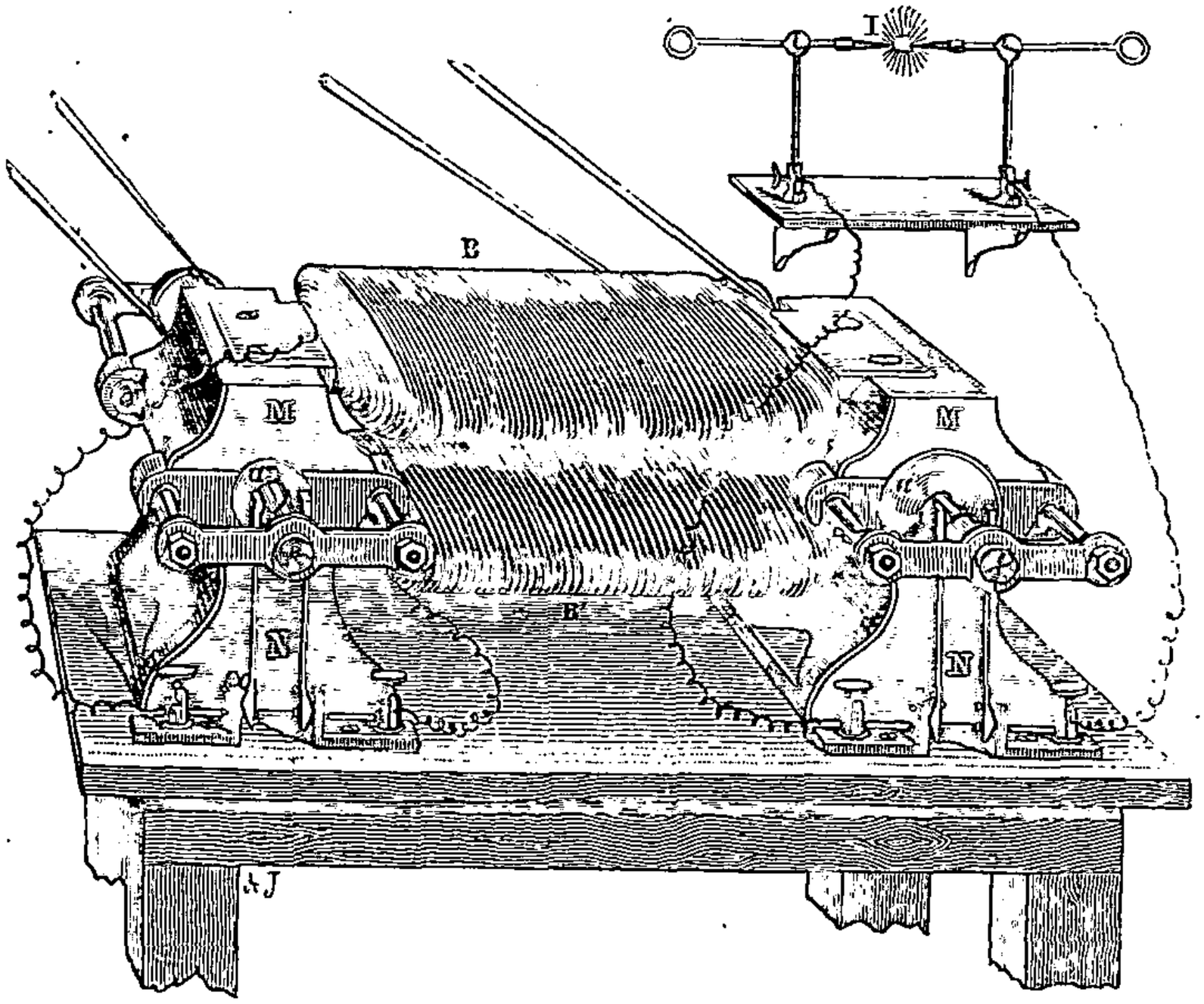


FIG. 14.

problème de la production économique de la lumière électrique était loin d'être obtenue de cette manière. Mais le principe du système dynamo-électrique fut considéré en lui-même comme un acheminement, et nous verrons qu'en effet les machines de Gramme, de Lontin, de Brush, de Wallace Farmer, l'ont toutes mis à contribution.

La machine de Ladd, que nous représentons fig. 14,

n'était en quelque sorte qu'une machine de Wilde renversée horizontalement, et dont la partie supérieure était remplacée par un second système de bobine tournante semblable à celui de la partie inférieure. Conséquemment, l'inducteur était représenté par les deux bobines plates horizontales B, B', et les bobines induites étaient disposées aux deux extrémités, en *a*, *a'*, à l'intérieur de deux bâtis en fer NM, NM, composés de deux parties formant les appendices polaires des noyaux magnétiques B, B'. L'une de ces bobines *a*, plus petite que l'autre, était destinée à animer l'électro-aimant inducteur, et l'autre bobine *a'* fournissait le courant de lumière. Ces courants étaient d'ailleurs recueillis, comme dans la machine de Wilde, au moyen de frotteurs que l'on voit sur la figure en avant du bâti NM, NM.

Afin que le système pût bénéficier des effets plus énergiques de l'électro-aimant quand il agit comme aimant en fer à cheval, et, en même temps, pour ne pas diviser la force inductrice, les deux bobines étaient disposées de telle manière que, quand les parties de fer de la bobine *a* se trouvaient placées en face des appendices polaires qui lui correspondaient, ces mêmes parties de fer de la bobine *a'* se trouvaient dans une position perpendiculaire, par conséquent dans celle où, abandonnant les appendices polaires qui avaient agi sur elles, les courants induits directs étaient produits.

Naturellement les deux bobines étaient mises en mouvement par deux courroies commandées par le même tambour.

Avec la machine qui figurait à l'exposition de 1867 et dont les dimensions étaient si médiocres, le courant transmis extérieurement était équivalent à celui de 25 ou 30 éléments Bunsen. Il pouvait, comme nous l'avons dit, alimenter d'une manière un peu discontinue, il est vrai, un régulateur de lumière électrique de Foucault de moyen modèle.

Machine de Gramme. — La machine Gramme, donton a beaucoup parlé dans ces derniers temps, et qui a fourni les effets les plus considérables, avait été combinée dans l'origine, du moins quant à sa disposition générale, par M. Paccinotti de Pise et par M. Worms de Romilly, comme l'attestent, d'un côté une description de cette machine publiée par le premier dans le *Nuovo Cimento* de 1860, et d'un autre côté un brevet pris par le second le 3 mars 1866[1].

Ce n'est, en effet, qu'en 1870 que la machine Gramme a été exécutée; mais le principe des combinaisons de courants, dans cette machine, était tout à fait différent de celui qui a été appliqué dans les deux qui l'ont précédée, et c'est ce qui fait que l'une a fourni des résultats inattendus, alors que les deux autres sont restées dans les conditions des machines ordinaires. Nous ne nous occuperons, en conséquence ici, que de la machine Gramme qui est du reste aujourd'hui la plus répandue de toutes les machines dynamo-électriques.

La machine Gramme, comme la plupart des machines importantes, a subi depuis son origine de nombreuses transformations, et aujourd'hui encore on en construit de plusieurs modèles qui ont été combinés pour les applications spéciales qu'on veut en faire; mais, comme nous n'avons à considérer ici que des appareils à lumière, nous ne décrirons que le modèle le plus généralement employé et qui est représenté fig. 15.

Cette machine est fondée sur les effets que nous avons décrits page 47 et qui résultent des interversions successives des polarités d'un corps magnétique passant rapidement devant l'inducteur et surtout des courants induits qui se produisent au passage des spires de l'hélice induite devant ce même inducteur. Pour obtenir ces effets d'une manière continue, on a dû disposer les éléments

[1] Voir la description de cette machine dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. II, p. 222.

électro-magnétiques appelés à les fournir, de façon que l'action inductrice ne fût jamais interrompue, et l'on s'est trouvé conduit à les disposer en cercle. On a donc pris un anneau de fer, et après l'avoir enroulé transversalement d'une hélice qui l'enveloppait entièrement, on l'exposa à l'action d'un inducteur, d'abord magnétique, puis ensuite électro-magnétique. On devait, d'après les effets

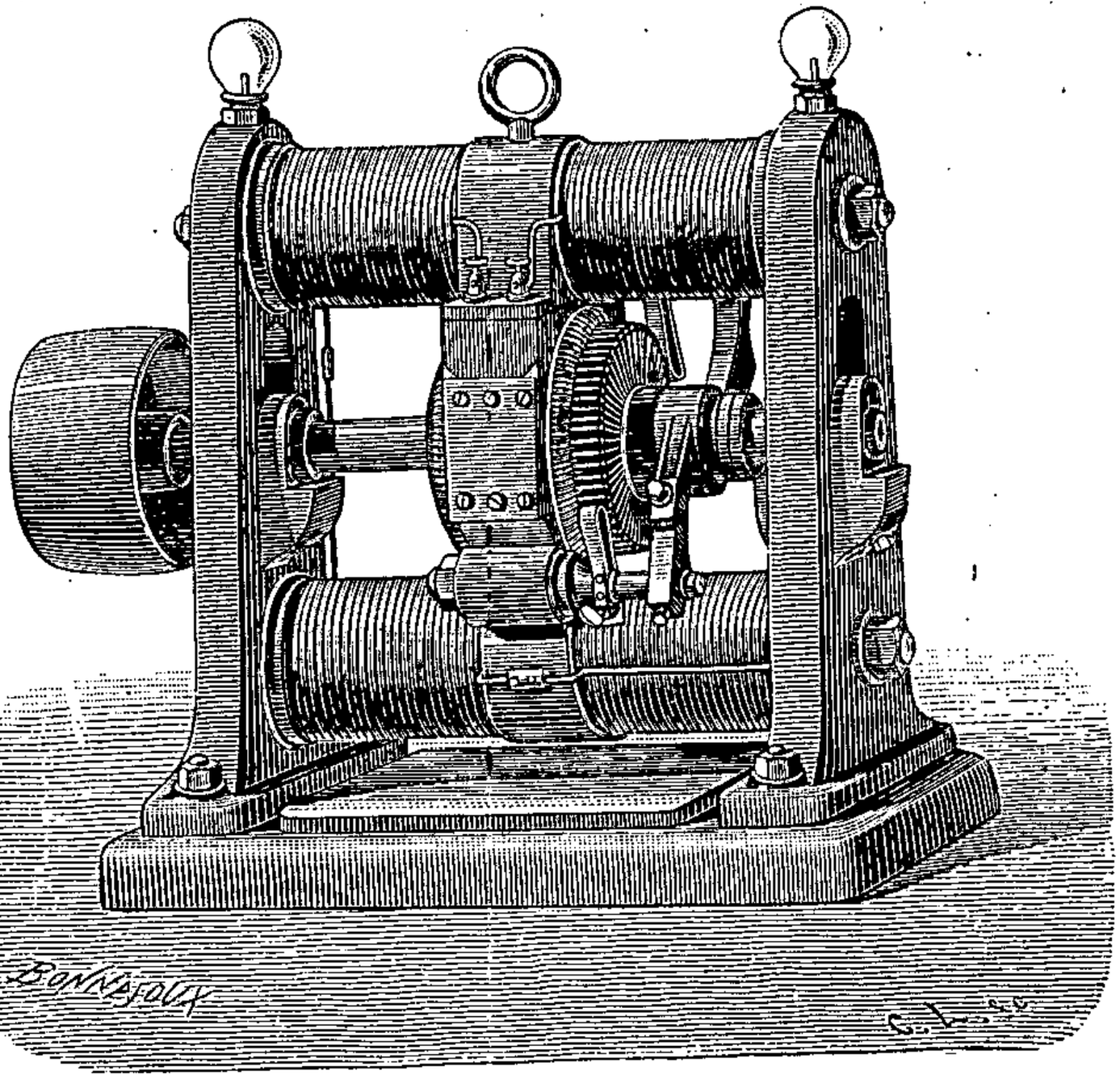


Fig. 15.

exposés page 49, obtenir sans commutateur des courants continus dont le sens devait dépendre de celui du mouvement de rotation. Mais on ne tarda pas à reconnaître que des réactions contraires se produisaient, et l'on fut conduit à diviser l'hélice entourant l'anneau de fer en sections différentes, afin de pouvoir les combiner comme les éléments d'une pile, et de pouvoir faire réagir sur l'anneau les deux pôles d'un inducteur électro-ma-

gnétique puissant. Dans ces conditions, en effet, on pouvait établir sur les fils de jonction des diverses sections de l'hélice des fils de dérivation communiquant à des lames disposées autour d'un manchon circulaire sur lequel pouvaient appuyer deux ressorts collecteurs du courant, et ces ressorts se trouvant, de cette manière, placés dans les conditions d'une dérivation établie entre deux générateurs égaux réunis par leurs pôles de même nom, devaient transmettre le courant dans le circuit sans qu'on eût à produire aucunes inversions et, par conséquent, sans commutateur. Cette idée était fort belle, et c'est même en elle que gît surtout l'invention de M. Gramme; nous verrons plus tard qu'elle a été appliquée à presque toutes les nouvelles machines dynamo-électriques à courant continu, ce qui en prouve l'importance.

Les effets qui se produisent dans la machine de Gramme sont toutefois assez complexes et se rapportent à plusieurs causes, dont la principale, comme nous l'avons vu, est l'action produite par les pôles magnétiques sur les différentes spires des hélices induites; mais cette action elle-même est double, car elle peut résulter du passage des hélices devant ces pôles, et d'une action analogue à un déplacement de celle-ci le long d'un anneau polarisé d'une manière différente en ses différents points. Étudions d'abord le premier effet en nous reportant à la figure 16 qui représente théoriquement l'ensemble d'une machine Gramme, et supposons pour le moment qu'il y a un anneau de bois au lieu d'un anneau de fer. Quand l'une des hélices E s'approchera du pôle S en tournant de droite à gauche, il se développera un courant qui devra, d'après la loi énoncée page 49, être *direct*. Si le mouvement, au lieu de se continuer, s'effectuait en arrière, on aurait encore, d'après la même loi, un nouveau courant qui serait *inverse* et, par conséquent, en sens contraire du premier; mais, si le mouvement se continue dans le même sens, il

n'en sera plus ainsi, car, quand l'hélice E aura dépassé le point S, le pôle agira sur elle par son bout opposé ; de sorte qu'au lieu d'un courant de sens contraire il se produira un courant de même sens qui ira en décroissant jusqu'en E′ ; en ce moment l'hélice se rapprochera du pôle N, mais celui-ci, réagissant sur le bout antérieur de l'hélice, c'est-à-dire sur le bout qui marche en avant, créera un courant qui, au lieu d'être du même sens que celui produit quand l'hélice s'approchait de S, sera de sens inverse, puisque ce pôle est de nom contraire. Après avoir dépassé N, l'hélice voyageuse sera influencée par le pôle N à son bout postérieur, et un nouveau courant de

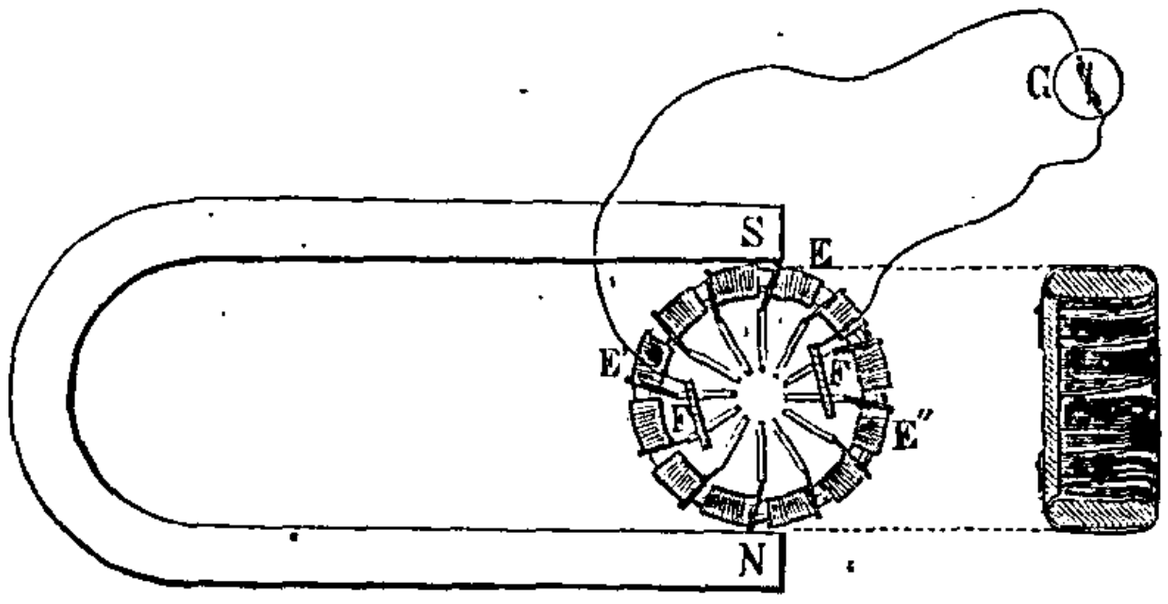


Fig. 16.

même sens que le dernier se produira jusqu'au point E″, où des courants directs se manifesteront de nouveau. Ces effets se reproduisant pour toutes les hélices, celles qui occupent la partie supérieure de l'anneau se trouvent sillonnées, à un moment donné, par des courants dans un certain sens qui varie suivant l'enroulement des hélices et le sens du mouvement, et les hélices qui occupent la partie inférieure sont sillonnées par des courants de sens précisement inverse ; mais, comme aux deux points où se fait la rencontre de ces deux courants opposés le circuit présente une dérivation par les frotteurs F et F′ réunis au circuit extérieur F G F′, ils s'écoulent à travers cette dérivation réunis en quantité.

Examinons maintenant ce qui résulte du mouvement de ces hélices par rapport au magnétisme développé dans l'anneau, et pour fixer les idées nous devrons considérer qu'un électro-aimant annulaire tournant entre les deux pôles magnétiques N, S, d'un aimant en fer à cheval, se trouve magnétisé de telle façon, que le système semble être constitué par deux aimants hemi-circulaires réunis l'un à l'autre par leurs pôles de même nom : d'où il résulte que sur la ligne équatoriale, c'est-à-dire sur le diamètre perpendiculaire à la ligne joignant les deux pôles de l'aimant inducteur, il existe deux régions neutres, et que l'hélice magnétique est enroulée de gauche à droite pour l'un des côtés de l'anneau, et de droite à gauche pour l'autre côté. Or examinons ce qui se passe quand on fait mouvoir devant un pareil système magnétique des hélices de petite longueur, comme celles dont il a été question précédemment, et suivons comme nous l'avons déjà fait la marche de la petite hélice E, en supposant que l'anneau de fer est immobile. En partant de la ligne neutre de droite pour se diriger vers le point S, cette hélice va s'éloigner de la *résultante* de toutes les spires magnétiques de la partie droite de l'anneau qui correspond à sa ligne neutre, et il se développera en elle un courant induit qui sera *direct*, comme dans le cas où elle se serait approchée sans anneau magnétique du pôle S. Quand elle aura dépassé la partie supérieure de l'anneau, elle se rapprochera de la *résultante* des spires magnétiques de la partie gauche de cet anneau, et devrait engendrer un courant *inverse;* mais, en raison du sens différent de son enroulement, ce courant traversera le circuit dans le même sens que le premier courant produit, et ce ne sera qu'à partir de la ligne neutre de gauche que ces effets changeront. Alors l'hélice se trouvera subir les mêmes réactions que celles que nous avons précédemment étudiées. On aura donc ainsi deux courants qui se superposeront et auxquels se joindront les courants résul-

tant des interversions des polarités; car ces polarités constantes que nous avons supposées dans l'anneau n'existent pas, puisque celui-ci tourne avec les hélices, et elles ne peuvent conserver une distribution stable dans le système magnétique que par leur interversion continuelle aux différents points de l'anneau. On observera que les courants qui en résultent doivent alors être de même sens que ceux déterminés par l'action directe des pôles magnétiques, car ils sont de même nature que ceux qui résulteraient du déplacement des pôles magnétiques eux-mêmes, et ils devraient être *directs* pour les hélices qui s'avancent vers eux et *inverses* pour les hélices qui s'en éloignent; mais, comme celles-ci se présentent à l'inducteur d'une manière inverse, l'effet définitif se produit dans le même sens.

On a prétendu que l'anneau de fer remplissait encore, dans la machine Gramme, d'autres fonctions peut-être même plus importantes que celles que nous venons d'analyser. Ainsi plusieurs physiciens admettent qu'il peut empêcher des inductions nuisibles en servant d'écran à l'action de l'inducteur sur les parties des spires des hélices mobiles qui ne lui font pas face. D'un autre côté, on croit qu'en servant d'armature aux pôles magnétiques il surexcite considérablement leur énergie et concentre l'action. Bien qu'il puisse y avoir du vrai dans ces allégations, nous ne voyons pas que les avantages de l'anneau de fer soient si importants, puisque la machine Siemens qui n'en a pas donne des effets considérables.

Comme le fer est susceptible d'une aimantation bien supérieure à celle que peut conserver l'acier trempé, et que la force des électro-aimants est d'ailleurs infiniment plus énergique que celle des aimants permanents, M. Gramme a combiné son système de bobine d'induction annulaire au système magnéto-électrique de Ladd dans lequel la bobine de Siemens se trouve alors supprimée; et pour donner plus de force à cette disposition, il a

constitué le système électro-magnétique avec un double système d'électro-aimants dont les branches sont opposées l'une à l'autre par leurs pôles de même nom. Il en résulte, au milieu du système, deux pôles conséquents d'une très grande énergie, et c'est entre ces pôles, qui se trouvent prolongés et contournés circulairement de manière à l'emboîter, que se trouve adaptée la bobine annulaire, dont l'axe de rotation porte le collecteur des courants, comme on le voit fig. 15.

Dans les premières machines de Gramme, on employait deux anneaux, dont l'un était réservé, comme dans le système de Ladd, à l'aimantation du système électro-magnétique. Mais, comme nous l'avons déjà dit, on dut supprimer bientôt cet anneau, et l'on fit passer le courant induit tout entier à travers ce système, ce qui augmenta considérablement les effets. Dès lors, les machines n'eurent plus qu'un seul anneau, mais on lui donna une grande largeur, comme on le voit figure 17, et l'anneau lui-même, au lieu d'être constitué par une pièce de fer massive, fut formé par la réunion d'un grand nombre de fils de fer, comme dans les machines d'induction voltaïque.

La figure 17 qui représente une coupe de cet anneau indique la manière dont les divers tronçons de l'hélice induite sont enroulés sur lui. Les fils de jonction a, a, a de ces divers tronçons sont, comme on le voit dans la partie supérieure de la figure, soudés à des lames R, R, qui viennent se placer, les unes à côté des autres, autour de l'arbre moteur, et constituent une sorte de manchon sur lequel appuient les deux ressorts du collecteur, lesquels sont constitués par des espèces de pinceaux en fils métalliques, soutenus par des supports que l'on distingue à droite de l'anneau, dans la figure 15. Naturellement ces lames sont séparées par des plaques d'ébonite, pour les isoler électriquement. Dans la fig. 15, les électro-aimants inducteurs sont placés horizontalement en haut et en bas

de la machine, et leurs épanouissements polaires se voient dans les parties métalliques qui enveloppent l'anneau, et qui servent en même temps de supports aux tiges des frotteurs et aux boutons d'attache des fils du circuit induit.

Les machines Gramme, du dernier modèle, n'ont guère que 65 centimètres de longueur, 41 centimètres de largeur et 50 centimètres de hauteur; elles pèsent 175 kilog., et, pour une force de 2 chevaux et demi, avec une vitesse de rotation de 850 tours par minute, elles donnent

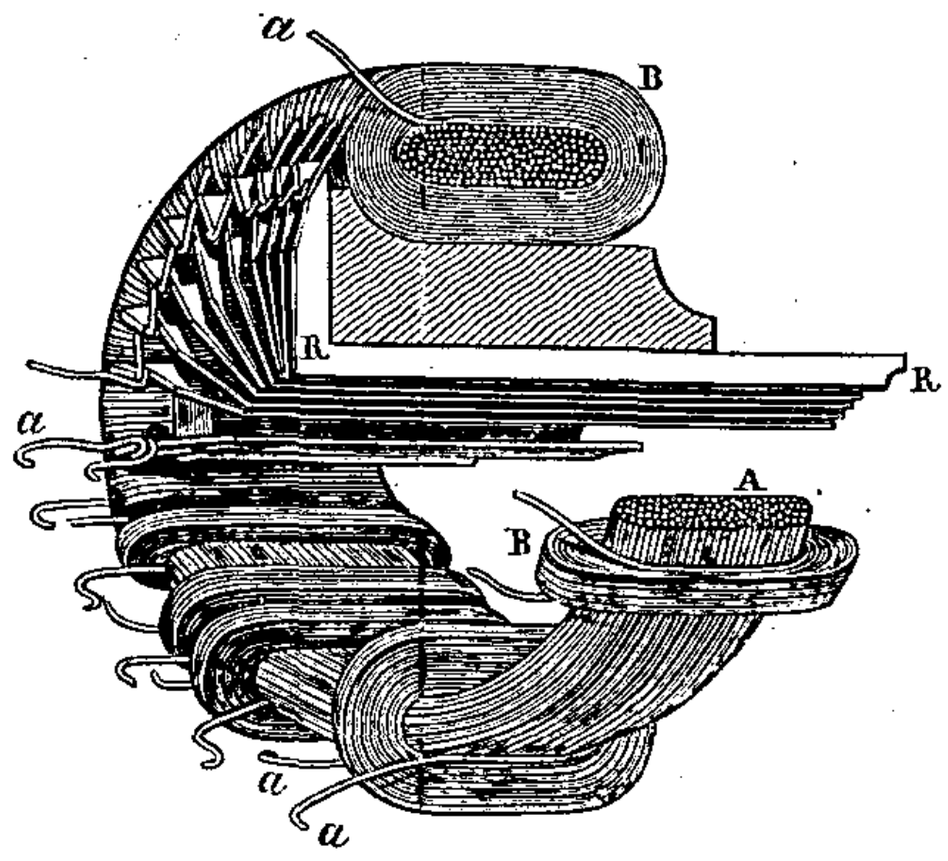


Fig. 17.

une lumière électrique équivalente à 2590 candles ou 270 Carcels.

Nous verrons plus tard que M. Gramme a combiné un autre système de machines pour fournir des courants alternativement renversés et permettre de diviser l'action de la machine, en fournissant le courant dans plusieurs circuits distincts. C'est ce dispositif qui a permis d'illuminer l'avenue de l'Opéra au moyen des bougies Jablochkoff.

Nous ne parlerons des autres modèles de la machine Gramme qu'au chapitre des applications de la lumière électrique. On pourra d'ailleurs avoir tous les détails

nécessaires, à cet égard, dans l'ouvrage de M. Fontaine intitulé *l'Éclairage à l'électricité.*

Machine de Siemens. — La machine de MM. Siemens et Hafner-Alteneck, que nous représentons figure 18, et qui a fourni, dans les expériences comparatives faites en Angleterre, les meilleurs résultats, est fondée à peu près sur le même principe que celle de Gramme, bien qu'au

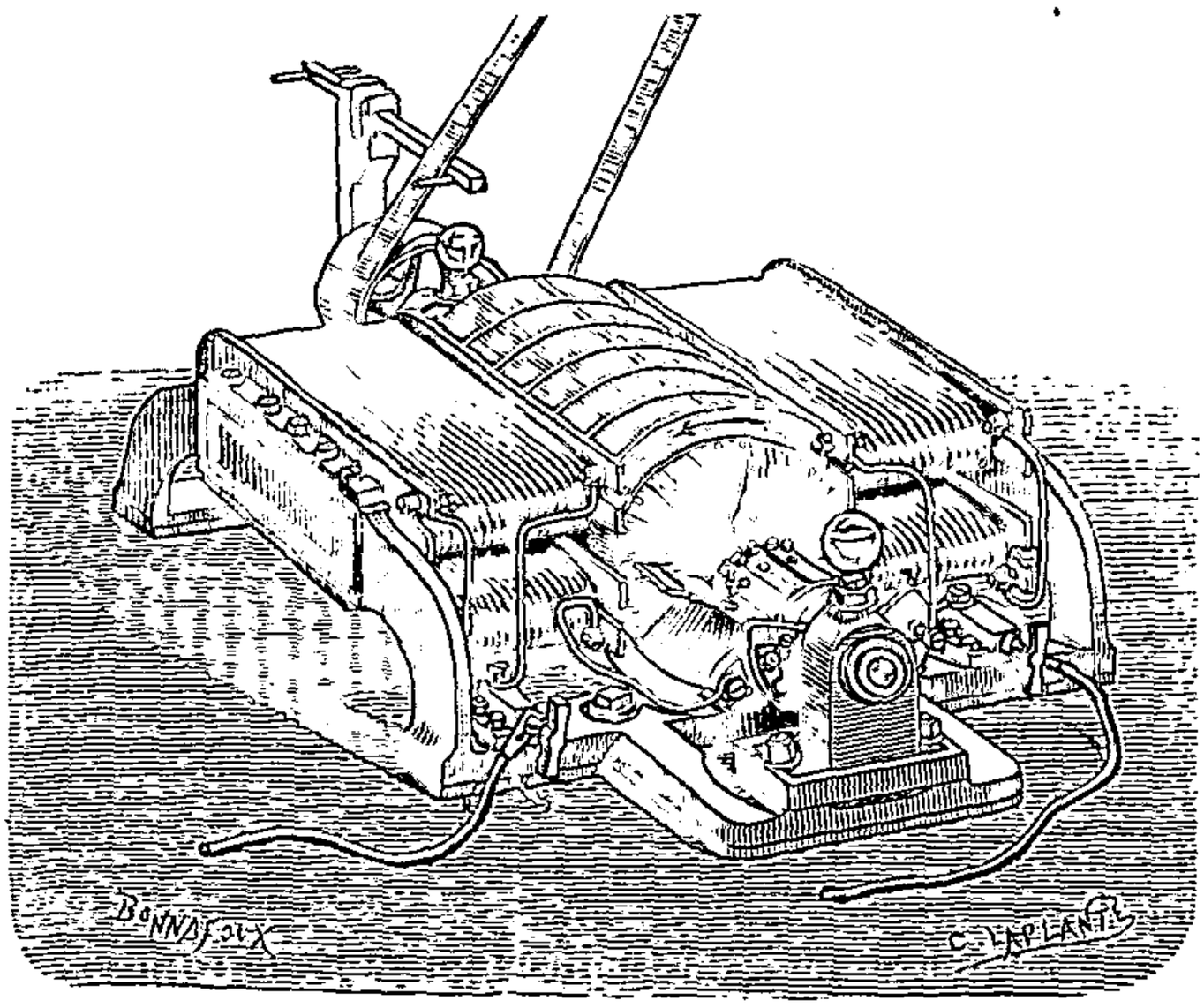


FIG. 18.

premier abord elle ne paraisse être qu'une modification du système à bobine allongée de M. Siemens, que nous avons déjà vu mettre à contribution dans les machines de Wilde et de Ladd. Dans ce nouveau système, en effet, la bobine cylindrique destinée à recevoir l'induction est de grand diamètre et se trouve essentiellement constituée par un cylindre tournant de cuivre, sur lequel sont enroulées, parallèlement à ses génératrices ou à son axe, un certain nombre d'hélices (quatre) juxtaposées et dis-

posées comme les hélices d'un galvanomètre. Ces hélices sont réunies en tension, mais des lames métalliques réunissent leur fil de liaison à une série de plaques disposées autour d'un manchon en matière isolante, fixé sur l'axe de rotation du cylindre, et sur lesquelles appuient, comme dans la machine Gramme, deux frotteurs à fils métalliques qui transmettent les courants fournis par la machine. Ce cylindre est enveloppé par les pôles épanouis d'un système dynamo-électrique à travers lequel passe le courant induit tout entier, et ces pôles hémicirculaires sont fendus d'un certain nombre de rainures, pour faciliter les désaimantations. Les branches des électro-aimants sont d'ailleurs constituées par des lames de fer, plus larges que longues, réunies deux par deux par les pièces de fer qui servent de bâti à l'appareil et qui en forment les culasses.

Enfin, à l'intérieur du cylindre de cuivre, se trouve placée, en face des pôles magnétiques de l'inducteur, une carcasse de fer terminée par des lames arquées du même métal, qui, en constituant en quelque sorte les armatures du système électro-magnétique inducteur, en surexcitent considérablement la puissance.

Dans ces conditions, les courants induits sont dus à l'action dynamique que nous avons exposée page 75, c'est-à-dire au mouvement des hélices galvanométriques devant l'inducteur, seulement les deux pôles de l'inducteur agissent alors simultanément sur chaque hélice, et comme cette double action s'effectue sur les deux parties opposées de ces hélices dans lesquelles le courant a forcement une direction contraire par rapport à l'axe de figure, les deux effets conspirent dans le même sens. Le changement de direction des courants s'effectue, d'ailleurs, comme dans la machine Gramme, au milieu de l'espace interpolaire, et c'est là que sont appliqués les deux frotteurs du collecteur. Il est facile de comprendre que les courants d'interversion polaire n'entrent pour rien

dans cette machine, et, comme je le disais, la carcasse de fer ne joue que le rôle de renforceur de l'action électro-magnétique. On pourrait donc, au besoin, s'en passer, et c'est ce qui distingue surtout ce système de celui de Gramme, puisque dans ce dernier l'anneau de fer, outre qu'il est utile à l'action inductrice effective, sert de carcasse pour le soutien des hélices.

Dans la machine dont nous parlons, les frotteurs à balai qui servent de collecteurs au courant induit sont portés par une sorte de bascule qui permet, par une simple inclinaison dans un sens ou dans l'autre, et par une permutation de fils, de fournir les courants induits dans le sens qu'on désire.

M. Siemens a encore combiné un système de machine magnéto-électrique disposé à peu près dans les mêmes conditions que la machine précédente, et qui n'en diffère qu'en ce qu'au lieu des électro-aimants inducteurs, ce sont des faisceaux de barreaux aimantés, séparés les uns des autres et réunis par de fortes culasses de fer, ayant pour largeur la longueur de la bobine induite. La machine présente en plus un commutateur à 4 frotteurs.

Machine de M. de Méritens. — A en juger par le nombre de bougies électriques que cette machine peut allumer, on pourrait croire qu'elle constitue le générateur magnéto-électrique le plus puissant pour une force motrice donnée. Elle pourrait, en effet, avec une force motrice ne dépassant pas un cheval-vapeur, maintenir allumées indéfiniment trois bougies Jablochkoff, sans exiger de la part du moteur une vitesse de plus de 700 tours par minute, et sans produire d'échauffement appréciable ; mais la lumière fournie par ces bougies ne semble pas être aussi forte que celle des bougies alimentées par les machines Gramme, et jusqu'à ce que des mesures précises soient données, on ne peut préjuger définitivement de la puissance relative de ce générateur. Cette machine est

magnéto-électrique, et fournit comme celle de l'*Alliance* des courants renversés. Mais elle ne demande, pour produire le même effet, que huit aimants d'Alvarre au lieu de quarante-huit, et seulement un quart de la force motrice. C'est, du moins, ce que dit M. de Méritens.

Les effets avantageux de ce genre de machine résultent de ce qu'aux courants d'induction déterminés dans l'an-

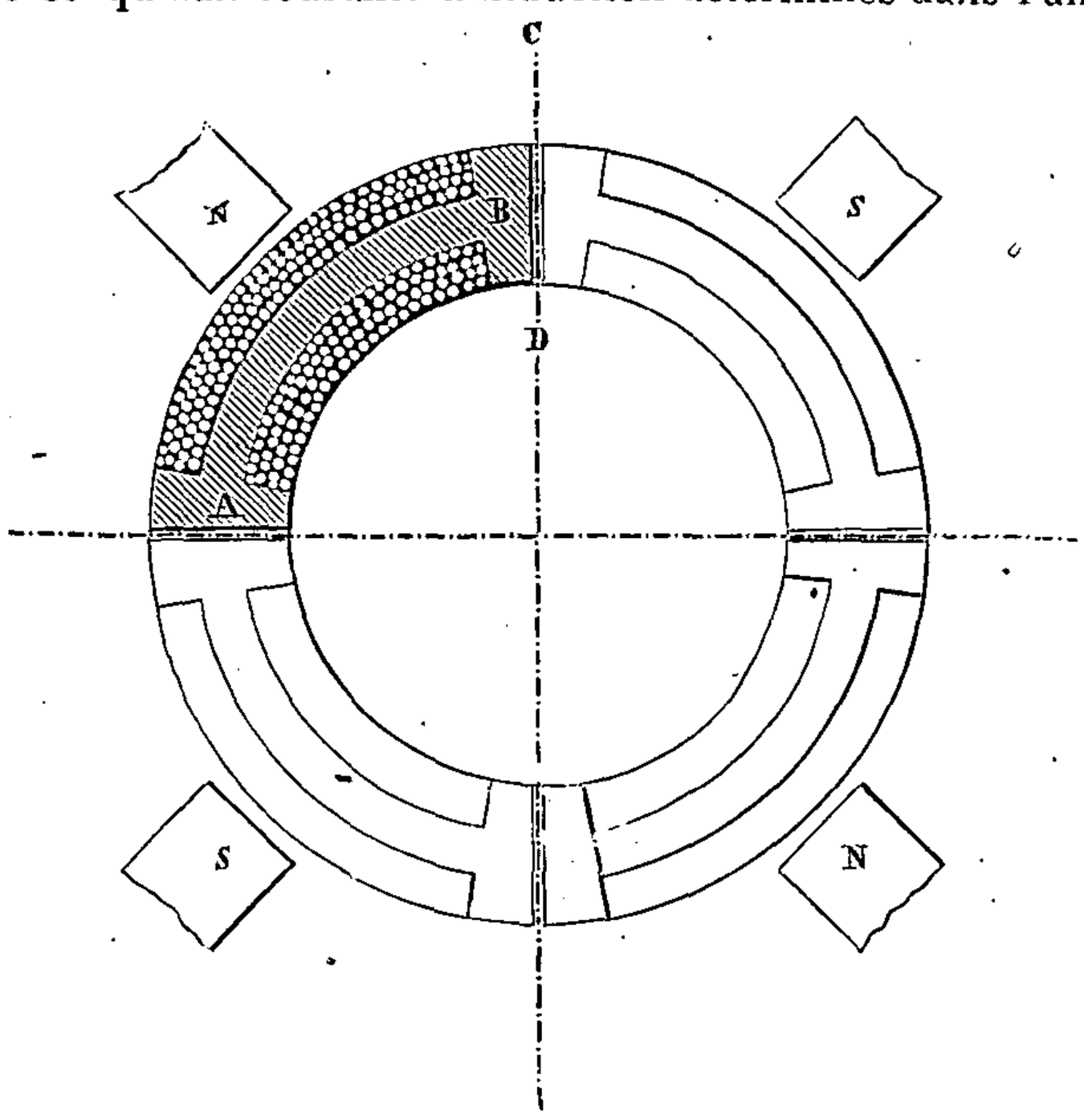


Fig. 19.

neau des machines Gramme sont ajoutés ceux qui se produisent dans les machines magnéto-électriques ordinaires.

Pour qu'on puisse la comprendre, imaginons un anneau Gramme (fig. 19) divisé, par exemple, en quatre sections, isolées magnétiquement l'une de l'autre, et constituant, par conséquent, quatre électro-aimants arqués, placés bout à bout. Imaginons que le noyau de fer de chacune de ces sections soit terminé à ses deux extrémités par une

pièce de fer A, B, formant comme un épanouissement de ses pôles, et supposons que toutes ces pièces, réunies par l'intermédiaire d'une pièce de cuivre CD, constituent un anneau solide autour duquel sont disposés des aimants permanents N, S, N, S avec leurs pôles alternés de l'un à l'autre. Examinons ce qui se passera quand cet anneau accomplira un mouvement de rotation sur lui-même, et voyons d'abord les effets qui résulteront, par exemple, du rapprochement du pôle épanoui B, quand, marchant de gauche à droite, il s'approchera de N. A ce moment, il se développera dans l'hélice électro-magnétique de AB un courant induit d'aimantation, comme dans une machine de Clarke. Ce courant sera instantané et de sens inverse aux courants particulaires d'Ampère de l'aimant inducteur. Il sera très énergique, en raison de la proximité de B du pôle N; mais l'anneau, en s'avançant, va déterminer entre le pôle N et le noyau AB une série de déplacements magnétiques, qui donneront naissance à une série de courants d'interversion polaire, qui se manifesteront de B en A. Ces courants seront directs, par rapport aux courants particulaires de N, mais ils ne sont pas instantanés, et vont en croissant d'énergie de B en A. A ces courants se joindront simultanément les courants d'induction dynamique résultant du passage des spires de l'hélice devant le pôle N. Quand A abandonnera N, un courant de désaimantation se produira, égal en énergie et de même sens que le courant d'aimantation résultant du rapprochement de l'épanouissement B du pôle N. L'effet est, en effet, alors produit à une extrémité différente du noyau magnétique, et l'hélice se présente à l'action d'induction d'une manière inverse. Donc, courants induits inverses de l'inducteur, par le fait du rapprochement et de l'éloignement des appendices B et A, courants induits directs, pendant le passage de la longueur du noyau AB devant l'inducteur, courants induits directs résultant du passage des spires devant N. Toutes les causes d'induc-

tion se trouvent donc ainsi réunies dans cette combinaison.

On remarquera que l'action que nous venons d'étudier pour une seule section de l'anneau peut s'effectuer en

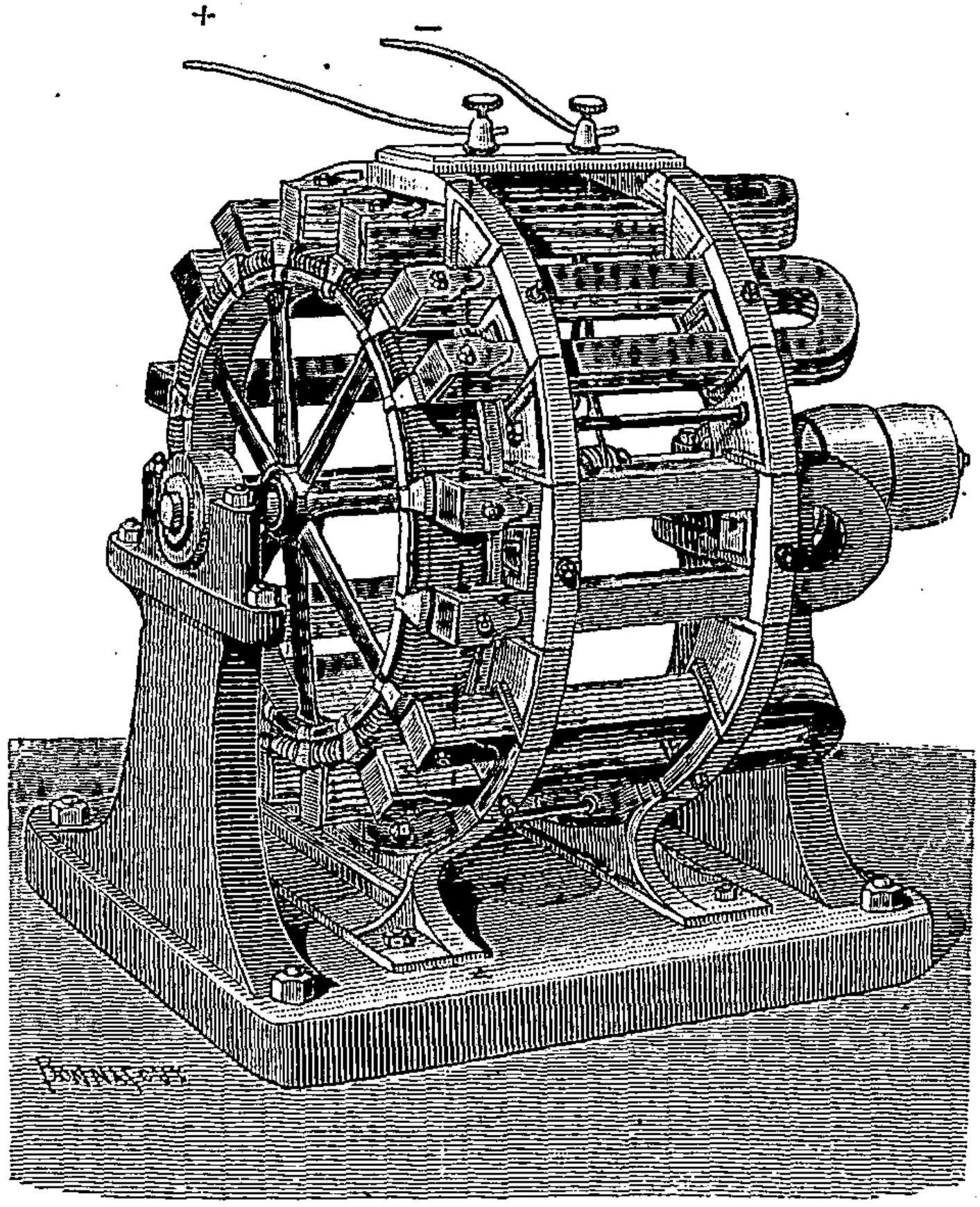


FIG. 20.

même temps pour toutes les autres, et qu'il s'y ajoute encore les courants résultant de la réaction latérale des pôles A et B sur les pôles voisins.

Afin d'augmenter encore les effets d'induction, M. de

Méritens compose le noyau AB et les appendices A et B avec de minces lames de fer découpées à l'emporte-pièce, comme on le voit sur la figure, et juxtaposées en faisceau, au nombre de cinquante, ayant un millimètre d'épaisseur chacune. Les fils des hélices sont d'ailleurs reliés de manière que les courants induits puissent être associés en tension, en quantité ou en séries, suivant les conditions de l'application.

Nous n'avons considéré dans la figure théorique que

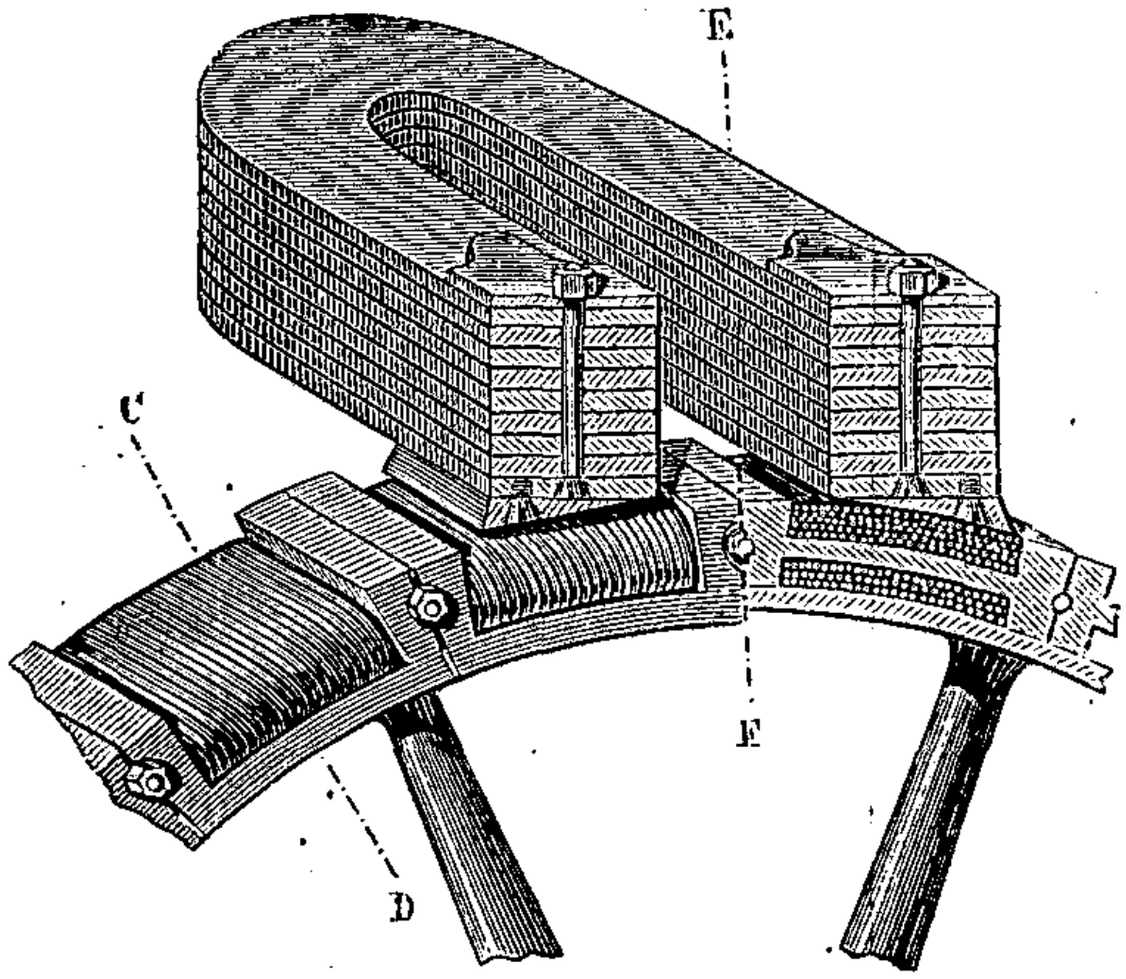


Fig. 21.

nous avons donnée que quatre sections, mais, par le fait, il y en a un plus grand nombre, et dans le modèle dont nous avons parlé il y en a seize que l'on distingue aisément fig. 20. Elles sont montées sur une roue en bronze adaptée à l'arbre du moteur.

C'est au-dessus de cette roue que se trouvent encastrés les aimants inducteurs qui sont fortement fixés sur deux carcasses en bronze où ils sont disposés horizontalement. On distingue fig. 21 la manière dont ces différents organes sont montés.

Pour peu que l'on considère le mode de disposition de l'anneau induit, on reconnaît aisément qu'il se trouve dans les meilleures conditions possibles de construction. En effet, comme chaque section est séparée, elle peut être démontée isolément, et l'on peut, par conséquent, l'enrouler de fil sans aucun embarras. Ceux qui connaissent les difficultés que présente l'enroulement de l'anneau Gramme pourront apprécier facilement cet avantage. D'un autre côté, la composition du noyau avec des lames juxtaposées, qui peuvent être découpées d'un seul coup, à l'emporte-pièce, est un énorme avantage, car ce système dispense de la précision nécessaire dans la construction de ces anneaux, toujours difficiles à maintenir parfaitement ronds. Enfin il n'y a ni commutateur ni collecteur dans la machine, et, par conséquent, aucune perte de courant.

Nous avons vu que les courants fournis par cette machine pouvaient allumer de trois à quatre bougies Jablochkoff; mais on a pu également allumer des régulateurs, et dans ce dernier cas, on a pu écarter les charbons jusqu'à cinq centimètres sans éteindre la lumière. Il est certain que ces résultats sont importants.

Machine de M. Wallace Farmer. — Cette machine, que personne ne connaissait en Europe, s'est trouvée acquérir tout à coup une certaine notoriété, à la suite du coup de bourse provoqué par la soi-disant merveilleuse découverte d'Edison, qui devait anéantir à jamais le gaz d'éclairage et ses applications. M. Edison, à cette occasion, citait à tout propos la fameuse machine génératrice de Wallace Farmer, qui devait fournir des torrents d'électricité, et chacun de s'enquérir de ce qu'était cette merveille. Or un rapport émané d'un comité désigné par l'institut de Franklin en Amérique pour l'étude comparative des différentes machines à lumière est venu tout dernièrement à propos pour satisfaire la

curiosité générale, en donnant non-seulement la description de cette machine et de celle de M. Brush, tout aussi inconnue, mais encore les chiffres des expériences entreprises par le comité, et même les conclusions de ce comité qui, malgré les résultats beaucoup plus favorables fournis par la machine Gramme, a conclu en faveur des machines américaines. Nous aurons occasion, du reste, de revenir sur ces appréciations.

La machine de M. Wallace Farmer, que nous repré-

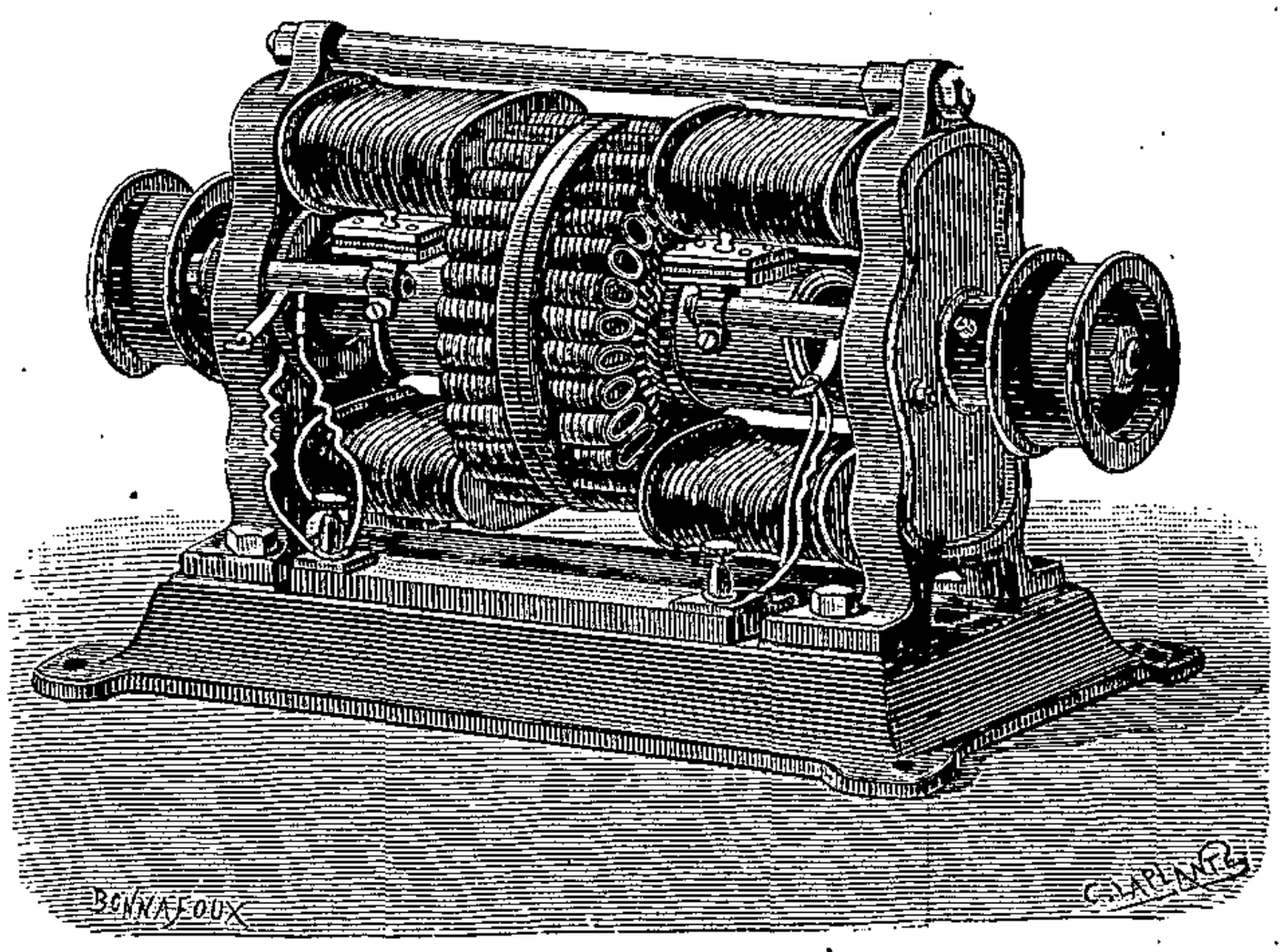


FIG. 22.

sentons fig. 22, n'est par le fait qu'une reproduction en grand de la machine de M. Wilde, dont nous avons parlé déjà, et de celle de M. Lontin, qui est fondée sur le même principe.

C'est un grand disque de fer, muni sur ses deux surfaces de deux couronnes d'électro-aïmants droits, qui tourne entre les pôles de deux gros électro-aimants à branches plates opposés par leurs pôles contraires. Les bobines, légèrement méplates, sont reliées entre elles

en tension de chaque côté du disque tournant, et les fils de jonction sont réunis à un collecteur disposé sur l'axe de rotation, comme dans le système Gramme, de manière à éviter un commutateur inverseur. Nous représentons, fig. 23, ce dispositif qui n'a absolument rien de nouveau.

Par cette disposition, on voit que la machine est double, et que chacune de ses moitiés peut agir indépendamment; mais, dans la pratique, les communications électriques sont établies de telle sorte, que les courants engendrés sont réunis, soit en quantité, soit en tension, à travers le circuit extérieur. L'inventeur croit que, par suite de la grande surface découverte que présente le disque tournant, on évite les effets de l'échauffement; mais le comité fait remarquer que cet avantage est acheté au prix d'une grande résistance qui se trouve alors opposée par l'air au mouvement de la machine, et d'ailleurs, on a pu observer dans les expériences faites devant le comité que, malgré cette ventilation, la machine s'échauffait assez pour faire fondre de la cire à cacheter.

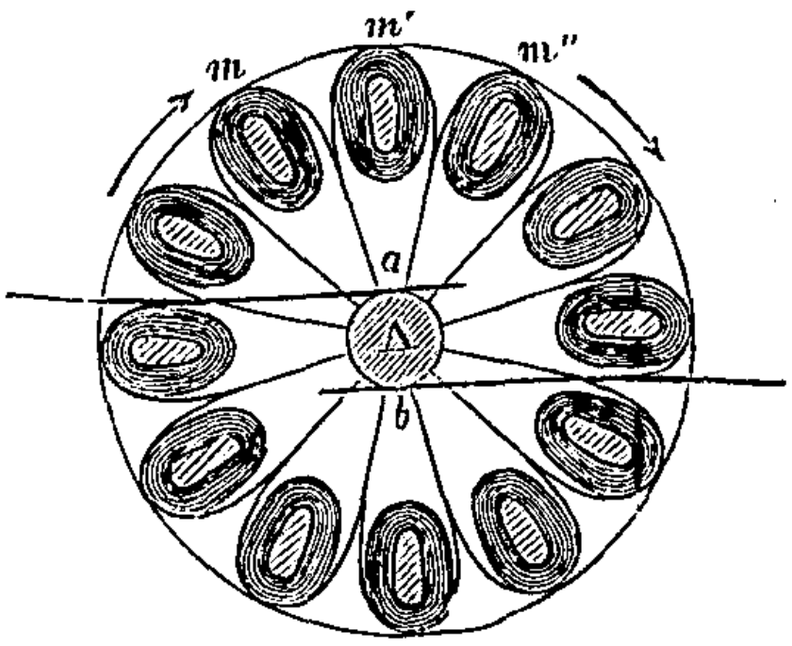


FIG. 23.

Machine de M. Brush. — La machine de M. Brush, que nous représentons figure 24, est une de celles qui ont été expérimentées par le comité de l'institut de Franklin, et c'est même à elle qu'a été dévolu le brevet de supériorité. En principe, cette machine se rapproche beaucoup de celle de M. de Méritens, quoique moins intelligemment combinée, et me rappelle les premiers essais qu'avait faits ce dernier.

En somme, cette machine consiste dans un anneau Gramme, dont les hélices, au nombre de huit seulement, sont séparées par un intervalle assez large que remplissent des pièces de fer. Cet anneau tourne verticalement entre les pôles épanouis de deux électro-aimants oblongs en fer à cheval, opposés l'un à l'autre, et disposés de façon que des pôles de même nom se trouvent en face l'un de l'autre. De cette manière, les deux moitiés de l'anneau enveloppées latéralement par ces pôles se trouvent polarisées uniformément, l'une sud, l'autre nord, et comme

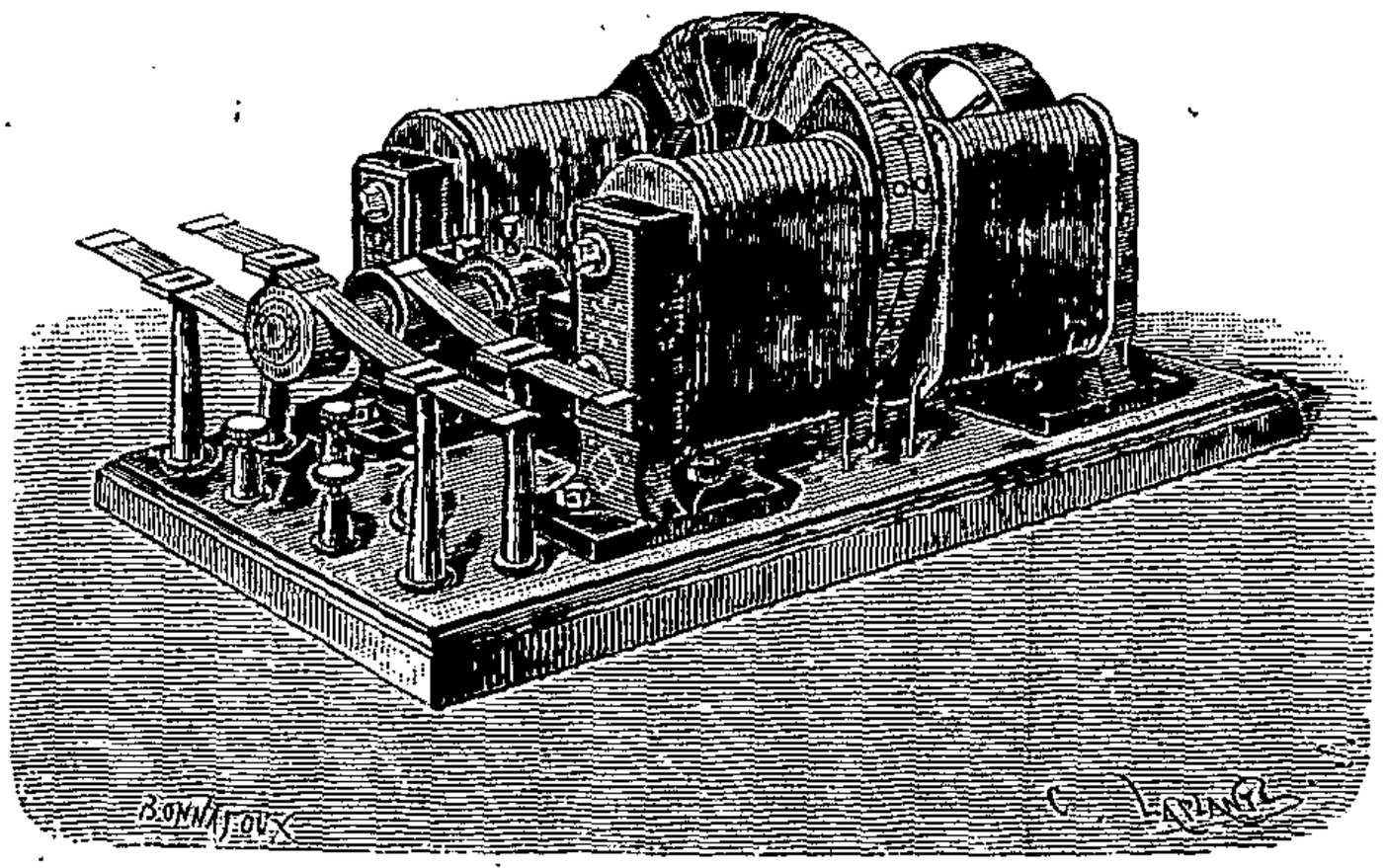


FIG. 24.

avec cette disposition il se produit des courants alternativement renversés, ainsi qu'on l'a vu quand nous avons parlé de la machine de M. de Méritens, et que de pareils courants sont impropres à la magnétisation des inducteurs dans les machines dynamo-électriques, il a fallu relier les hélices de l'anneau tournant à un commutateur inverseur, ce qui a nécessité la présence de quatre frotteurs. Ces frotteurs, que l'on distingue aisément, en avant à gauche de la figure, sont constitués, comme dans les machines Gramme, par des faisceaux de fils métalli-

ques disposés en balai. Nous indiquons fig. 25 la manière dont les fils des hélices sont réliés entre eux et au commutateur A B. Les hélices m, m' opposées sont, comme on le voit, réunies bout à bout, mais on n'a représenté ces liaisons que pour une seule paire de bobines. Afin de placer le commutateur dans une bonne position, on a fait passer le bout des fils par un axe creux, pour se rendre de là aux parties saillantes.

Le commutateur A B est combiné de telle sorte que trois paires d'hélices se trouvent toujours mises en rapport avec le circuit de la machine, travaillant en arc multiple, et la paire de bobines restante a son circuit coupé dans le plan de la ligne neutre de l'anneau.

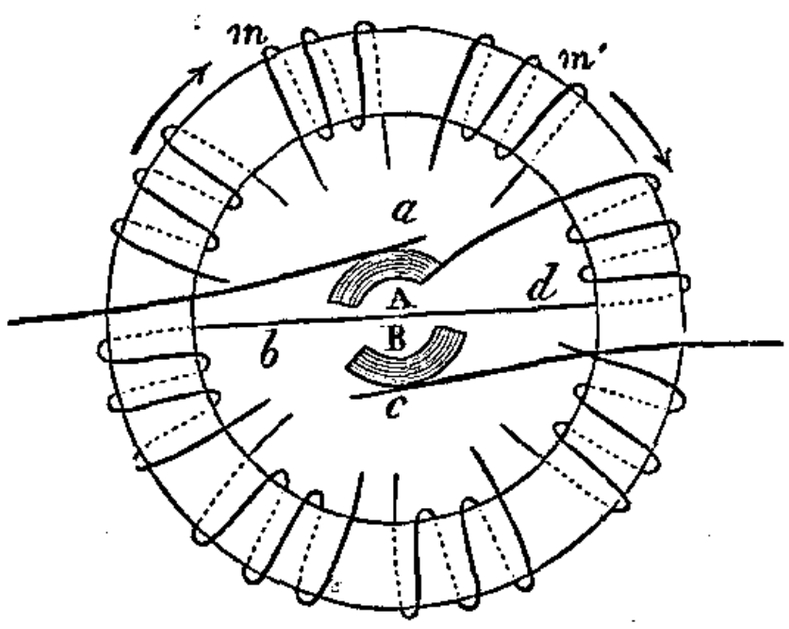


FIG. 25.

Quant au commutateur lui-même, il est constitué par des lames de cuivre a, c, fixées sur des anneaux en matière isolante et découpées comme dans les appareils ordinaires de ce genre.

Le comité fait remarquer que, grâce aux surfaces de fer qui séparent les hèlices et qui sont à découvert, l'anneau de cette machine peut perdre plus facilement sa chaleur, qui ne s'élève guère à plus de 120° Fahrenheit, malgré sa très grande vitesse de rotation. Il lui reproche cependant un bruissement assez fort, qu'il attribue à la résistance de l'air, mais qui n'est autre chose que le ronflement produit par les alternatives d'aimantation et de désaimantation des pièces magnétiques de l'anneau. Ces effets se produisent également dans les machines de MM. de Méritens et Lontin, et même, ce qui est plus curieux, ces bruits sont répétés par les bougies Jablochkoff qu'on interpose dans le circuit de ces ma-

chines. Cela est la conséquence d'un effet que nous avons expliqué dans notre ouvrage sur le téléphone, et qui se rapporte aux transmissions électro-téléphoniques.

Dans un autre modèle, il existe deux commutateurs correspondant à deux systèmes d'hélices, constitués, l'un par les hélices paires de l'anneau, l'autre par les hélices impaires. « Par ce moyen on peut, dit le rapport du comité, combiner les circuits de manière à transmettre des courants plus ou moins intenses, variant de 55 à 120 volts, ou bien répartir le courant entre deux circuits affectés séparément à la production d'un foyer lumineux. »

Nous ferons remarquer que, dans ces conditions, la machine Brush est inférieure à celle de M. de Méritens, 1° parce que, l'anneau de fer étant continu, les courants magnéto-électriques déterminés par le rapprochement et l'éloignement des pôles magnétiques perdent de leur énergie, ainsi que M. de Méritens l'a constaté lors de ses premières expériences ; 2° parce que les courants induits gagnent beaucoup à ce que les noyaux magnétiques soient constitués par des pièces de fer très minces réunies en faisceau ; 3° parce que la présence d'un commutateur inverseur entraîne beaucoup de pertes de courant.

Machine de M. Trouvé. — M. Trouvé a combiné aussi des machines dynamo-électriques fondées à peu près sur le même principe que les machines précédentes, mais dans lesquelles la réaction de l'inducteur sur l'induit s'effectue au contact des pièces magnétiques et d'une manière analogue à celle que M. Larmangeat avait mise en application, dès 1855, dans son électro-moteur à électro-aimants et armatures roulantes.

Dans l'un de ces appareils, l'inducteur est constitué par un gros électro-aimant droit, mobile horizontalement sur son axe, et dont le noyau magnétique est pourvu de deux rondelles de fer comme dans les électro-aimants circulaires de Nicklès. Sur ces rondelles roulent les extrémités

en fer d'un certain nombre de faisceaux d'électro-aimants droits, rangées circulairement, dont les pôles se trouvent de cette manière mis successivement en contact avec les pôles épanouis de l'inducteur, et déterminent, chacun, des courants d'induction qui, aboutissant à un commutateur, traversent l'inducteur et fournissent à la fois le courant de travail et le courant excitateur. Cette disposition est tout à fait celle de l'électro-moteur Larmangeat.

Dans un autre modèle que l'on établit en ce moment sur une grande échelle, l'inducteur a toujours la disposition que nous venons de décrire, mais il est constitué par deux électro-aimants droits placés parallèlement, et leurs rondelles de fer sont assez épaisses pour présenter sur leur circonférence une rainure dans laquelle s'engagent deux anneaux, analogues à ceux de la machine Brush, qui sont montés sur un axe commun de fer et dont les hélices sont combinées de manière à fournir des courants redressés passant par l'inducteur. Dans ces conditions, l'induit et l'inducteur constituent un système électro-magnétique fermé dans lequel les pièces magnétiques soumises au mouvement sont toujours en contact, et par conséquent au maximum de puissance.

M. J. Bellot, constructeur de ces machines, nous communique, à l'égard de cette machine, les renseignements suivants :

« J'ai construit deux petites bobines, l'une de Gramme, l'autre du système à saillies de M. Trouvé. Ces bobines ont chacune vingt hélices. La bobine de Gramme contient 20 pour 100 de plus de longueur de fil. Ces bobines sont montées pour être influencées par le même électro-aimant, lequel est entouré de gros fil d'une longueur en rapport avec la bobine Gramme. Par hasard, cette dernière se trouve parfaitement isolée ; aucune déperdition d'une hélice à l'autre ; mais il n'en est pas de même de la seconde où quelques hélices sont en communication par le fer.

« Malgré ces désavantages, j'ai un rendement bien supérieur avec la bobine à appendices saillants.

« Le noyau de la bobine à appendices saillants est formé de quarante feuilles de tôle découpées et rivées ensemble de manière à ne former qu'une masse qui est terminée sur le tour. Ce noyau est entouré de 73 mètres de fil de 0m,00065. Avec une vitesse d'environ 1500 tours, j'obtiens approximativement un courant de 8 à 10 éléments Bunsen. Rien ne chauffe, même quand aucune résistance n'est interposée sur le circuit extérieur. »

Machine de M. Lontin. — La machine de M. Lontin ne présente un sérieux intérêt que par la machine complémentaire qui en divise l'action et qui est la première de ce genre qui a été conçue. Comme nous traiterons de ces sortes de machines dans un chapitre spécial, nous n'aurons donc que quelques mots à dire du générateur proprement dit, que nous représentons fig. 26. C'est un noyau ou tambour de fer sur lequel sont implantés, sur quatre rangées et suivant des alignements obliques, un grand nombre de noyaux de fer (12 par rangée) munis d'hélices magnétisantes D, D, D, et ces hélices sont enroulées en tension de manière que le bout sortant de l'une corresponde au bout entrant de celle qui la suit. Ce système, appelé par son auteur *pignon magnétique*, est monté sur un axe, de manière à tourner entre les pôles A, A d'un fort électro-aimant à branches méplates, qui constitue l'inducteur, et les bobines, réunies entre elles comme les hélices de l'anneau Gramme, sont reliées par des fils de dérivation à un collecteur disposé comme celui de l'appareil Gramme. Cette machine est donc, comme la plupart de celles qui précèdent, dynamo-électrique, et l'inducteur se trouve animé par le courant induit tout entier. Dans les derniers modèles qui ont été exécutés, on a apporté quelques perfectionnements de détails que nous devons rappeler en quelques mots. On

a d'abord disposé les extrémités polaires du gros électro-aimant inducteur, de manière à pouvoir diminuer-volonté et dans telle proportion qu'il peut convenir l'intensité du courant produit. A cet effet, on a adapté à ces pôles des pièces de fer, mobiles dans une sorte de rainure,

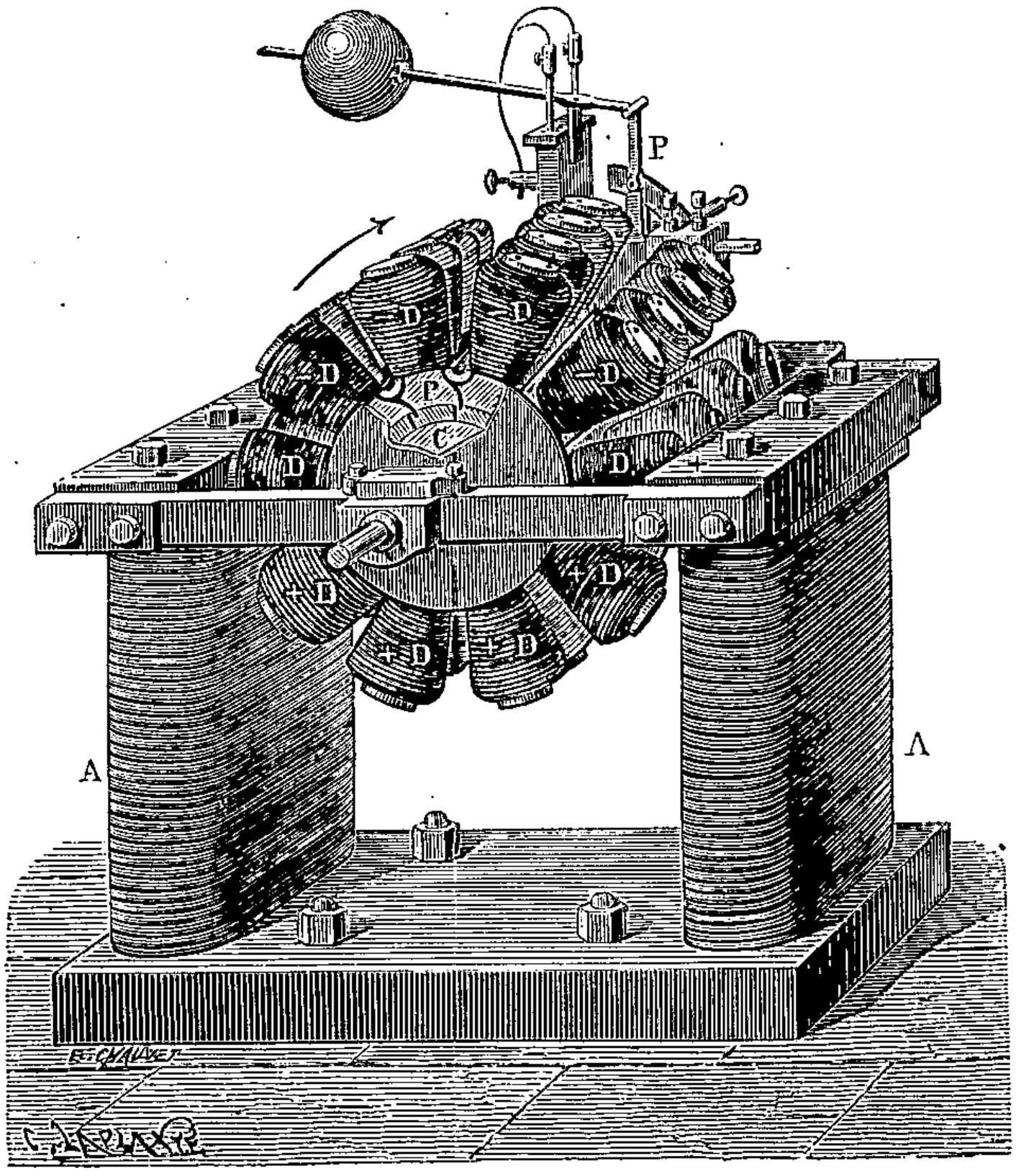


Fig. 26.

qui peuvent être plus ou moins rapprochées des noyaux du pignon magnétique, et que l'on peut fixer à telle ou telle distance. En second lieu, on a disposé le collecteur en dehors des paliers de rotation, afin de pouvoir recouvrir la machine et la mettre à l'abri. Il a fallu pour

cela faire passer les communications à travers l'axe de rotation ; enfin on a disposé les contacts du collecteur de manière à emboîter celui-ci des deux côtés de l'axe de rotation, et sous l'influence d'une pression déterminée par un contre-poids P. Les parties frottantes elles-mêmes ont été constituées avec un alliage de plomb et d'étain, et adaptées à des tiges métalliques élastiques.

MACHINES A INDUCTEURS MOBILES, APPLICABLES SURTOUT A LA DIVISION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Depuis longtemps on se plaignait que les générateurs de lumière électrique ne fussent susceptibles que d'alimenter un nombre très restreint de foyers de lumière électrique, et le *desideratum* exprimé généralement était de combiner un générateur capable de fournir assez d'électricité dans plusieurs circuits dérivés pour allumer des becs de lumière dans plusieurs directions. Bien que plusieurs combinaisons aient été proposées depuis longtemps pour résoudre ce problème, ce n'est que depuis peu de temps que la solution en a été donnée d'une manière satisfaisante, tant au point de vue du générateur qu'à celui des foyers lumineux eux-mêmes, et c'est à M. Lontin que l'on doit cette innovation importante.

Système Lontin. — Avec la machine à fractionnement de lumière de M. Lontin, on est, en effet, parvenu non seulement à diviser la lumière électrique, mais encore à la répartir entre plusieurs becs, avec telle intensité qui convient, tout en faisant profiter les uns de l'affaiblissement communiqué aux autres.

En principe cette machine consiste dans une série d'électro-aimants, fixés à l'intérieur d'une couronne de fer disposée verticalement, et au centre de laquelle tourne un système électro-magnétique composé d'autant de noyaux magnétiques qu'il y a d'électro-aimants sur la couronne. La fig. 27 représente cette machine dans laquelle le sys-

tème électro-magnétique intérieur mobile représente l'*inducteur*, et le système fixe l'*induit*.

Le système inducteur, qui n'est autre que le *pignon magnétique* du générateur Lontin que nous avons décrit page 95, se compose d'un cylindre de fer sur lequel sont rivées une série de lames de fer qui représentent en quelque sorte les dents d'un pignon, et sur lesquelles sont enroulées les hélices magnétisantes A, A, qui sont toutes disposées en tension. Afin que les spires de ces hélices ne bougent pas sous l'influence de la force centrifuge et de leur allongement occasionné par la chaleur assez considérable qui s'y développe, les lames de fer, constituant les noyaux sont plus épaisses à leur extrémité libre qu'à leur point de jonction avec le cylindre de fer, et cette plus grande épaisseur joue, par rapport à ces spires, le rôle des rondelles de retient; des traverses horizontales montées sur deux roues en bronze et contre lesquelles elles butent, les maintiennent d'ailleurs dans leur position. Enfin l'enroulement de ces hélices est fait de manière à intervertir d'une lame à l'autre la polarité des noyaux, de sorte que le mouvement du tambour amène successivement un aimant de pôle différent devant les noyaux de fer du système induit, qui se trouvent ainsi polarisés d'une manière alternativement inverse.

Ce système inducteur se trouve naturellement magnétisé, d'une manière constante, par le générateur dynamo-électrique que nous avons décrit précédemment, et qui peut être monté ou non sur le même axe que lui. On pourrait d'ailleurs substituer à ce générateur une autre machine ou même une pile, mais on se trouverait alors dans des conditions très désavantageuses au point de vue économique.

Le système induit se compose, comme on l'a vu, d'un grand anneau de fer *bb* immobile et garni à son intérieur d'une série de lames de fer fixées transversalement sur champ, comme les dents d'une roue à engrenage

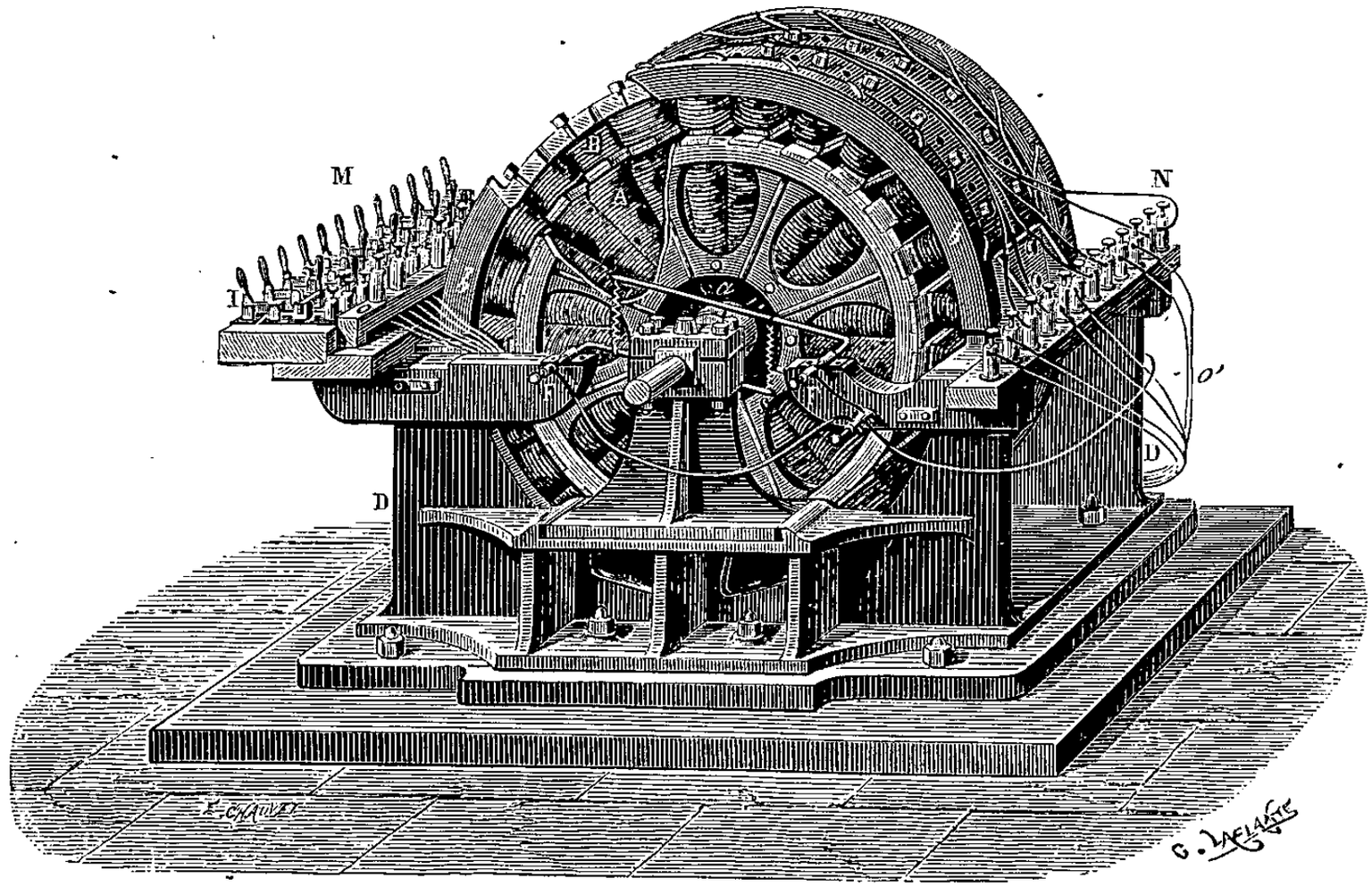


Fig 27.

interne, et entourées d'hélices magnétisantes B,B,B. Ces hélices sont réunies de l'une à l'autre par couples, de manière à constituer un système électro-magnétique complet, et leur extrémité libre aboutit individuellement au commutateur M, qui permet de recueillir séparément ou collectivement les courants qu'elles fournissent au moyen des frotteurs *a*, *s*. C'est à l'intérieur de cet anneau que tourne l'inducteur, qui est disposé de manière que les noyaux magnétiques des deux systèmes passent les uns devant les autres sans se toucher. Avec cette disposition, chacun des systèmes magnétiques de l'induit se trouve successivement magnétisé dans un sens contraire; car, si l'un des noyaux de l'inducteur, agissant sur l'un des noyaux de l'induit, est polarisé nord, les noyaux voisins de l'induit seront soumis à l'action d'une polarité sud, et il en résultera toujours dans le système magnétique de l'induit, relié au commutateur, une induction magnétique qui se traduira par la production d'un courant. Quand l'inducteur aura avancé, l'induction magnétique qu'il avait déterminée se trouvera renversée dans le système induit considéré, puisque les polarités seront de signes différents, et l'on obtiendra une nouvelle manifestation électrique en sens inverse.

Comme l'action analysée précédemment se répète simultanément sur tous les systèmes électro-magnétiques de l'induit, chacun d'eux pourra fournir une action qui lui est propre et qui sera indépendante des autres, ce qui permet par conséquent la division de l'action électrique déterminée par l'inducteur. En admettant que chaque système magnétique de l'induit, composé de deux bobines, soit susceptible de fournir un courant électrique assez fort pour entretenir un bec de lumière électrique, on pourra obtenir avec la machine représentée fig. 27 l'illumination de 12 becs de lumière électrique, et, si l'on veut en obtenir de différentes instensités, il suffira, au moyen du commutateur M, de reporter sur les circuits

des becs qui doivent être les plus éclairants les courants d'autres becs que l'on supprime. Comme le système induit est fixe, rien n'est plus facile que de combiner comme il convient ces lumières, et l'on n'a à craindre aucune déperdition d'électricité, puisqu'il n'y a plus de frotteurs ni de contacts tournants.

Le commutateur M est disposé de manière à réagir sur autant de plaques de contact qu'il y a, dans la machine, de courants utilisables pour produire la lumière. Le nombre de ces courants dépend de la construction de la machine, et nous avons vu que celle représentée fig. 27 en fournissait 12. Il y a donc 12 plaques de contact, et à chacune d'elles correspondent deux bornes d'attache, l'une qui est reliée au contact lui-même, l'autre qui communique avec un interrupteur à mannette I. La première reçoit le fil du système magnétique correspondant; la seconde reçoit le fil qui aboutit à la lampe électrique. De plus, les différents contacts sont pourvus eux-mêmes de mannettes qui les relient deux à deux et permettent de faire instantanément l'accouplement ou la séparation des courants partiels.

Cette machine a été appliquée pendant quelque temps à l'éclairage de la gare du chemin de fer de Lyon où elle fournissait 31 foyers lumineux. Ces foyers résultaient d'un seul générateur électrique et de deux systèmes induits de 24 bobines chacun. En accouplant ensemble ces bobines et interposant sur chacun de leurs circuits plusieurs régulateurs de lumière électrique du système Lontin, on a pu, par une combinaison convenable de ces bobines, eu égard à la longueur du circuit extérieur, porter à 31, comme je le disais, le nombre des foyers illuminés dont chacun était à peu près équivalent à 40 becs Carcel.

Depuis six mois ces machines sont installées à la gare des chemins de fer de l'Ouest (gare Saint-Lazare), où elles illuminent 12 foyers lumineux dont 2, situés à l'entrée de la gare, sont à 700 mètres de la machine, ce qui répond

victorieusement à l'objection que certaines personnes ont faite contre l'emploi des courants alternativement renversés qui, selon elles, ne devaient pas produire de lumière passé 200 mètres.

Système Gramme. — Ce système n'est qu'une dériva-

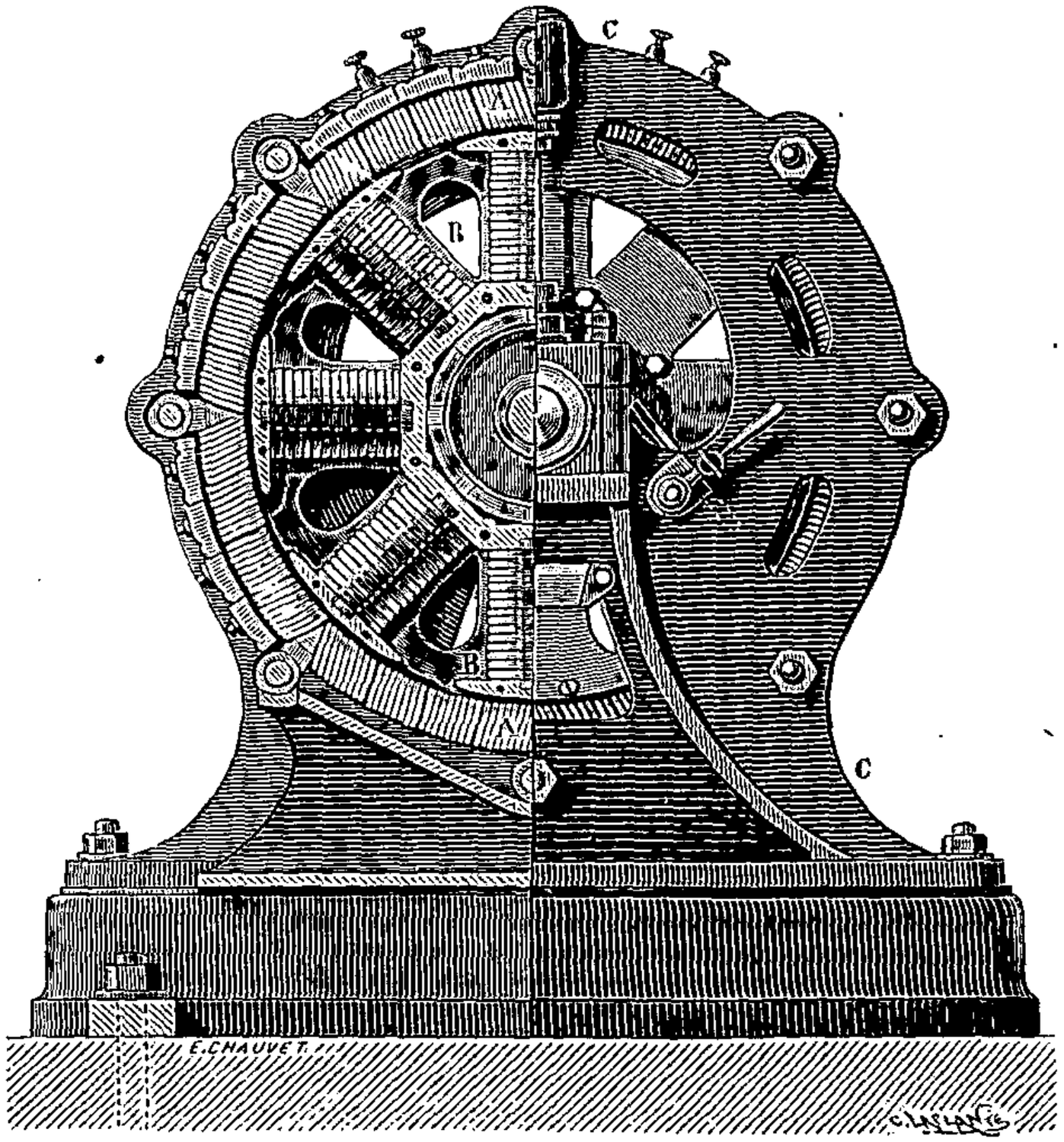


Fig. 28.

tion du précédent, seulement l'induit est constitué par un cylindre de fer assez long fixé horizontalement, comme on le voit fig. 28, et disposé d'ailleurs comme l'anneau des machines du même inventeur. Toutefois les petites hélices A,A qui entourent ce cylindre, au lieu d'être reliées à un collecteur, sont réparties en 4 séries distinctes,

en rapport chacune avec un circuit particulier, de sorte qu'elles fournissent successivement le courant à quatre circuits différents. L'inducteur est une sorte de pignon magnétique composé de 8 électro-aimants droits B, B qui se meuvent à l'intérieur du cylindre, comme dans l'appareil précédent; et qui, étant de polarités contraires, fournissent successivement dans chacune des sections de l'hélice induite des courants alternativement renversés. Cet inducteur est d'ailleurs animé par un générateur Gramme analogue à celui que nous avons décrit p. 73.

C'est ce système de machines qui fournit les courants nécessaires à l'éclairage de la place de l'Opéra, de l'avenue de l'Opéra et de la place du Théâtre-Français. Quatre machines sont employées pour cela. Une est placée dans les caves de l'Opéra, deux autres dans des caves vers le milieu de l'avenue de l'Opéra, et la quatrième est installée dans l'une des maisons voisines de la place du Théâtre-Français.

Chacun des courants produits par ce genre de machines peut allumer quatre bougies Jablochkoff, et, par suite, chaque système de machines entretient seize bougies électriques. Il y a, il est vrai, deux bougies allumées en même temps dans chaque candélabre de la place de l'Opéra, mais il n'y en a qu'une dans les candélabres de l'avenue de l'Opéra et dans ceux de la place du Théâtre-Français.

L'expérience a montré qu'il fallait compter un peu plus d'un cheval vapeur de force motrice pour l'entretien de chacune de ces bougies qui ne dure d'ailleurs guère plus d'une heure et demie. Mais nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

Dans la fig. 28, la machine est vue moitié en coupe, moitié en élévation. Le système électro-magnétique est, comme on le voit, recouvert d'une enveloppe de fonte sur ses deux faces et d'une garniture de bois sur ses parties cylindriques.

Système Jablochkoff. — M. Jablochkoff a voulu aussi construire une machine d'induction à courants renversés et à division de lumière dans laquelle les nettoyages fussent plus faciles qu'avec la machine précédente et qui pût fonctionner avec une moindre force motrice sans déterminer d'échauffement. Il emploie pour cela comme inducteur une roue dentée en fonte, dont les dents sont légèrement inclinées par rapport à la génératrice du cylindre engendré par la circonférence de la roue, et séparées les unes des autres par un espace un peu large. Une hélice de fil circule en serpentant à travers toutes ces dents, comme on le voit fig. 29, et quand un courant la traverse, les dents prennent des polarités alternativement contraires qui font du système une sorte d'électro-aimant à pôles multiples, agissant comme le pignon magnétique de Lontin. L'induit est constitué par une série d'électro-aimants droits B, B à pôles épanouis qui sont placés parallèlement à l'axe de la roue et qui croisent les dents SS, NN, SS de celle-ci, de telle manière que, étant en contact par un bout avec l'une de ces dents, ils touchent de l'autre bout la dent voisine ; comme ces dents sont polarisées alternativement d'une manière différente, il en résulte que, pour une certaine position de la roue, les électro-aimants droits seront polarisés nord-sud à leurs extrémités polaires, ce qui engendrera un courant magnéto-électrique dans les hélices qui les entourent ; mais, comme après avoir abandonné cette position les différentes parties des dents polarisées se présen-

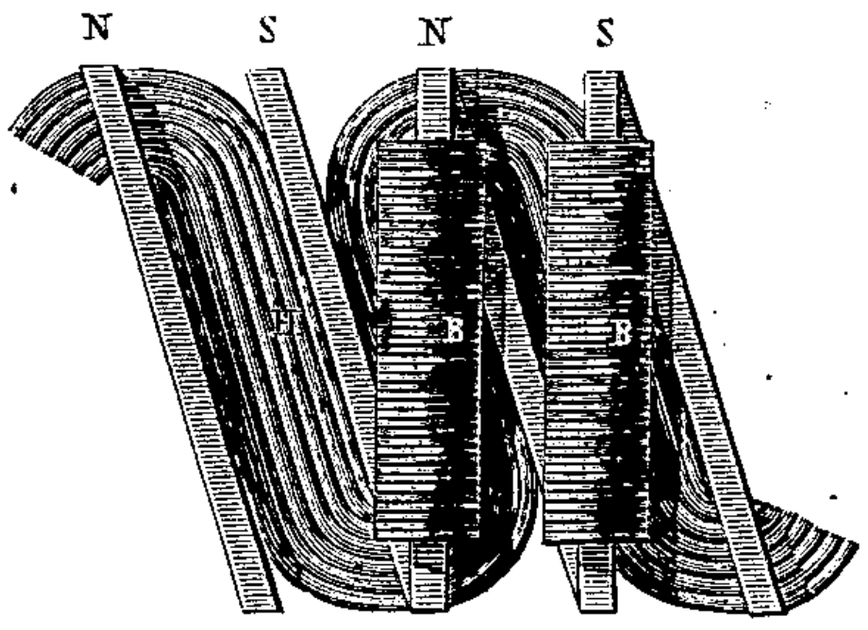


Fig. 29.

teront devant les différents points des hélices induites, elles créeront dans celles-ci des courants d'interversion polaire et des courants dynamiques qui, comme dans la machine de M. de Méritens, continueront l'action magnéto-électrique et contribueront à la renforcer. On obtiendra donc ainsi, dans des conditions de construction très simples, une machine d'induction relativement énergique. Dans le modèle qui fonctionne dans les ateliers de M. Jablochkoff, il y a 36 bobines d'induction, et elles sont accouplées de manière à fournir trois séries en tension, composées chacune de 12 bobines réunies en quantité. Il y a naturellement 36 dents à la roue, et dans ces conditions on peut obtenir l'allumage de deux bougies Jablochkoff avec une force motrice équivalente à la force de deux hommes, mais sous l'influence d'un courant inducteur issu d'une petite machine de Gramme. De cette manière, le courant de la machine Gramme se trouve transformé dans de bonnes conditions en courants alternativement renversés.

EXPÉRIENCES COMPARATIVES SUR LES EFFETS PRODUITS PAR LES DIFFÉRENTES MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

L'étude comparative des effets produits par les différentes machines propres à la production de la lumière électrique était d'une extrême importance, et on l'a si bien compris qu'à différentes époques on a fait des expériences plus ou moins complètes. Déjà en 1855 M. Ed. Becquerel avait fait, à ce point de vue, sur les piles, un travail important qui fut continué au Conservatoire des arts et métiers par M. Tresca avec les machines magnéto-électriques de la compagnie l'*Alliance*. Plus tard, ces machines devinrent l'objet d'études sérieuses à l'administration des phares

sous la direction de MM. Reynaud et Degrand. M. le Roux, en 1865, étudia la question d'une manière plus sérieuse et en fit l'objet d'une communication très intéressante qui a été insérée dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* (tome XIV, p. 699). De son côté, M. Jamin étudiait conjointement avec M. Roger et au point de vue scientifique le travail produit par les mêmes machines, et en 1877 M. Tresca faisait à l'Académie des sciences un travail complet sur les effets produits par les machines Gramme. Enfin les succès obtenus avec ces machines et leur application à l'éclairage des phares préoccupèrent assez les Anglais pour que, en 1877, ils aient cru devoir organiser une commission d'enquête pour l'étude de cette question. Cette commission, composée de MM. Tyndal, Douglas, Sabine, Edwards, Drew-Atkings, Minster, et dont M. Douglas était rapporteur, publia bientôt un rapport, connu sous le nom de rapport *of the Trinity-House at the south-Foreland lighthouse*, et qui fut considéré pendant quelque temps comme le document le plus exact qu'on pouvait consulter. Toutefois les Américains, de leur côté, voulurent également étudier la question, et l'institut de Francklin, après avoir fait aux constructeurs de machines électro-magnétiques un appel qui ne fut entendu que par trois constructeurs seulement, nomma une commission composée de MM. Briggs Rogers, Chase, Houston, Thomson, Rand, Jones, Sartain, et Knight, laquelle, subdivisée en trois sous-commissions, fit un double rapport qui fut publié dans le *Bulletin de l'Institut de Francklin*, et dont nous donnerons les résultats numériques, à la suite de ceux de la commission anglaise.

Nous croyons que, malgré l'importance de ces documents, la question est loin d'être résolue, et nous trouvons que dans ces différents travaux l'esprit de nationalité joue un trop grand rôle pour qu'on puisse s'y fier aveuglément. D'un autre côté, il est impossible de se fier

aux chiffres donnés par les différents constructeurs et inventeurs de ces machines. Outre que la plupart n'ont pas les connaissances scientifiques nécessaires pour donner des résultats exacts, il est certains intérêts personnels dont il est impossible de faire disparaître l'influence dans les assertions émises, et quant à moi, je crois qu'il faut retrancher beaucoup des résultats annoncés. Au milieu de ce dédale, il est donc bien difficile de se reconnaître, et il serait à désirer qu'une commission internationale s'occupât d'élucider complétement la question. En attendant, nous donnons, dans les deux tableaux des pages 119, 120 et 121, les résultats obtenus par les commissions anglaises et américaines.

Pour qu'on puisse être fixé sur la valeur des chiffres de ces tableaux, nous devrons dire que l'étalon de lumière qui y a été adopté et qui est désigné sous le nom de *Candle* représente la lumière d'une bougie de Spermaceti dont l'intensité est équivalente aux huit dixièmes de la lumière d'une bougie de l'Étoile. Un bec Carcel représente 9 candles et demi environ (9^{c}, 6). Les mesures linéaires sont estimées en pieds et pouces, et les poids en *tonnes*, *quintaux* ou *hundred weigts* (Cwt), quarterons et livres; mais nous en avons donné la traduction en mesures françaises, d'après M. Boistel, du moins pour le tableau anglais.

Dans le tableau des mesures anglaises on parle du *pouvoir rayonnant condensé* et du *pouvoir rayonnant diffus*. Il est important de bien s'entendre sur ces deux expressions. Le pouvoir *rayonnant condensé*, comme nous l'avons déjà indiqué p. 21, s'applique à la lumière fournie par un courant continu entre deux charbons, dont l'un étant creusé en forme de cratère est tourné de manière à former réflecteur et à renvoyer la lumière extérieurement, avec accroissement du pouvoir éclairant. Le pouvoir *rayonnant diffus* est celui qui résulte d'une lumière provoquée entre deux pointes de charbon

dépourvues de cratère. Il est naturellement moins considérable que l'autre.

Dans le tableau américain, il est question de *foot-pounds* : c'est l'unité de force motrice, c'est-à-dire le *pied livre* qui répond à notre kilogrammètre ; il représente un kilogrammètre divisé par 7,233.

Le rapport de la commission anglaise conclut à la supériorité de la machine de M. Siemens (petit modèle). Suivant M. Tyndal, c'est le modèle qui se prête le mieux à l'accouplement des machines, et les effets en sont énormes pour ses petites dimensions. Nous devons toutefois faire observer que les chiffres donnés dans le tableau de la page 120-121 pour la machine Gramme se rapportent à des machines du modèle de 1873. Or les nouveaux modèles de 1876 ont donné des résultats infiniment supérieurs, non seulement par rapport au rendement des machines Gramme essayées en Angleterre, mais encore par rapport au rendement des machines Siemens préconisées par la commission anglaise. D'après des expériences faites en France, les valeurs se rapportant aux machines Gramme devraient être rectifiées de la manière suivante :

Pour un poids de ces machines de 175 kilog., et une force motrice de 2 chevaux et demi, avec un nombre de 850 révolutions par minute, le pouvoir rayonnant condensé serait 4297 *Candles*, et le pouvoir rayonnant diffus 2590, ce qui donnerait, par force de cheval, 1719 *Candles* pour le pouvoir rayonnant condensé, et 1036 pour le pouvoir rayonnant diffus ; la machine Gramme deviendrait alors la première par ordre de mérite.

Voici maintenant les conclusions de la commission américaine :

« Après avoir étudié avec soin tous les faits signalés dans les rapports qui lui ont été présentés, la commission conclut à l'unanimité que la machine Brush du petit modèle, quoique étant

en quelque sorte moins économique que la machine Gramme ou que la grande machine Brush, pour la production générale de la lumière et des courants électriques, est celle des différentes machines expérimentées qui est le mieux appropriée aux besoins de l'Institut, principalement pour les raisons suivantes :

« 1° Elle est admirablement disposée pour la production de courants d'intensité très différente et produit une bonne lumière.

« 2° Elle se fait remarquer par la manière dont sont disposées les différentes pièces mécaniques de la machine et particulièrement ses commutateurs ; elle permet, d'ailleurs, des réparations faciles. »

Il nous paraît extraordinaire qu'une machine *à commutateurs* puisse réaliser les avantages dont il est question dans ce rapport, et nous croyons que si cette machine était sortie du domaine de l'expérience scientifique, pour entrer dans le service pratique, les conclusions auraient été très différentes. Nous croyons du reste que la question est beaucoup moins connue en Amérique qu'en Europe, et c'est aussi l'avis de plusieurs savants américains [1].

[1] Voici ce que dit à ce sujet M. John Trowbridge dans le *Scientific American* du 11 janvier 1879, p. 25 :

« A l'égard de la lumière électrique, l'Amérique est bien loin de l'Europe comme progrès récents accomplis, et à moins qu'une grande invention ne vienne à se produire tout à coup en ce pays et qu'elle soit sanctionnée par l'office des patentes, ce n'est pas ici qu'il faudra chercher les nouveautés.

Cette infériorité n'existe pas seulement dans le nombre et la variété des lampes qui ont été présentées au public, mais encore dans la disposition donnée aux machines dynamo-électriques. En Europe nous voyons, à côté des différents modèles des machines Siemens, ceux des machines Gramme, dont la machine de Schuckert n'est qu'un type intéressant, et qui ont pu être disposées de manière à fournir des courants alternativement renversés, condition nécessaire pour obtenir l'usure régulière des charbons employés pour les lampes électriques. Nous voyons encore les machines Lontin qui donnent les mêmes résultats. Il semble qu'avec les machines étrangères il faille moins de force motrice pour obtenir une même quantité de lu-

Les conclusions de MM. Elihu Thomson et J. Houston sont du reste un peu différentes, et nous les croyons plus justes. Voici comment elles ont été formulées séparément:

« 1° La machine Gramme est la plus économique comme moyen de convertir la force motrice en courants électriques ; elle utilise dans l'arc 38 à 41 pour cent du travail moteur produit, après en avoir déduit les frottements et la résistance de l'air. Dans cette machine, la perte de force due aux frottements et aux actions locales est la moins considérable, sans doute à cause de sa moindre vitesse. Si l'on maintient l'arc lumineux dans ses conditions normales, il n'y a presque pas d'échauffement de produit dans la machine, et on ne peut guère constater au commutateur la présence d'étincelles.

« 2° La grande machine de Brush vient en second ordre pour l'efficacité. Elle produit dans l'arc lumineux un travail utile de 31 pour 100 de la force motrice employée, ou de 57 1/2 pour 100 après en avoir déduit les frottements. Elle n'est par le fait que de très-peu inférieure à la machine Gramme, mais elle a le désavantage d'exiger une très-grande vitesse et par

mière qu'avec les machines américaines, et qu'une moindre vitesse soit nécessaire pour leur fonctionnement, ce qui est un grand avantage.

L'Amérique n'a pu encore produire un régulateur électrique fonctionnant aussi bien que celui de M. Serrin, et les charbons étrangers sont supérieurs à ceux que l'on y trouve. On n'y a pas encore vu les charbons métallisés par les procédés galvanoplastiques qui empêchent leur échauffement au delà de leur point de combustion, et qui sont pourtant connus depuis longtemps en France. La lampe Brush et la lampe Wallace, les plus connues en Amérique, répondent bien aux besoins de l'éclairage général, et il n'y a pas plus d'une douzaine d'établissements, dans ce pays, éclairés par la lumière électrique, alors qu'on les compte par centaines sur l'ancien continent. L'éclairage par les effets d'incandescence n'ont pas non plus réussi en Amérique, soit que l'on ait placé les charbons dans le vide ou dans l'azote, soit que l'on ait employé des fils de platine et d'irridium ou de l'amiante platinisée. Les charbons se désagrégeaient ou craquaient après un certain temps, ou bien le métal fondait. Du reste, les deux systèmes que nous venons d'exposer, charbons et fils incandescents, ont été essayés en Europe, et on a constaté qu'ils étaient plus dispendieux que le système d'éclairage au gaz. »

suite d'être soumise à une plus grande perte de la part des frottements. Ce désavantage est, il est vrai, compensé par la faculté qu'elle possède de fonctionner avec une plus grande résistance extérieure, comparée à la résistance intérieure du générateur, ce qui annule pour ainsi dire l'échauffement de la machine. C'est, du reste, cette machine qui a donné la plus forte lumière et les courants les plus intenses.

« 3° La petite machine Brush vient en troisième rang avec un travail utile de l'arc estimé à 27 pour 100 du pouvoir moteur employé, soit 31 pour 100 avec déduction des frottements. Bien que cette machine soit en quelque sorte inférieure à la machine Gramme, elle est néanmoins une machine admirablement combinée pour la production des courants d'intensité, et permet de produire des courants de force électro-motrice très différente. En disposant convenablement cette machine, la force électro-motrice peut être augmentée de 55 à 120 volts, et on peut répartir les courants qu'elle fournit entre deux circuits, avantage que du reste possèdent d'autres machines. La simplicité du commutateur et la facilité que leur disposition donne de les réparer facilement sont aussi des avantages dont il faut tenir compte. Cette machine, en outre, ne produit pas un grand échauffement.

« 4° La machine de Wallace Farmer ne restitue pas au circuit de travail une aussi grande proportion du pouvoir moteur que les autres machines, parce qu'elle emploie en travail électrique et dans un petit espace une grande partie de sa force ; cela résulte de ce que l'on a trop sacrifié à la production de l'action locale. En remédiant à ce défaut, on pourrait en faire une très bonne machine.

« Nous regrettons qu'une machine du type Siemens n'ait pas été mise à notre disposition. Quelle qu'en soit la valeur, nos déterminations auraient eu une plus grande importance, en fournissant des données sur une machine si favorablement connue et dans laquelle l'armature induite est si différente, quant au principe, de celles des autres machines, et qui, par la manière dont le fil est enroulé, favorise théoriquement le travail. »

MM. Thomson et Houston font remarquer que, si on veut comparer les résultats obtenus par eux avec ceux de la commission anglaise, il faut, en raison du mode de disposition des charbons du régulateur adopté dans les

expériences anglaises, diviser par 2,87 les nombres représentant le pouvoir rayonnant condensé. Encore trouvent-ils un chiffre trop grand pour représenter le pouvoir lumineux de la machine de Gramme, qui serait 438 candles et qu'ils n'ont trouvé que de 383 candles. Cette circonstance nous montre que l'on ne peut se fier entièrement à tous ces chiffres, car ce nombre que ces messieurs trouvent trop élevé nous paraît déjà beaucoup trop faible en France. Il y a évidemment dans toutes ces mesures photométriques un défaut d'entente désolant qui prouve que toutes ces expériences sont à refaire.

En attendant nous croyons devoir consigner ici les résultats des expériences faites sur la machine Gramme par plusieurs ingénieurs et savants français dont les noms sont un sûr garant de leur exactitude.

Nous commencerons par les expériences de M. Tresca, faites chez MM. Sautter et Lemonnier, avec deux machines Gramme, du grand et petit modèle, et qui, étant animées d'une vitesse de 1274 tours par minute pour la grande, et de 872 tours pour la petite, fournissaient, la première, une lumière de 1850 becs Carcel, et la seconde une lumière de 300 becs. J'ai donné, dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. V, p. 542, les détails de ces expériences, et je me contenterai d'en indiquer ici les conclusions.

D'après ces expériences, il résulterait que le travail moyen en kilogrammètres par seconde de la grande machine aurait été de 576,12 kilog., soit $7^{ch},68$, ce qui donne, pour une lumière de 100 becs Carcel, $0^{ch},415$, et pour un bec, par seconde, $0^{k},51$. Pour la petite, ce travail aurait été de 210,65 kilog., ou $2^{ch},81$, ce qui donne, pour une lumière de 100 becs, $0^{ch},92$, et pour un bec, par seconde, $0^{k},69$.

« Les machines, dit M. Tresca, ont marché avec régularité pendant un temps suffisant, pour qu'on ait pu constater l'absence de tout échauffement sensible. Aussi

le travail dépensé a-t-il très peu varié pendant le cours des diverses séries d'expériences, quoique l'une des déterminations eût été faite à la suite d'un fonctionnement prolongé. »

D'après les expériences faites à Mulhouse par MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen, qui emploient maintenant ce mode d'éclairage, chacune de leurs lampes, qui fournit une lumière de 100 becs, n'exigerait comme travail mécanique dépensé que 1 ch, 65.

Les expériences faites par MM. Schneider et Heilmann, avec plusieurs machines, ont fourni de leur côté les résultats suivants :

Désignation des machines.	Nombre de tours des machines.	Travail absorbé en chevaux vapeur.	Intensité lumineuse au photomètre de Bunsen.	Observations sur les régulateurs.
		ch.	becs.	
Machine B.	816	1,921	95,6	Régulateur avec globe dépoli.
Machine B.	816	1,921	122,2	Régulateur sans globe ou globe dépoli.
Machine B.	804	1,980	86,8	—
Machine A.	810	1,849	85,3	—
Machine C.	763	1,853	103,2	—
Machine D.	883	1,360	68,7	—

Ces derniers résultats sont moins favorables que ceux obtenus par M. Tresca, mais il ne faut pas perdre de vue que celui-ci opérait dans des conditions exceptionnelles, et peut-être n'avait-il pas tenu compte du pouvoir lumineux condensé. On peut, toutefois, conclure de toutes ces expériences que c'est entre un et deux chevaux de force, c'est-à-dire entre 0 ch, 92 et 1 ch, 80, qu'on peut estimer la force motrice nécessaire à un éclairage de 100 becs Carcel, ce qui ferait, en partant du chiffre moyen, 1, 47, qui se rapproche beaucoup de celui trouvé par MM. Heilmann, Ducommun, 70 becs Carcel, par force de cheval, pour une vitesse de 850 tours par minute.

D'après les chiffres de M. Tresca, ce serait 103 becs ou 1036 candles.

Comme on le voit, on est loin d'être fixé encore sur la valeur réelle de tous ces rendements ; mais, il faut le dire aussi, les expériences sont très difficiles à faire, en raison de l'irrégularité des effets lumineux qui peuvent fournir des variations considérables d'un moment à un autre.

Il est une remarque importante qui a été faite sur le rendement des machines, suivant que la lumière est concentrée ou divisée, et sur laquelle nous devons encore appeler l'attention du lecteur.

D'après les expériences comparatives qui ont été faites, il paraîtrait qu'il faut une force motrice beaucoup plus grande pour obtenir la même lumière répartie sur plusieurs points que concentrée en un seul foyer, et voici à ce sujet ce que nous lisons dans le *Courrier des États-Unis* du 28 janvier 1879 :

« Étant donné, par un seul foyer, une lumière équivalente à 15 000 bougies, la même quantité de lumière répartie entre cinq foyers, intercalés dans un même circuit, sera réduite à 2 ou 3000 bougies pour la même force motrice ; en d'autres termes, il faudra employer cinq ou six fois plus de force pour produire une lumière divisée que pour produire une lumière unique, et cette proportion s'augmentera en raison de la multiplicité des divisions. Toutefois, si ce principe est vrai, il aura sa contre-partie ou son correctif dans cet autre principe qui repose également sur une échelle de progression : c'est qu'en augmentant la force génératrice de l'électricité au delà de ce qui est nécessaire pour produire une certaine quantité de lumière, soit 15 000 unités pour un seul foyer, la déperdition par la division du courant diminuera non pas en raison directe, mais en raison progressive de l'excédant de force employée. Ainsi, si 80 chevaux de force sont nécessaires pour produire 15 000 unités de lumière à un seul foyer et que cette lumière soit réduite à 200 unités par la division, 160 chevaux ne produiront pas simplement 400 unités, mais une proportion plus considérable qui s'élèvera, non pas par addition, mais par

multiplication, à mesure qu'un excès de force sera employé. Il n'est donc pas impossible d'obtenir une lumière divisée avec une certaine intensité, mais à la condition que la quantité d'électricité produite soit élevée à une puissance de beaucoup supérieure à celle donnant une lumière unique représentant le même nombre de bougies.

« La question est de savoir quelle est la proportion entre les deux termes, c'est-à-dire si la quantité de force requise pour la division utile n'est pas hors de proportion avec le résultat obtenu ou, en d'autres termes, s'il ne faudrait pas des appareils colossaux pour un effet médiocre, ce qui ramène le problème au prix de revient, et à celui d'installation et d'entretien. Cette question peut se formuler ainsi : Si une force de 80 chevaux produit une lumière de 15,000 bougies en un seul foyer, combien faudra-t-il de chevaux pour ramener la lumière obtenue à la même valeur de 15000 bougies, divisée en foyers multiples ?

« C'est la solution de ce problème que cherche M. Edison, et il ne paraît pas qu'il l'ait trouvée. Or c'est la seule importante. M. Edison en est encore à inventer un générateur d'une puissance inconnue, et *il est sûr*, dit-il, d'y parvenir. Mais, en attendant, il en est à essayer ceux qui sont actuellement en usage, pour reconnaître sans doute celui qui approche le plus de son idéal, et dans lequel il pourra trouver les données les plus avantageuses pour construire le sien. » (*Voir les notes* B *et* C.)

CONSIDÉRATIONS SUR L'INFLUENCE DE LA RÉSISTANCE DES CIRCUITS EXTÉRIEURS.

Si l'on ne prenait en considération que la résistance propre des conducteurs qui composent un circuit extérieur, il est bien évident que le maximum de l'intensité électrique fournie par le générateur serait obtenu quand ce circuit présenterait le moins de résistance ; mais, comme une partie de ce circuit extérieur doit fournir, en l'un de ces points, une certaine résistance, pour produire de la lumière, cette résistance devient utile, et nous avons vu que, d'après la loi de Joule, comme, du reste, d'après les expériences faites par MM. Jamin et Becquerel, le maximum de l'effet est obtenu quand cette résistance utile est égale à la résistance inutile, augmentée de celle

du générateur. C'est donc la résistance de l'arc qui est surtout à considérer à ce point de vue, et on aura toujours avantage à diminuer le plus possible celle des conducteurs utilisés à la simple propagation du fluide. Dans ces conditions, la perte que subit la lumière peut s'effectuer dans de plus ou moins grandes proportions, suivant la résistance du générateur, et cela peut, jusqu'à un certain point, se comprendre, si l'on considère que la résistance des conducteurs étant une quantité qui s'additionne à celle qui représente la résistance du générateur, elle doit se faire d'autant plus sentir dans le résultat définitif que l'on obtient, que la résistance du générateur est elle-même moins considérable. D'un autre côté, il faut considérer que l'augmentation de la résistance inutile du circuit, en diminuant l'intensité du courant électrique, diminue l'énergie de la résistance mécanique opposée au moteur, et, en lui permettant d'acquérir plus de vitesse, rend la perte de l'intensité électrique moins marquée ; on comprend d'ailleurs que l'inverse doive se produire quand la résistance du circuit diminue au lieu d'augmenter. Voici, en effet, les résultats de quelques expériences faites à South-Foreland, qui peuvent donner quelques indications à cet égard.

Entre le phare et l'atelier des machines, éloignés l'un de l'autre de 694 pieds, on avait établi, pour le service de la lumière électrique, trois câbles, dont deux, composés chacun de sept fils de cuivre du n° 14 (B. W. G.), et réunis pour constituer le circuit, formaient une longueur totale de 1286 pieds avec une résistance de 0,32 unités Siemens, soit à peu près 33 mètres de fil télégraphique.

Avec la machine de Holmes qui présentait la plus grande résistance, la perte d'intensité lumineuse fut estimée à 16, 1 pour 100 ; avec la machine Gramme d'une résistance beaucoup moindre, elle fut estimée à 31,3 pour 100, et avec la machine de M. Siemens, la moins résis-

tante de toutes, elle put atteindre 43,4 pour 100. En employant un câble moins résistant, cette perte, avec la machine de Siemens, fut réduite à 23 et 24 pour 100; mais elle devenait 35 pour 100 quand, en accouplant deux machines de Siemens en quantité, leur résistance totale était diminuée de moitié. L'application de ce câble moins résistant à une machine de *l'Alliance* provoqua une perte de 69,1 pour 100 de la lumière totale, et avec la machine de Holmes cette perte s'éleva à 66,1 pour 100. Enfin avec deux machines de Holmes accouplées la perte s'éleva à 76,5 pour 100. Ces expériences montrent donc que, pour obtenir les conditions de maximum de lumière, il faut que la résistance des fils conducteurs soit en rapport avec celle de la machine.

CONSIDÉRATIONS SUR LES RÉSULTATS PRODUITS PAR L'ACCOUPLEMENT DE DEUX MACHINES, AU POINT DE VUE DE LA LUMIÈRE PRODUITE.

D'après les expériences faites à South-Foreland avec les machines magnéto-électriques accouplées, on a pu remarquer que la lumière produite par deux machines accouplées en quantité était plus intense que la somme des lumières produites par chacune d'elles agissant isolément. Ainsi deux machines Siemens ayant donné isolément deux lumières dont l'intensité était représentée par 4 446 et 6 563 Candles ont fourni, étant réunies en quantité, une lumière équivalente à 13 179 Candles, soit 19,7 pour 100 de plus que la somme des lumières produites séparément, et ce résultat n'est pas particulier aux machines Siemens, car on le retrouve avec les machines Gramme; mais il est beaucoup plus accentué avec les premières. Nous avons du reste donné les résultats de ces expériences dans le tableau de la page 120-121. Cela nous prouve, conformément à ce que nous avons dit précédemment, p. 115, que l'on a plus d'avantages, sous le rapport de l'intensité lumineuse, à concentrer l'action électrique en un seul foyer qu'à la diviser entre plusieurs.

TABLEAU DES EXPÉRIENCES AMÉRICAINES.

NOMS DES MACHINES.	POIDS EN POUNDS.	FILS DE CUIVRE DE L'ARMATURE. Grand.	FILS DE CUIVRE DE L'ARMATURE. Poids.	FILS DE CUIVRE DU SYSTÈME MAGNÉTIQUE. Grand.	FILS DE CUIVRE DU SYSTÈME MAGNÉTIQUE. Poids.	RÉVOLUTIONS DES ARMATURES PAR MINUTE.	FOOT-POUNDS DU POUVOIR DÉPENSÉ PAR CANDLE DE LUMIÈRE.	CHEVAUX DE FORCE.	LUMIÈRE PRODUITE EN CANDLES Total	LUMIÈRE PRODUITE EN CANDLES Par force de cheval.	FOOT-POUNDS DU POUVOIR DÉPENSÉ PAR CANDLE DE LUMIÈRE.	GRANDEURS DES CHARBONS.	LONGUEUR DE CHARBON CONSUMÉ PAR HEURE. +	LONGUEUR DE CHARBON CONSUMÉ PAR HEURE. −
Grande Brush	475	0,81 in	32 lbs	134 in	100 lbs	1340	107,606	3,26	1230	377	87,4	$\frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$	1,78	0,34
Petite Brush.	390	0,63 in	24 lbs	96 in	80 lbs	1400	124,248	3,76	900	239	137	$\frac{5}{8} \times \frac{5}{8}$	1,91	0,58
Grande Wallace . . .	600	0,42 in	50 lbs	114 in	125 lbs	800			823					
Petite Wallace	350	0,43 in	$18\frac{3}{4}$ lbs	98 in	41 lbs	1000	128,544	3,89	440	113	292	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$	2,45	0,073
Gramme	366	0,59 in	$9\frac{1}{2}$ lbs	108 in	$57\frac{1}{2}$ lbs	800	60,992	1,84	705	383	85	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$	3,15	0,55

TABLEAU COMPARATIF DES

SYSTÈMES DE MACHINES.	PRIX.	DIMENSIONS.			POIDS.	FORCE MOTRICE ABSORBÉE EN CHEVAUX VAPEUR.	RÉVOLUTIONS PAR MINUTES.
		Long.	Larg.	Haut.			
	Fr.	Mèt.	Mèt.	Mèt.	Kilogr.		
Holmes	13,750	1,5	1,32	1,57	2609,138	3,2	400
Alliance.	12,350	1,32	1,37	1,47	1852,774	3,6	400
Gramme . . . . . N° 1.	8,000	0,79	0,79	1,24	1296,624	5,3	420
Gramme . . . . . N° 2.	8,000	0,79	0,79	1,24	1296,624	5,74	420
Siemens . . . . . Grand Mod.	6,625	1,14	0,74	0,36	592,924	9,8	480
Siemens . . . . . Mod. moyen, n° 58.	2,500	0,66	0,74	0,254	190,680	3,5	850
Siemens . . . . . Mod. moyen, n° 68.	2,500	0,66	0,74	0,254	190,680	3,3	850
2 Holmes . . . . Accoup. entre elles.	27,750	3,00	1,32	1,57	5218,276	6,5	400
2 Gramme . . . . Accoup. entre elles.	16,000	1,58	0,79	1,24	2593,248	10,5	420
2 Siemens . . . . M^le^ moy. n°s 58 et 68, Accoup. entre elles.	5,000	1,32	0,74	0,254	381,360	6,6	850

EXPÉRIENCES ANGLAISES.

INTENSITÉS LUMINEUSES TOTALES.				INTENSITÉS LUMINEUSES PAR CHEVAL-VAPEUR DE FORCE MOTRICE ABSORBÉE.				DIMENSIONS DES CRAYONS.	CLASSEMENT DES MACHINES PAR ORDRE DE MÉRITE.
LUMIÈRE CONDENSÉE.		LUMIÈRE DIFFUSE.		LUMIÈRE CONDENSÉE.		LUMIÈRE DIFFUSE.			
Candles	Becs Carcel.	Candles	Becs Carcel.	Candles	Becs Carcel.	Candles	Becs Carcel.		
1523	217,57	1523	217,57	476	68,00	476	68,00	$\frac{9}{5} \times \frac{9}{5}$	6
1953	279,00	1953	279,00	543	77,57	543	77,57	$\frac{9}{5} \times \frac{9}{5}$	5
6663	951,86	4016	573,71	1257	179,57	758	108,29	$\frac{12}{7} \times \frac{12}{7}$	4
6663	951,86	4016	573,71	1257	179,57	758	108,29	$\frac{17}{5} \times \frac{17}{5}$	4
14818	2116,86	8932	1276,00	1542	216,00	911	130,14	$\frac{17}{5} \times \frac{17}{5}$	3
5539	791,29	3339	477,00	1582	226,00	954	136,29	$\frac{12}{7} \times \frac{12}{7}$	2
6864	980,57	4138	591,14	2080	297,14	1254	179,14	$\frac{12}{7} \times \frac{12}{7}$	1
2811	401,57	2811	401,57	432	61,71	432	61,71	$\frac{12}{7} \times \frac{12}{7}$	—
11596	1628,00	6869	981,29	1085	155,00	654	93,29	$\frac{17}{5} \times \frac{17}{5}$	—
14134	2019,14	8520	1217,14	2141	305,86	1291	184,43	$\frac{17}{7} \times \frac{17}{5}$	—

ORGANES EXCITATEURS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Lumière produite entre des électrodes de charbon. — Nous avons vu au commencement de ce travail que la lumière électrique résultait du passage d'une décharge ou courant électrique à travers un corps aériforme ou solide, doué d'une assez faible conductibilité pour rougir sous l'influence de l'énorme chaleur développée par suite de ce passage. Nous avons également vu que, pour obtenir cette illumination dans les conditions les plus favorables au développement de la lumière, il fallait employer comme organes excitateurs ou électrodes des corps susceptibles de se désagréger et de brûler facilement, et que de tous ces corps c'était le charbon qui donnait les meilleurs résultats. Nous allons maintenant nous occuper des meilleures conditions de ces organes excitateurs.

C'est Davy qui a eu le premier l'idée d'employer des charbons comme électrodes pour développer l'arc voltaïque; mais ces charbons étaient des baguettes de charbon de bois éteint dans de l'eau[1]. Toutefois leur usure était si prompte que d'autres physiciens cherchèrent à substituer au charbon de bois un charbon plus durable, et c'est M. Foucault qui, le premier, pensa à utiliser dans ce but les produits de la houille, déposés sur les parois des cornues où on brûle ce combustible pour en tirer le gaz, et il obtint de cette manière un arc voltaïque d'une durée beaucoup plus longue.

Néanmoins le charbon de cornue laissait beaucoup à désirer, car sa compacité n'étant pas uniforme et se trou-

[1] Avec l'étincelle d'induction, ce sont les charbons de bois qui donnent le plus d'éclat à la lumière qu'elle produit, et avec deux électrodes de charbon de braise on obtient de la lumière rayonnante.

vant lui-même mélangé à des matières terreuses et particulièrement à des matières siliceuses, la lumière produite était loin d'être stable; elle était vacillante et présentait des différences d'éclat considérables. Les charbons, d'un autre côté, se désagrégeant à la suite de la fusion de ces matières siliceuses, éclataient souvent et se trouvaient même la plupart du temps accompagnés de vapeurs qui, étant plus conductrices que l'arc, écoulaient une partie du courant à l'état de décharge obscure.

En choisissant, il est vrai, convenablement ces charbons et en les découpant dans les parties homogènes des dépôts, ce que l'on peut aujourd'hui distinguer plus facilement qu'autrefois, on pouvait néanmoins parvenir à obtenir de bons charbons ; mais ce système d'excitateur de l'arc voltaïque a été longtemps décrié, et a été souvent un obstable à l'extension des applications de la lumière électrique. Aujourd'hui encore, et malgré les progrès qui ont été apportés dans ces derniers temps à la fabrication des charbons à lumière, on trouve un certain nombre de personnes qui donnent la préférence aux charbons de cornue.

Les inconvénients des charbons de cornue (à lumière électrique) que nous venons de signaler n'ont pas tardé, comme on devait s'y attendre, à engager les industriels et les physiciens à trouver des moyens de les fabriquer de toutes pièces et de telle façon que, étant aussi durs que les charbons de cornue, ils pussent être beaucoup plus purs dans leur composition chimique et plus homogènes dans leur composition physique. On y est à peu près parvenu par certains procédés dont nous allons parler ; mais on s'est aussi demandé si on n'aurait pas un plus grand avantage à allier à ces charbons fabriqués certains sels métalliques qui, sous la triple influence de l'action électrolytique, de l'action calorifique et de l'action réductrice du carbone, pourraient donner lieu à une précipitation à l'électrode négative des métaux entrant dans leur com-

position, lesquels métaux pouvaient être choisis de manière à brûler en présence de l'air au fur et à mesure de leur production et qui devaient ainsi ajouter leur lumière à celle de l'arc voltaïque. MM. Carré, Gauduin, Archereau, ont fait à cet égard des expériences que nous rapportons plus loin; mais les résultats n'ont été qu'à moitié satisfaisants, car il est rare que l'introduction de ces sels dans les charbons n'entraîne pas la formation de vapeurs, et comme ces vapeurs rendent, ainsi qu'on l'a vu, la lumière vacillante et instable, on a préféré généralement employer le carbone seul.

Dès l'année 1846, MM. Staite et Edwards avaient fait breveter, pour former des électrodes pour la lumière électrique, un mélange de coke pulvérisé et de sucre qui, étant moulé, malaxé et fortement comprimé, était soumis à une première cuisson après laquelle on ajoutait une dissolution concentrée de sucre, puis à une seconde cuisson à la chaleur blanche. Trois ans plus tard, en 1849, M. Lemolt fit breveter dans le même but des charbons composés de 2 parties de charbon de cornue, de 2 parties de charbon de bois, de 1 partie de goudron liquide. Ces substances réduites en pâte étaient ensuite soumises à une forte compression, puis recouvertes d'un enduit de sirop de sucre, et cuites pendant 20 ou 30 heures à une haute température. Elles étaient ensuite purifiées par des immersions successives dans des acides. En 1857, MM. Lacassagne et Thiers eurent l'idée de purifier les baguettes de charbon de cornue en les faisant tremper dans un bain composé d'une certaine quantité de potasse ou de soude caustique, fondue par voie ignée. Cette opération, suivant les auteurs, avaient pour but de transformer en silicates de potasse ou de soude solubles la silice contenue dans les charbons, et il ne restait pour les purifier qu'à les tremper pendant quelques instants dans de l'eau bouillante, puis à les soumettre, dans un tube en porcelaine ou en terre réfractaire chauffé au rouge, à un

courant de chlore, pour faire passer les différentes terres que la potasse ou la soude n'avaient pas attaquées, à l'état de chlorures volatils de silicium, de calcium, de potassium, de fer, etc. Peu après ces expériences, M. Curmer voulut constituer les charbons de toutes pièces par la calcination d'un mélange de noir de fumée, de benzine et d'essence de térébenthine, le tout moulé sous forme de cylindre. La décomposition de ces matières laissait un charbon poreux qu'on imbibait de résine et de matières sucrées et qu'on calcinait de nouveau. Ces charbons étaient peu denses et peu conducteurs, mais ils étaient très réguliers et exempts de toute impureté.

C'est M. Jacquelain, ancien chimiste de l'École centrale, qui, aux époques dont nous parlons, avait le mieux réussi, et les expériences de lumière électrique faites avec ses charbons à l'administration des phares avaient été si concluantes, qu'on croyait le problème résolu. Je ne puis m'empêcher de reproduire ici, à propos de ces expériences, une lettre que m'avait écrite, en 1858, M. Berlioz, alors directeur de la compagnie l'*Alliance*, homme positif et éclairé qui s'était montré jusque-là peu enthousiaste des résultats produits par ses machines :

. . . . . .

« J'aurais désiré vous écrire plus tôt pour vous donner des nouvelles de la machine : elle va bien, parfaitement bien, sa force augmente, et nous avons une *lumière admirable*. C'est là ce à quoi je tenais et ce que je voulais vous apprendre; car c'est à vous, comme toujours, que nous devons cette circonstance si importante. Vous m'avez, en effet, engagé à aller voir M. Jacquelain pour son charbon de carbone pur, et ce charbon donne une *lumière fixe, sans flamme,* et d'un éclat bien remarquable. Je regrette que vous ne soyez pas ici, car vous avez été assez bon pour donner à notre machine des soins paternels. Ce soir, je fais de la lumière en présence de mon conseil de surveillance. Nous lisons une écriture très fine à 60 mètres de distance, et nous lirions sans doute à près d'un kilomètre, si l'espace nous l'avait permis. Nous avons aussi illuminé magni-

fiquement le dôme des Invalides, qui est à environ 300 mètres de notre appareil ; mais nous ferons bientôt, je l'espère, l'expérience sur la Seine, à bord d'un bateau à vapeur, ainsi que vous nous l'avez conseillé.

« Ainsi, avec notre machine remplaçant la pile de Volta, avec le charbon Jacquelain, avec un mécanisme régulateur adapté à des courants alternativement contraires, et avec un bon réflecteur, le problème de la lumière électrique à bord des navires en mer sera complètement résolu.

« Agréez, etc. BERLIOZ. »

Système Jacquelain. — Pour obtenir un carbone pur, M. Jacquelain a eu recours aux carbures d'hydrogène représentés soit par les goudrons résultant de la distillation des houilles, des schistes, des tourbes, etc., soit par les nombreux produits qui prennent naissance pendant la carbonisation de ces combustibles en vase clos, soit par les huiles lourdes de houille, de schiste ou de tourbe, soit par toute matière organique volatilisable.

« Ces matières organiques, dit M. Jacquelain, emmagasinées dans un réservoir en fonte, sont introduites dans une chaudière en fonte, qui est à un niveau inférieur, par un tube de communication muni d'un robinet, pour y entrer en ébulition. Cette chaudière est pourvue d'un robinet de vidange. De là les vapeurs se dirigent, par un tuyau en fonte, dans une cornue horizontale en terre réfractaire munie d'un écran susceptible de retarder le mouvement du produit gazeux, et mise en communication avec deux récipients en fonte formant un U renversé et qui sont destinés à recueillir le noir de fumée. On désobstrue la cornue au moyen d'un ringard. Enfin, sur le dernier récipient qui fait la seconde branche de l'U renversé, vient s'embrancher un tube recourbé qui dirige sous une grille le gaz hydrogène ainsi que le carbone et les produits volatils qui auraient échappé à la décomposition par la chaleur [1]. »

Malheureusement, ce procédé était très incomplet et

[1] Voir *Description des brevets*, t. LXXII, p. 421 (28 octobre 1859).

ne présentait aucune sûreté dans la qualité des produits; à côté de charbons excellents, qui donnaient des résultats très satisfaisants, on en avait d'autres très mauvais qui étaient quelquefois même inférieurs à ceux provenant des charbons de cornue; c'est ce qui a décidé en 1868 M. Carré à étudier de nouveau le problème, et voici ce qu'il en dit dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences du 19 février 1877, p. 346.

Système de M. Carré. — « La supériorité des charbons factices pour les diverses expériences, dit M. F. Carré, la possibilité de purifier les poudres charbonneuses qui les composent par des lavages alcalins, acides, à l'eau régale etc., m'amenèrent alors à chercher des moyens de les produire économiquement. En humectant les poudres soit avec des sirops de gomme, de gélatine, etc., soit avec des huiles fixes épaissies avec des résines, j'arrivai à en former des pâtes suffisamment plastiques et consistantes pour s'étirer en baguettes cylindriques dans une filière placée sur le fond d'une puissante presse à piston et sous la pression d'environ 100 atmosphères. L'industrie tire aujourd'hui parti de ce procédé et produit les charbons que j'ai présentés à diverses époques à l'Académie des sciences et à la Société d'encouragement.

« Ces charbons sont 3 à 4 fois plus tenaces et surtout bien plus rigides que ceux de cornue; on les obtient de longueur illimitée, et des cylindres de 10 millimètres de diamètre peuvent être employés sur une longueur de 50 centimètres sans crainte de les voir fléchir ou se croiser pendant les ruptures de circuit, comme cela arrive trop souvent avec les autres; on les obtient aussi facilement aux diamètres les plus réduits (2 millimèt.) qu'aux plus gros.

« Leur homogénéité chimique et physique donne une grande stabilité au point lumineux; leur forme cylindrique, jointe à la régularité de leur composition et de leur structure, fait que leurs cônes se maintiennent aussi parfaitement taillés que s'ils étaient usés au tour; dès lors plus d'occultations du point lumi-

neux maximum, comme celles qui sont produites par les cornes saillantes et relativement froides des charbons de cornue; ils n'ont pas l'inconvénient d'éclater à l'allumage comme ceux-ci par la dilatation énorme et instantanée des gaz renfermés dans leurs cellules closes, quelquefois de plus de 1 millimètre cube. En leur donnant une même densité moyenne, ils s'usent d'une même quantité à section égale; ils sont beaucoup plus conducteurs, et même, sans addition de matières autres que le carbone, ils sont plus lumineux dans le rapport de 1,25 à 1. »

La préparation que M. Carré préfère est une composition de coke en poudre, de noir de fumée calcinée et d'un sirop de sucre formé de 30 parties de sucre de canne et de 12 parties de gomme. La formule suivante est indiquée dans son brevet du 15 janvier 1876 :

Coke très pur en poudre fine.	15 parties.
Noir de fumée calciné.	5 —
Sirop de sucre	7 à 8 —

Le tout est fortement trituré et additionné de 1 à 3 parties d'eau pour compenser les pertes par évaporation et selon le degré de dureté à donner à la pâte. Le coke doit être fait avec les meilleurs charbons pulvérisés et purifiés par des lavages. La pâte est alors comprimée et passée par une filière, puis les charbons sont étagés dans des creusets et soumis pendant un temps déterminé à une haute température. On peut trouver dans l'ouvrage de M. H. Fontaine, p. 54, le détail des opérations qu'il y a à faire pour la préparation de ces charbons.

Nous ajouterons que M. Carré, voulant donner aux projections de la lumière électrique les teintes les plus favorables, surtout dans les effets de théâtre, est parvenu à disposer ses charbons de manière à fournir eux-mêmes cette teinte qui, au lieu d'être d'un blanc bleuâtre, devient d'un jaune rosé très favorable pour faire valoir le teint des actrices.

La fabrication de M. Carré, depuis les grandes expé-

riences faites par la Compagnie Jablochkoff, a pris une extension considérable, et, grâce à l'établissement en grand de ses procédés, il peut livrer les charbons à 50 p. 100 meilleur marché que dans l'origine. Aujourd'hui ces charbons sont d'un prix très abordable dans la pratique, et c'est une grande facilité donnée au développement des applications de la lumière électrique.

Système de M. Gauduin. — Les charbons fabriqués par M. Gauduin sont en carbone pur, et c'est le noir de fumée qui en est la base ; mais, comme le prix de ce corps est relativement élevé, que son maniement est difficile, M. Gauduin a dû chercher ailleurs une meilleure source de carbone, et il l'a trouvée dans la décomposition, par la chaleur en vase clos, des brais secs, gras ou liquides, des goudrons, résines, bitumes, essences et huiles naturelles ou artificielles, des matières organiques susceptibles de laisser du carbone suffisamment pur après leur décomposition par la chaleur.

Ces produits déposés dans des creusets sont chauffés au rouge clair, et les produits volatils sont conduits dans une chambre de condensation, d'où ils sont dirigés, par un serpentin en cuivre, avec les produits liquides, tels que goudrons, huiles, essences et carbures d'hydrogène, dans un autre serpentin où on les recueille pour être utilisés à la fabrication des charbons. Il reste dans la cornue du charbon plus ou moins compact qu'on pulvérise aussi finement que possible et qu'on agglomère soit seul, soit mêlé à une certaine quantité de noir de fumée, au moyen des carbures d'hydrogène obtenus comme produits secondaires.

Ainsi préparés, ces carbures sont complètement exempts de fer et sont bien préférables à ceux qu'on trouve dans le commerce. L'inventeur se sert, pour le moulage de ses charbons, de moules en acier capables de résister aux plus hautes pressions d'une forte presse hydraulique. Ces moules sont disposés en filières, et leur disposition a été

très perfectionnée par M. Gauduin, car, par son procédé, les crayons sont constamment soutenus sur toute leur longueur et ils ne cassent plus sous leur propre poids, comme cela leur arrivait souvent avec les filières ordinaires.

Dernièrement, M. Gauduin a perfectionné son procédé. Au lieu de carboniser du bois, de le réduire en poudre et de l'agglomérer ensuite, l'inventeur prend du bois sec convenablement choisi, auquel il donne la forme du crayon définitif; puis il le convertit en charbon dur et l'imbibe finalement comme dans la fabrication que nous avons décrite. La distillation du bois se fait lentement, de manière à chasser les corps volatils, et le séchage final est obtenu dans une atmosphère réductrice d'une température très élevée. Un lavage préalable dans les acides et les alcalis enlève au bois les impuretés qu'il possède.

M. Gauduin indique également le moyen de boucher les pores du bois, en le faisant chauffer au rouge et en le soumettant à l'action du chlorure de carbone et de divers carbures d'hydrogène. Il espère ainsi produire des charbons électriques s'usant peu et donnant une lumière absolument fixe.

Ces charbons, toutefois, n'ont pas répondu aux espérances qu'ils avaient fait naître : aussi n'ont-ils pu se répandre beaucoup dans le commerce, et il n'est guère que la maison Sautter et Lemonnier qui les emploie. Aujourd'hui encore on s'en procure difficilement, et il est douteux qu'ils puissent soutenir la concurrence avec ceux de M. Carré, qui emploient pour matière première un corps (le coke) que l'on trouve à un prix très bas.

Effets résultant de l'addition des sels métalliques aux charbons préparés pour la lumière électrique. — Comme nous l'avons vu p. 123, on a cherché si l'on pourrait avoir avantage à allier aux charbons des sels métalliques pouvant fournir, indépendamment de l'arc voltaïque, une

lumière propre à la combustion des métaux transportés à l'électrode négative. Voici les expériences qui ont été entreprises à cet égard par MM. Gauduin, Carré, Archereau.

Les substances introduites dans le carbone pur par M. Gauduin afin d'augmenter la puissance lumineuse de l'arc voltaïque ont été : le phosphate de chaux des os, le chlorure de calcium, le borate de chaux, le silicate de chaux, la silice précipitée pure, la magnésie, le borate de magnésie, le phosphate de magnésie, l'alumine, le silicate d'alumine. Les proportions étaient calculées de manière à introduire 5 % d'oxyde après la cuisson des crayons. Ceux-ci étaient soumis à l'action d'un courant électrique, toujours de même sens, fourni par une machine Gramme assez puissante pour entretenir un arc voltaïque de 10 à 15 millimètres de longueur. Or, voici les résultats obtenus :

1° Le phosphate de chaux a été décomposé, et le calcium réduit a brûlé au contact de l'air avec une flamme rougeâtre; la lumière mesurée au photomètre a été double de celle qui est produite par des charbons de même section taillés dans les résidus de cornues à gaz. La chaux et l'acide phosphorique se sont, il est vrai, répandus dans l'air en produisant une fumée assez abondante ;

2° Le chlorure de calcium, le borate et le silicate de chaux se sont également décomposés. Mais les acides borique et silicique ont paru échapper par la volatilisation à l'action de l'électricité. La lumière fournie a été moindre qu'avec le phosphate de chaux ;

3° Le silice a rendu les charbons moins conducteurs et a diminué la lumière ; elle fond d'ailleurs et se volatilise sans être décomposée ;

4° La magnésie, le borate et le phosphate de magnésie ont été décomposés, et le magnésium en vapeur se rendant au pôle négatif a brûlé au contact de l'air avec une flamme blanche qui a augmenté beaucoup la lumière,

mais moins cependant qu'avec les sels de chaux. La magnésie, les acides borique et phosphorique se sont répandus dans l'air à l'état de fumée ;

5° L'alumine, le silicate d'alumine, ont été difficiles à décomposer ; il a fallu, pour y arriver, un fort courant et un arc voltaïque considérable. Dans ces conditions, on voit l'aluminium en vapeur sortir du pôle négatif comme un jet de gaz et brûler avec une flamme bleuâtre peu éclairante.

De son côté, M. Archereau a reconnu que l'introduction de la magnésie dans les charbons préparés pour la lumière électrique peut augmenter leur pouvoir éclairant dans le rapport de 1 à 1,34.

Enfin, suivant M. Carré, il paraîtrait :

1° Que la potasse et la soude doubleraient au moins la longueur de l'arc voltaïque, le rendraient muet, et qu'en se combinant à la silice qui existe toujours dans les charbons de cornue ils l'éliminent en la faisant fluer à 6 ou 7 millimètres des pointes, à l'état de globules vitreux, limpides et souvent incolores. La lumière serait augmentée par cette réaction dans le rapport de 1,25 à 1 ;

2° Que la chaux, la magnésie et la strontiane augmenteraient cette lumière dans le rapport de 1,30 ou 1,50 à 1 en la colorant diversement ;

3° Que le fer et l'antimoine porteraient cette augmentation à 1,60 et 1,70 ;

4° Que l'acide borique augmenterait la durée des charbons, en les enveloppant d'un enduit vitreux qui les isole de l'oxygène, mais sans augmenter la lumière ;

5° Qu'enfin l'imprégnation des charbons purs et régulièrement poreux avec des dissolutions de divers corps est un moyen commode et économique de produire leurs spectres, mais qu'il est préférable de mélanger les corps simples aux charbons composés.

Charbons métallisés.—Suivant M. E. Reynier, les char-

bons s'usant un peu par leur combustion sur leurs faces latérales, qui sont souvent rougies en pure perte pour la lumière sur une longueur de 7 ou 8 centimètres au-dessus et au-dessous du point lumineux, on aurait avantage à les recouvrir d'une enveloppe métallique, afin d'éviter cette combustion latérale. Il résulte en effet des expériences faites par lui dans les ateliers de MM. Sautter et Lemonnier, avec une machine Gramme du modèle de 1876, que les charbons métallisés s'usent sensiblement moins que les charbons ordinaires, et voici les résultats de ces expériences.

DIMENSIONS DES CHARBONS.	ÉTAT DE LA SURFACE DES CHARBONS	LONGUEURS DES CHARBONS DÉPENSÉS EN UNE HEURE			MESURES PHOTOMÉTRIQUES EN BECS CARCEL
		Au pôle +	Au pôle —	Total	Becs
$d = 7^{mm}$	Nue . . .	166mm	68mm	234mm	947
S = 0cc,3846	Cuivrée. .	146	40	186	»
	Nikelée. .	106	38	144	947
$d = 9^{mm}$	Nue . . .	104	50	154	528
S = 0cc,6358	Cuivrée. .	98	34	132	553
	Nikelée. .	68	36	104	516

« Ces expériences, dit-il, ont été faites avec des charbons Carré et une lampe Serrin. On a remarqué d'un autre côté qu'avec les charbons *nus*, c'étaient ceux du plus petit diamètre qui avaient la taille la plus longue, ce qui est rationnel; mais on a reconnu aussi qu'avec les charbons *métallisés*, c'était l'inverse qui avait lieu, ce qui est difficile à expliquer.

« On peut toujours conclure de ces expériences :

« 1° Qu'indépendamment de l'amélioration apportée à la taille du charbon positif, le nickelage des charbons prolonge de 50 pour cent la durée des charbons de 9mm, et de 62 pour

cent la durée des charbons de 7mm. Le cuivrage l'augmente aussi, mais d'une quantité qui est intermédiaire entre la durée des charbons nus et des charbons nickelés.

« 2° Qu'à section égale, la métallisation des charbons ne semble pas modifier le rendement lumineux qu'ils fournissent à l'état naturel.

« 3° Que le pouvoir lumineux des charbons de petit diamètre est de beaucoup supérieur, pour une même intensité électrique, à celui des charbons de grand diamètre, ce qui tient d'un côté à ce que les corps conducteurs interposés dans un circuit composé de conducteurs de grosse section ou de bonne conductibilité s'échauffent d'autant plus qu'ils ont un plus faible diamètre ; d'un autre côté, à ce que la polarisation, étant d'autant plus énergique que les charbons sont plus petits, concentre davantage l'effet calorifique qui en résulte et dont nous avons parlé p. 20 ; enfin à ce que, pour obtenir le maximum de lumière, il faut que la résistance du circuit de l'arc voltaïque se rapproche le plus possible de celle du générateur.

« 4° Que la métallisation, en permettant d'employer des charbons de petite section au lieu de gros, pour une même durée d'action, donne des résultats avantageux. Cette métallisation s'effectue d'ailleurs galvaniquement. »

Suivant M. A. Ikelmer, ce système de métallisation des charbons ne pourrait donner des effets avantageux qu'autant qu'il pourrait diminuer la résistance que les charbons opposent à la propagation du courant, et comme cette légère couche métallique s'oxyde sous l'influence de la haute température à laquelle elle est soumise et qu'elle se désagrège sur une longueur qui peut atteindre 8 et même 10 centimètres, l'amélioration de la conductibilité des charbons pas plus que leur incombustibilité latérale ne peuvent être obtenues de cette manière. En conséquence, il pense que le problème serait beaucoup mieux résolu, du moins au point de vue de la meilleure conductibilité à donner aux charbons, en les associant à des tiges métalliques. Ces tiges pourraient être placées soit à l'intérieur des baguettes de charbon elles-mêmes, soit des deux côtés de l'isolant, avec les bougies électriques, et de cette

manière elles pourraient s'échauffer sans danger d'oxydation. M. Jablochkoff, qui avait breveté ce système de baguettes dès le mois de novembre 1878, n'y trouve d'avantages qu'en ce qu'il permet de rendre beaucoup moins grande l'usure des électrodes, et si au lieu d'un revêtement de charbon on emploie un revêtement de magnésie et une tige de fer, comme il l'a fait quelquefois pour confectionner ses bougies, cette usure peut être huit fois moins grande ; mais on n'obtient ce résultat qu'aux dépens de l'éclat de la lumière produite qui se trouve alors réduite à celle de six ou huit becs de gaz. Néanmoins, comme il est des cas où l'on a avantage à augmenter la durée de la bougie au préjudice de l'intensité lumineuse, il a fait breveter ce système, pensant l'employer en Russie pour l'éclairage des wagons pendant la nuit.

Effets de la chaleur sur la conductibilité des charbons. — La chaleur, on le sait, modifie la conductibilité électrique des corps, elle diminue celle des conducteurs métalliques, mais elle augmente généralement celle des corps médiocrement conducteurs, solides ou liquides[1], et le charbon est précisément dans ce cas. D'après les recherches de M. Borgman, l'élévation de la température d'un corps charbonneux au point de lui faire atteindre le rouge orangé diminuerait sa résistance dans les rapports suivants :

Pour le charbon de bois : de	0,00370	entre	26° et 260°	centig.
Pour l'anthracite Dormez :	0,00265	—	20° et 260°	—
Pour la plombagine Alibert :	0,00082	—	25° et 250°	—
Pour le coke :	0,00026	—	26° et 275°	—

Il paraîtrait même qu'un faible rayonnement calorifique déterminerait une diminution de résistance dans des plaques de charbon de bois ; et entre 100 et 125 de-°

[1] Voir mon mémoire sur la conductibilité des corps médiocrement conducteurs, p. 27.

grés, la résistance des charbons de pin, d'orme et d'ébène, varierait notablement.

Lumière produite au moyen de conducteurs d'insuffisante conductibilité. — Nous avons dit au commencement de ce chapitre qu'un des moyens de produire la lumière électrique était l'échauffement que prenait, sous l'influence du passage d'un courant énergique, un corps solide d'une conductibilité insuffisante interposé entre deux réophores de bonne conductibilité. Nous avons également vu que des baguettes de charbon et des corps réfractaires pouvaient constituer ce corps de conductibilité insuffisante, et que M. Jablochkoff d'un côté et MM. Lodyguine et Kosloff de l'autre avaient fait à cet égard des expériences très intéressantes. C'est de ce nouveau système de production de la lumière électrique que nous allons maintenant nous occuper, et nous commencerons par le système de M. Jablochkoff, qui est le plus curieux.

Système de M. Jablochkoff. — Dans ce nouveau système, ce sont les courants d'induction résultant d'une bobine de Ruhmkorff de médiocre dimension qui sont mis à contribution, et c'est un morceau de kaolin peu cuit, d'une épaisseur de deux millimètres et d'un centimètre de largeur, qui constitue le corps semi-conducteur appelé à fournir le point incandescent ou plutôt le foyer lumineux, car toute la masse semble alors illuminée. Avec une seule bobine on peut facilement obtenir 2 foyers lumineux dans un même circuit, mais en augmentant le nombre des bobines d'induction et la force du générateur on peut augmenter indéfiniment le nombre de ces foyers, ce qui pourrait résoudre jusqu'à un certain point le problème si difficile de la division de la lumière électrique. Nous nous occuperons, du reste, plus tard de cette question.

La disposition de ce système est d'ailleurs fort simple : le petit morceau de kaolin est introduit entre deux petits

becs de fer qui constituent les électrodes polaires, et qui sont eux-mêmes portés par deux pinces susceptibles de se mouvoir horizontalement au moyen de vis de rappel. Ces petits becs saisissent le morceau de kaolin, placé sur champ, par son arête supérieure légèrement amincie, et dépassent même un peu cette arête pour qu'on puisse plus facilement allumer l'appareil : car cet appareil doit être allumé, et cela se comprend aisément, puisque cette matière n'est pas assez conductrice par elle-même, même pour des courants induits, pour pouvoir laisser passer un courant capable de produire de la lumière électrique. Pour suppléer à ce défaut de conductibilité, il faut que la plaque de kaolin soit échauffée dans le voisinage des électrodes, et l'on obtient ce résultat d'une manière très simple, en joignant à la main les deux becs de fer dont nous avons parlé par un crayon de charbon de cornue. En provoquant d'abord l'étincelle sur l'un des becs, le charbon rougit, transmet sa chaleur à la partie du kaolin la plus voisine qui entre en fusion, et donne passage à l'effluve électrique, d'abord sur un très petit parcours (1 ou 2 millimètres), puis sur une longueur de plus en plus grande à mesure qu'on fait glisser successivement le charbon sur le kaolin, et qui finit par occuper toute la longueur de celui-ci quand la pointe rougie du charbon a atteint le second bec de fer. Alors le courant suit un sillon de matière fondue qui se creuse successivement et qui dessine à la vue un ruban de lumière éblouissante paraissant beaucoup plus large qu'il n'est réellement, en raison de l'irradiation. Il faut, par exemple, avoir soin de concentrer la chaleur développée par le charbon au moyen d'un réflecteur en matière réfractaire, lequel peut n'être, du reste, qu'une lame de kaolin. La lumière ainsi fournie est, comme je l'ai dit déjà, très stable, très brillante et beaucoup plus douce que la lumière des charbons. Sa puissance dépend naturellement de la résistance du circuit et du nombre de foyers lumineux interposés,

mais avec une faible force électrique, elle équivaut à un ou deux becs de gaz.

Le kaolin est la substance qui a paru la meilleure, parce que, étant préparée en pâte, elle peut être rendue très homogène ; mais d'autres matières peuvent produire les mêmes effets ; la magnésie, la chaux ont fourni en effet de très bons résultats[1].

Une chose assez intéressante à constater dans les expériences entreprises par M. Jablochkoff, c'est que les courants fournis par l'appareil d'induction destiné à produire la lumière gagnent beaucoup, dans ce genre d'application, à être excités par un générateur magnéto-électrique à courants alternativement renversés, tels que ceux que fournit la compagnie l'*Alliance* ou la compagnie *Lontin*. Avec un pareil générateur, l'appareil d'induction n'a plus besoin, en effet, de condensateur ni d'interrupteur, et l'intensité du courant induit gagne considérablement à cette suppression. En revanche, sa tension est notablement diminuée, car dans les expériences dont j'ai été témoin l'étincelle n'avait guère plus de 2 millimètres de longueur; mais pour obtenir des effets calorifiques, c'est l'intensité qui est surtout nécessaire, et nous avons vu que, sous ce rapport, les résultats fournis ne laissaient rien à désirer. Grâce à ce système, une machine d'induction de Ruhmkorff peut donc fournir de la lumière

[1] La conductibilité de ce kaolin, étudiée au moyen du procédé employé dans mes recherches sur les corps médiocrement conducteurs, n'a révélé quelques traces du passage d'un courant voltaïque résultant de 12 éléments Leclanché, que quand l'échantillon avait séjourné à la cave pendant plus d'un jour. Maintenu dans un appartement habité, il n'a fourni aucune déviation, et quand on l'a chauffé au rouge à la lampe à esprit-de-vin, il n'a fourni qu'une déviation de 1 degré. Il faut donc, pour obtenir les effets importants qui ont été signalés, que l'électricité de tension, par suite de la résistance qu'elle rencontre dans son passage, s'accumule au sein même de la substance du mauvais conducteur et se transforme en chaleur, ne pouvant pas écouler suffisamment vite la charge électrique.

électrique, et c'est un résultat d'autant plus important qu'il n'est pas besoin d'un régulateur de lumière électrique pour la fixer, et que l'usure du kaolin est pour ainsi dire insignifiante (1 millimètre par heure). Le générateur magnéto-électrique lui-même n'a pas besoin d'être énergique, et l'on peut, d'ailleurs, comme nous l'avons dit, le proportionner au nombre de becs lumineux qu'on veut avoir, en ayant soin d'y adjoindre un nombre convenable de bobines d'induction dont le fil induit ne soit pas trop fin.

Quand on veut obtenir l'illumination d'une longue lame de kaolin sous l'influence d'un courant très énergique, il devient nécessaire, pour l'allumage, de tracer à la mine de plomb sur l'arête supérieure du mauvais conducteur une ligne allant d'une électrode à l'autre et servant d'amorce. Le courant d'abord conduit par cette ligne n'est pas longtemps à échauffer le kaolin et à produire les effets que nous avons indiqués. Cette disposition permet d'obtenir, sur un espace assez restreint, une grande quantité de lumière, car il suffit de replier la lame plusieurs fois sur elle-même pour accumuler les effets, à la manière d'un multiplicateur électrique.

Suivant M. Jablochkoff, l'intensité lumineuse de ces différents foyers varie suivant la disposition et les dimensions de la bobine et le nombre des becs interposés sur chacun des circuits de ces bobines. On a pu, en conséquence, les disposer de manière à fournir des lumières de diverses intensités, depuis une lueur minimum de 1 ou 2 becs de gaz jusqu'à une lumière équivalente à une quinzaine de becs.

« Dans ce système, dit M. Jablochkoff, le mode de distribution des courants se réduit, en définitive, à une artère centrale représentée par la série des fils antérieurs correspondant aux hélices inductrices des différentes bobines, et à autant de circuits partiels qu'il y a de bobines; ces derniers circuits correspondent aux fils induits des bobines et aboutissent séparé-

ment aux différents foyers lumineux qu'il s'agit d'entretenir. Chacun de ces foyers est donc alors parfaitement indépendant, et peut être éteint ou allumé séparément. Dans ces conditions, la distribution de l'électricité devient très analogue à celle du gaz, et j'ai pu obtenir jusqu'à 50 foyers illuminés simultanément avec des intensités lumineuses variables. »

Dernièrement M. Jablochkoff a rendu plus pratique le système que nous venons de décrire, en faisant réagir directement le courant fourni par le petit modèle de machine magnéto-électrique de la compagnie l'*Alliance*. Pour donner aux courants plus de tension, il adapte sur l'un des fils allant de la machine à chaque appareil à lumière un condensateur d'une assez grande surface, composé de feuilles d'étain, de feuilles de caoutchouc ou de feuilles de taffetas gommé, alternées et repliées comme dans les condensateurs anglais pour les câbles sous-marins. De cette manière, il peut avec une surface totale de condensateur de 200 mètres carrés obtenir sept foyers de lumière au lieu de deux, et, ce qui est plus curieux, l'accroissement de l'effet s'effectue même avec des courants alternativement renversés. La disposition du système est d'ailleurs des plus simples : l'une des armures de chaque condensateur aboutit à l'un des deux fils de la machine, et le second fil de cette machine aboutit à l'une des griffes de chaque appareil à lumière dont l'autre griffe correspond à la seconde armure de chaque condensateur. Il se produit alors, au sein du condensateur, des flux successifs d'électricités contraires qui, pour opérer la charge de ces condensateurs, fournissent l'illumination des lames de kaolin sur lesquelles sont empreintes des traces plombaginées d'une griffe à l'autre.

Système de MM. Lodyguine et Kosloff. — Des différents systèmes employés pour obtenir des effets lumineux par l'amoindrissement de la section d'un bon conducteur, celui combiné par MM. Lodyguine et Kosloff a fourni les

résultats les plus intéressants. Ces résultats ont même eu, en 1874, beaucoup de retentissement, car les effets étaient à peu près semblables à ceux dont nous venons de parler ; mais il fallait, pour les produire, une force électrique beaucoup plus considérable, et les organes appelés à rougir au blanc, qui étaient des charbons de cornue de petite section, ne présentaient pas les conditions de solidité et de stabilité désirables.

Dans ce système, ces petites aiguilles de charbon étaient évidées dans des prismes de charbon de un centimètre au moins de côté, et étaient fixées entre deux pinces isolées mises en rapport avec les deux branches du circuit, comme dans le système Jablochkoff[1]. Pour empêcher leur combustion, on les renfermait dans des récipients vides d'air ou simplement hermétiquement fermés, afin que l'oxygène de l'air emprisonné ne fût pas renouvelé. Avec une forte machine de l'*Alliance*, on a pu, dit-on, obtenir de cette manière jusqu'à 4 foyers lumineux qui avaient un pouvoir éclairant assez satisfaisant. Malheureusement ces charbons se rompaient fréquemment, et c'était tout un travail que de les remplacer. On imagina alors, pour obvier à cet inconvénient, plusieurs dispositifs ingénieux dont nous parlerons plus tard ; mais, en somme, on n'a guère obtenu de tous ces systèmes rien de bien satisfaisant au point de vue pratique.

Il arrivait en effet que le petit crayon de charbon, entre les deux blocs, s'usait tout particulièrement au milieu, et, lors de l'extinction, on remarquait que les débris

[1] Il paraît que la communication, avec les fils du circuit, des charbons destinés à rougir, a été l'une des difficultés qui ont le plus arrêté MM. Lodyguine et Kosloff. En effet, en faisant pénétrer les fils dans le charbon, celui-ci se rompait, en raison de la différence de dilatation du métal et du charbon, et d'autre part ce métal, en touchant le charbon chauffé au blanc, fondait aux points de contact. M. Kosloff, après de nombreuses expériences, a évité, à ce qu'il paraît, ces difficultés en employant un métal spécial pour former les supports des tiges de charbon.

représentaient une notable partie du petit charbon en ignition : de là une perte considérable dans la baguette de carbone.

Système Edison. — Dès l'année 1845, M. Draper, en Amérique, avait cherché à tirer parti de l'incandescence d'un fil de platine roulé en spirale pour produire un foyer de lumière électrique, et l'on fit beaucoup de bruit en 1858 d'un système imaginé par M. de Changy qui n'était pas autre chose[1]. Dernièrement M. Edison a repris cette idée, et on a fait à ce propos assez de tapage dans les journaux pour faire baisser dans une forte proportion les actions des compagnies de gaz. Mais ce système, outre qu'il n'avait rien de nouveau, ne résolvait que très imparfaitement la question, et l'on verra au chapitre des lampes électriques à incandescence les moyens qu'il employait, non pas pour produire l'effet lumineux que tout le monde connait, mais pour empêcher la spirale de platine de fondre quand l'intensité de la chaleur dépassait le degré de fusibilité du platine[2]. M. Hospitalier a également imaginé dans le même

[1] On lit dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* que, le 27 février 1858, M. Jobard, de Bruxelles, avait annoncé à la compagnie que M. de Changy venait de résoudre le problème de la divisibilité de la lumière électrique, en l'obtenant à l'aide de l'incandescence d'une spirale de platine. (Voir mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. IV, p. 501. 2me édition.)

[2] Il paraît, d'après certains journaux américains, que la prétendue merveilleuse découverte d'Edison ne serait pas sérieuse. Voici, en effet, ce que nous lisons dans le *New-York Herald* du 5 janvier 1879 :

« M. Edison a reçu de la Société de la lumière électrique 100 000 livres pour continuer ses expériences. Il en a dépensé déjà, à ce que l'on pense, 76 000 livres jusqu'à ce jour, et il n'a encore abouti qu'à des promesses, mais on peut être certain qu'aucune ne sera réalisée, et que nulle révolution importante, en fait de lumière électrique, ne viendra de Menlo-park d'ici à 50 ans, du moins, si l'on en juge par la vitesse des progrès qui y sont accomplis en ce moment. Ce qui y sera fait dépendra, dans une grande mesure, des résultats obtenus à la suite de toutes les recherches et expériences entreprises dans le monde entier, et dont les résultats sont envoyés de suite à M. Edison. »

but un système de régulateur, mais qui est plus compliqué et qui fait de l'appareil une sorte de lampe électromagnétique à incandescence. Nous croyons que tous ces moyens d'éclairage électrique fondés uniquement sur les effets d'incandescence laissent beaucoup à désirer, et nous croyons bien préférables ceux dans lesquels l'arc voltaïque et la combustion se joignent aux effets d'incandescence ; nous allons voir en effet que dans les systèmes de MM. Reynier, Werdermann, etc., les effets sont beaucoup plus satisfaisants.

Systèmes de MM. E. Reynier, Werdermann, etc. — Dès le commencement de l'année 1878, M. Émile Reynier, frappé des avantages que pouvaient présenter les effets d'incandescence pour la production facile de la lumière électrique et surtout sa division, imagina d'associer à ces effets avantageux ceux résultant de l'arc voltaïque, et pour cela il disposa les charbons du système King ou Lodyguine de manière qu'ils pussent brûler et fournir, au point de contact, un petit arc voltaïque résultant des répulsions exercées par les éléments contigus d'un même courant, comme cela existe dans les régulateurs de MM. Fernet et Van Malderen. Il disposa, en conséquence, au-dessus d'un gros charbon fixe, une petite baguette de charbon très mince (2 millimètres de diamètre environ) qu'il soutenait verticalement au moyen d'un porte-charbon pesant, et qu'il ne mettait en rapport avec le courant que sur une hauteur convenable (à partir du charbon fixe), pour fournir une incandescence vive de la baguette; et comme par suite de cette disposition la baguette s'usait au point de contact avec le charbon massif, il suppléait à cette usure par un avancement progressif de la baguette de charbon, lequel s'effectuait sous l'influence du poids seul du porte-charbon. Toutefois, comme il résultait de cette combustion, et avec les charbons impurs du commerce, des cendres qui s'accumulaient au point de contact, il disposa l'appareil de

manière que le charbon massif, cédant à un mouvement de rotation, pût faire tomber successivement les cendres. Dans ces conditions, M. Reynier put allumer cinq lampes avec le courant d'une pile de Bunsen de 30 éléments, et il put même maintenir allumée pendant plus d'un quart d'heure une de ces lampes avec le courant d'une batterie de polarisation de M. Planté de 3 éléments. Quelque temps après, la même idée fut reprise par M. Werdermann en employant une disposition inverse de celle de M. Reynier, et dans laquelle la baguette de charbon étant poussée de bas en haut par un contrepoids permettait d'employer un charbon massif immobile au lieu d'un charbon mobile. Cette disposition, suivant l'auteur, aurait donné de très bons résultats, et, avec une machine Gramme à galvanoplastie disposée en quantité, il aurait pu allumer, sur 10 circuits dérivés, 10 lampes de ce modèle qui fournissaient chacune une lumière équivalente à 40 Candles [1]. Les expériences qu'il fit, à cette occasion, sur l'influence exercée par des électrodes de charbon de divers diamètres, étant très intéressantes au point de vue qui nous occupe, nous croyons devoir les rapporter ici telles qu'il les a données dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences le 18 novembre 1878 :

« Quand on produit l'arc voltaïque entre deux charbons de même section, dit M. Werdermann, les changements aux extrémités polaires s'opèrent de la manière connue : l'électrode positive chauffée au blanc prend la forme d'un champignon, se creuse en forme de cratère et s'use deux fois plus que l'électrode négative. Celle-ci, qui n'est que chauffée au rouge par le courant, se trouve alors taillée lentement en pointe, et la longueur de l'arc est en rapport avec la tension du courant.

« Il n'en est plus de même, si l'on donne aux deux électrodes

[1] D'après M. Werdermann, la machine n'exigeait pour fournir cet éclairage que deux chevaux de force. Mais on m'a assuré que ce renseignement était inexact et qu'il fallait compter sur une force infiniment plus grande.

une section différente. Quand on diminue graduellement la section de l'électrode positive et qu'on augmente celle de l'électrode négative, la chaleur rouge observée à la pointe de cette dernière diminue de plus en plus, tandis que la chaleur de l'électrode positive augmente en proportion de la réduction de sa section. Le courant électrique ne franchit plus la distance entre les électrodes avec la même facilite, et pour pouvoir maintenir l'arc voltaïque, il faut rapprocher les électrodes, ou diminuer la distance qui les sépare, afin que le courant puisse passer de l'une à l'autre.

« Un phénomène étrange se manifeste alors : le bout de l'électrode positive s'élargit considérablement, et il se manifeste une tendance du courant à égaliser les deux surfaces, c'est-à-dire à donner à l'électrode positive, autant que possible, la même section que la négative. Plus la différence entre la section des électrodes est considérable, plus il faut diminuer la distance entre elles, et pour éviter le trop grand gonflement de l'électrode positive, il faut réduire un peu la tension du courant, ce qui est facile en employant une machine Gramme avec laquelle la tension du courant est proportionnelle à la vitesse, la résistance de la bobine restant constante.

« On arrive ainsi à une limite ou la distance entre les électrodes devient infiniment petite, c'est-à-dire où les électrodes sont en contact. C'est quand leurs sections sont à peu près comme 1 est à 64; alors l'électrode négative ne s'échauffe presque plus, et n'est, par conséquent, pas consumée. Dans ces conditions, c'est l'électrode positive seule qui se consume en produisant une belle lumière absolument fixe, et aussi longtemps que le contact intime entre elle et l'électrode négative est maintenu. En réalité, c'est une lumière produite par un arc voltaïque infiniment petit.

« Quand on opère de la manière inverse, c'est-à-dire quand, au lieu de diminuer la section de l'électrode positive, on diminue graduellement de plus en plus la section de l'électrode négative, et quand on augmente en même temps la section de l'électrode positive, on voit peu à peu diminuer la lumière sur cette dernière et augmenter la chaleur de l'électrode négative.

« Quand les sections des électrodes sont à peu près dans le rapport de 1 à 64, et qu'elles ont dû être mises en contact, aucune lumière n'est plus émise par l'électrode positive, et c'est la négative seule qui produit la lumière. Ce qui est curieux, c'est que, quand un arc voltaïque est déterminé entre les deux

charbons, l'électrode la plus petite se taille toujours en pointe, qu'elle soit positive ou négative. »

La fig. 30 représente la série des transformations que

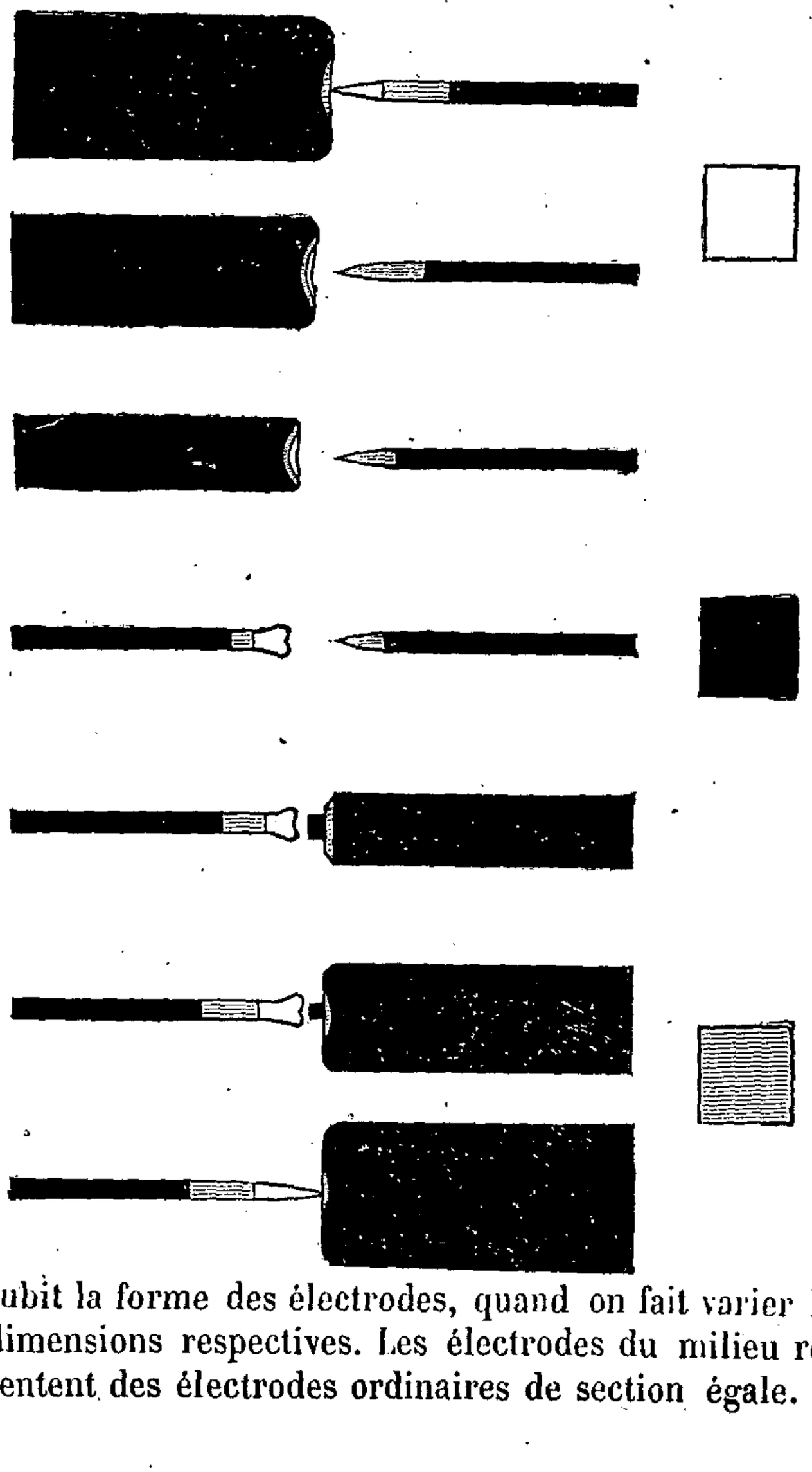


Fig. 30.

subit la forme des électrodes, quand on fait varier leurs dimensions respectives. Les électrodes du milieu représentent des électrodes ordinaires de section égale. Dans

les trois systèmes de gauche, on voit les effets produits à mesure que l'électrode du bas, qui est positive, s'accroît, et les trois électrodes de droite montrent les effets qui résultent de l'accroissement successif de l'électrode supérieure qui est négative.

Comme nous l'avons vu, M. Werdermann aurait pu obtenir, par dérivation, avec une machine Gramme à galvanoplastie, l'allumage de dix foyers de lumière électrique. La résistance de la bobine de la machine était de 0,008 ohm, et la force électro-motrice était égale à celle de 4 éléments Daniell avec une vitesse de 800 tours par minute. A cette vitesse, le courant correspondait à 66,06 webers ; mais à une vitesse de 900 tours, il répondait à 88,49 webers. Toutefois, avec les 10 lampes dont M. Werdermann disposait, la vitesse de 800 tours était suffisante.

D'après M. Werdermann les résistances du circuit étaient :

Pour une lampe.	0,392	ohm.
Pour cinq —	0,076	—
Pour dix —	0,037	—

Il est regrettable que les expériences qui ont été faites à Londres n'aient pas été assez prolongées pour qu'on pût être fixé sur la durée d'action de ces lampes. D'après ce que m'ont dit certaines personnes, on pourrait croire qu'elles ne seraient pas susceptibles d'une action constante prolongée, et il paraîtrait qu'au bout d'un quart d'heure on les éteignait

On s'est étonné qu'avec un courant ayant si peu de tension on pût obtenir de pareils résultats, et même certains sceptiques ont voulu nier le fait, dans l'origine, prétendant que pour obtenir un foyer de lumière électrique il fallait une force électro-motrice au moins égale à celle de 30 éléments Bunsen ; mais ils n'ont pas réfléchi qu'avec les foyers à incandescence il n'y a pas

de solution appréciable dans la continuité du circuit métallique, et que pour produire dans un pareil circuit des effets d'incandescence il suffit d'une source électrique de quantité. Si l'on retranche de la résistance d'un circuit de lumière quatre ou cinq mille mètres de fil télégraphique, plus la résistance de la pile qui est à peu près équivalente, et celle de l'organe électro-magnétique du régulateur, on pourra comprendre qu'une force électromotrice égale à celle de 4 éléments Daniell seulement puisse produire des effets d'incandescence sur un circuit excessivement peu résistant, et même produire plusieurs foyers de lumière, par dérivation du courant, puisque la résistance totale du circuit se trouve alors diminuée en quelque sorte proportionnellement au nombre des dérivations. On n'est pas assez familiarisé avec ces sortes d'effets, et l'on commet souvent des méprises en voulant assimiler des phénomènes dans des conditions électriques très-dissemblables.

LAMPES ÉLECTRIQUES.

Pour obtenir, de la part des charbons appelés à produire la lumière électrique, une action continue capable de constituer un foyer de lumière, il faut que ces charbons se rapprochent au fur et à mesure de leur usure et de manière que l'intensité du courant soit maintenue la plus constante possible. Or, pour obtenir ce résultat, on a

dû imaginer des dispositifs qui pussent effectuer automatiquement ces effets, et ce sont ces dispositifs qui constituent ce que l'on appelle les *régulateurs* de lumière électrique, ou simplement *lampes électriques*. Naturellement la construction de ces appareils varie suivant que la lumière est produite par l'*arc voltaïque* ou par l'incandescence.

LAMPES A ARC VOLTAÏQUE.

Les lampes électriques sont d'une date beaucoup plus ancienne qu'on ne le croit généralement. En 1840, elles consistaient dans une sorte d'excitateur de Lannes, dont les boules étaient remplacées par des baguettes de charbon qu'on avançait à la main, au fur et à mesure de leur usure ; l'appareil avait la disposition que l'on voit fig. 1. Un peu plus tard, on chercha à rendre l'avancement des charbons *automatique*, en assujettissant les porte-charbons à des mécanismes d'horlogerie ou à des effets électro-magnétiques capables de réagir à la manière d'une balance, c'est-à-dire à la moindre variation d'intensité du courant ; puis on pensa à disposer les charbons de manière à brûler à la façon d'une bougie, et c'est à ce dernier système qu'on a eu recours pour les essais d'éclairage des rues qui ont tant émerveillé les étrangers pendant toute la durée de l'exposition de 1878.

La première lampe électrique automatique paraît avoir été imaginée en 1845 par M. Thomas Wright; mais ce n'est qu'en 1848, quand MM. Staite et Petrie, en Angleterre, M. Foucault, en France, imaginèrent leurs régulateurs, qu'on y prêta quelque attention; encore fallut-il, pour qu'on pût regarder ces appareils comme susceptibles de quelque application, que M. Archereau d'un côté, et M. J. Duboscq de l'autre, les eussent appliqués à de nom-

breuses expériences de projection. A partir de ce moment, et surtout après les résultats si curieux fournis par les machines de la Compagnie l'*Alliance*, on se mit à l'œuvre de tous côtés pour perfectionner ces appareils, et l'on imagina une foule de systèmes dont les types les plus importants sont ceux de MM. Serrin, Duboscq, Siemens, Carré, Lontin, Rapieff, Brush, etc. Ayant décrit avec détails la plupart de tous les systèmes imaginés dans le tome V de mon *Exposé des applications de l'électricité*, je ne m'occuperai ici que de ceux qui sont devenus usuels dans la pratique.

Les régulateurs de lumière électrique peuvent être répartis en 6 catégories, savoir : 1° les régulateurs fondés sur l'attraction des solénoïdes, et à cette catégorie appartiennent les régulateurs d'Archereau, de Loiseau, de Gaiffe, de Jaspar, de Carré, de Brush ; 2° les régulateurs fondés sur le rapprochement des charbons par l'effet de déclanchements successifs opérés électro-magnétiquement, et parmi eux nous citerons les régulateurs de M. Foucault, de M. J. Duboscq, de M. Deleuil, de M. Serrin, de M. Siemens, de M. Girouard, de M. Lontin, de M. de Mersanne, de M. Wallace Farmer, de M. Rapieff ; 3° les régulateurs à charbons circulaires dont les types les plus importants sont les régulateurs de MM. Thomas Wright, Lemolt, Harisson, Reynier ; 4° les régulateurs à réaction hydrostatique, parmi lesquels nous citerons : les régulateurs de MM. Lacassagne et Thiers, Pascal, Marçais et Duboscq, Way ; 5° les régulateurs à réaction, tels que ceux de MM. Fernet, Van Malderen, de Bailhache ; 6° les bougies électriques du système Jablochkoff et autres. Les régulateurs à charbons incandescents constituant une classe à part, nous ne nous en occuperons que plus tard.

De tous ces appareils, ceux de MM. Foucault et Duboscq, Serrin, Gaiffe, Siemens, Carré, Lontin, Rapieff, Brush, Bürgin, sont les seuls qui soient appliqués, et, en

conséquence, ce seront eux seulement que nous décrirons.

Lampes de MM. Foucault et Duboscq.— M. Foucault est, comme nous l'avons vu, l'un des premiers qui aient conçu le régulateur à point lumineux fixe et fonctionnant sous l'influence de déclanchements successifs effectués électro-magnétiquement. Voici comment il décrit lui-même son appareil dans un mémoire adressé à l'Académie des sciences :

« Les deux porte-charbons sont sollicités l'un vers l'autre par des ressorts, mais ils ne peuvent aller à la rencontre l'un de l'autre qu'en faisant défiler un rouage dont le dernier mobile est placé sous la domination d'une détente. C'est ici qu'intervient l'électro-magnétisme : le courant qui illumine l'appareil passe à travers les spires d'un électro-aimant dont l'énergie varie avec l'intensité du courant ; cet électro-aimant agit sur un fer doux sollicité, d'autre part, à s'en éloigner par un ressort antagoniste. Sur ce fer doux mobile est montée la détente qui enraye le rouage ou le laisse défiler à propos, et le sens du mouvement de la détente est tel, qu'elle presse sur le rouage quand le courant se renforce, et qu'elle le délivre quand le courant s'affaiblit, Or, comme précisément le courant se renforce ou s'affaiblit quand la distance interpolaire diminue ou augmente, on comprend que les charbons acquièrent la liberté de se rapprocher au moment même où leur distance vient à s'accroître, et que ce rapprochement ne peut aller jusqu'au contact, parce que l'aimantation croissante qui en résulte leur oppose bientôt un obstacle iusurmontable, lequel se lève de lui-même aussitôt que la distance interpolaire s'est accrue de nouveau.

« Le rapprochement des charbons est donc intermittent ; mais, quand l'appareil est bien réglé, les périodes de repos et d'avancement se succèdent si rapide-

ment qu'elles équivalent à un mouvement de progression continu. »

M. Foucault n'explique pas comment il a réglé le rapprochement plus ou moins grand des charbons; il est probable que c'est en donnant aux poulies sur lesquelles s'enroulent les fils qui les sollicitent un diamètre inégal et en rapport avec les quantités dont ils s'usent. Il ne décrit pas non plus la manière dont agit la détente; mais il paraîtrait, d'après sa description, que c'est par une simple pression contre un tambour fixé sur l'axe des deux poulies sur lesquelles s'enroulent, en sens inverse, les cordes des porte-charbons.

Quoi qu'il en soit, cet appareil a été le point de départ de tous ceux dont nous allons parler et qui nécessitent tous une place déterminée pour chaque pôle de la pile.

Quelques années après l'appareil que nous venons de décrire, et après que M. Duboscq lui eut signalé les défauts qu'il avait rencontrés dans la plupart des régulateurs alors en usage, et même dans ceux qu'il construisait lui-même, M. Foucault combina un nouveau modèle que nous représentons fig. 31 et auquel on s'est tenu généralement jusqu'ici pour toutes les expériences de projection. C'est ce modèle que construit M. J. Duboscq.

Dans ce nouveau système, les porte-charbons B et D se terminent inférieurement par des crémaillères sur lesquelles réagit un mouvement d'horlogerie, par l'intermédiaire d'une double roue qui est disposée de manière que les deux charbons avancent l'un vers l'autre, et que, pour chaque mouvement accompli par elle, l'une des crémaillères D parcourt un chemin double de celui parcouru par l'autre. Cette disposition était commandée par l'usure inégale des deux charbons qui est, comme on l'a vu, page 20, plus grande du double pour le charbon positif. Pour obtenir ce résultat, les deux crémaillères engrènent d'un côté différent avec les deux roues dont nous avons parlé, et ces roues, fixées sur le même axe, ont un

nombre différent de dents dans le rapport de 2 à 1. Avec ce dispositif, il suffirait, pour déterminer l'action sur les charbons, de faire en sorte que, quand l'intensité du courant viendrait à être trop faible, de faire agir un électro-aimant sur le mouvement d'horlogerie dont il vient d'être question, et de l'arrêter quand les charbons, par leur rapprochement, auraient rendu l'arc voltaïque moins résistant. C'est sur ce principe qu'ont été fondés presque tous les régulateurs de ce genre; mais, pour obtenir un fonctionnement parfaitement régulier, le problème à résoudre était plus complexe, et il a fallu des dispositifs particuliers que nous allons maintenant étudier.

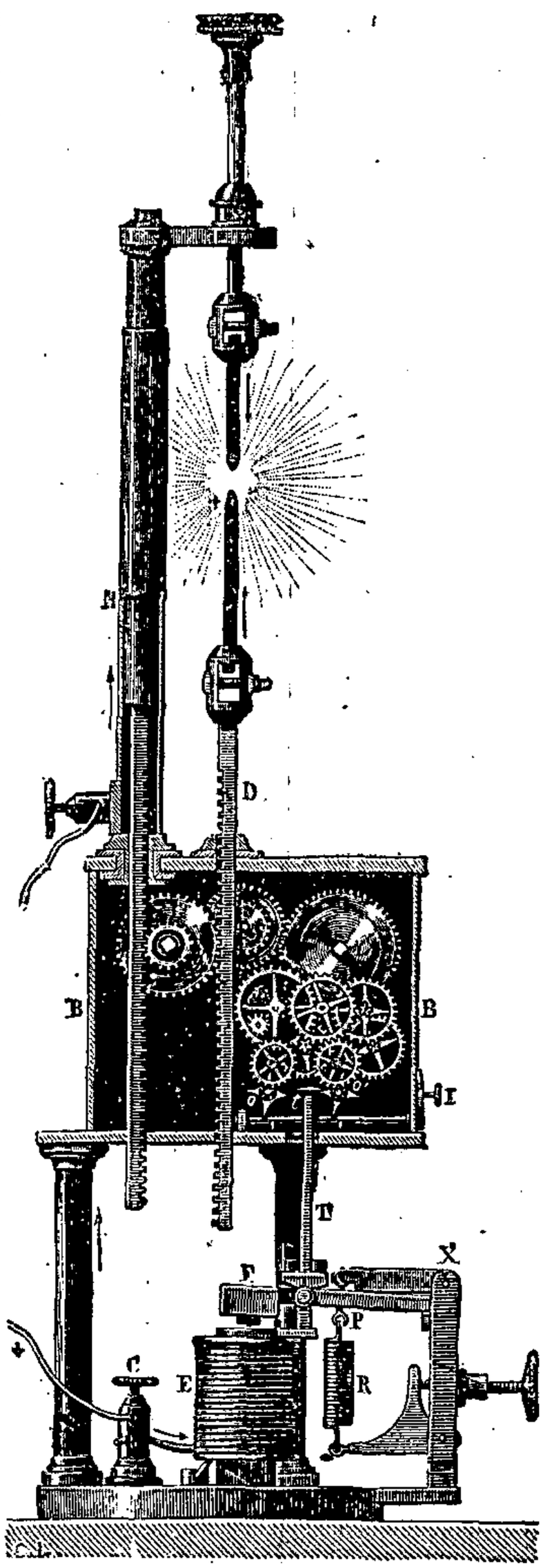


Fig. 31.

Le défaut des régulateurs basés sur le principe que nous avons exposé précédemment était que l'armature électro-magnétique destinée à dé-

clancher ou à rènclancher le mécanisme d'horlogerie se trouvait, à l'égard des forces qui devaient la solliciter (magnétisme développé dans l'électro-aimant par le passage du courant générateur de la lumière, et ressort antagoniste, dont la force mécanique doit établir l'équilibre), dans un état d'équilibre instable, et par suite obligée de se précipiter sur l'un ou l'autre des deux arrêts qui limitent sa course, sans jamais pouvoir séjourner dans une position intermédiaire. Pour y remédier, le ressort antagoniste R de l'électro-aimant E n'agit plus directement sur l'armature, mais il est appliqué à l'extrémité P d'une pièce articulée en un point fixe X, et dont le bord, façonné suivant une courbe particulière, presse en roulant sur un prolongement qui représente ainsi un levier de longueur variable, comme cela a lieu dans le *répartiteur électrique de M. Robert Houdin*. L'armature doit donc toujours rester ainsi *flottante* entre les deux positions limites, car à chaque instant la force antagoniste opposée par l'action du ressort à la puissance attractive de l'électro-aimant est compensée par l'effet du levier ainsi disposé. La position de l'armature est, autrement dit, à chaque instant, l'expression de l'intensité du courant de la source électrique. Tant que cette intensité conserve la valeur voulue et corrélative de la distance gardée entre les charbons, l'armature est équilibrée de façon à empêcher tout mouvement d'approche ou de recul; mais, dès que le courant devient trop fort ou trop faible, il y a recul ou rapprochement, et c'est le levier T, fixé à la branche du levier armature F, qui traduit ces effets par une oscillation d'une ancre d'échappement *t* fixée à l'extrémité du levier T, et qui joue le rôle d'embrayeur et de débrayeur d'un double mécanisme d'horlogerie dont nous allons maintenant étudier les fonctions, et dont les volants à ailettes *o* et *o'* jouent le rôle de détentes.

Ce mécanisme que nous représentons en grand, fig. 32, est mis en action par deux barillets L, L' qui commandent

chacun un système de rouages particulier dont le dernier mobile porte le volant à ailettes dont il vient d'être question. L'un de ces systèmes, commandé par le barillet

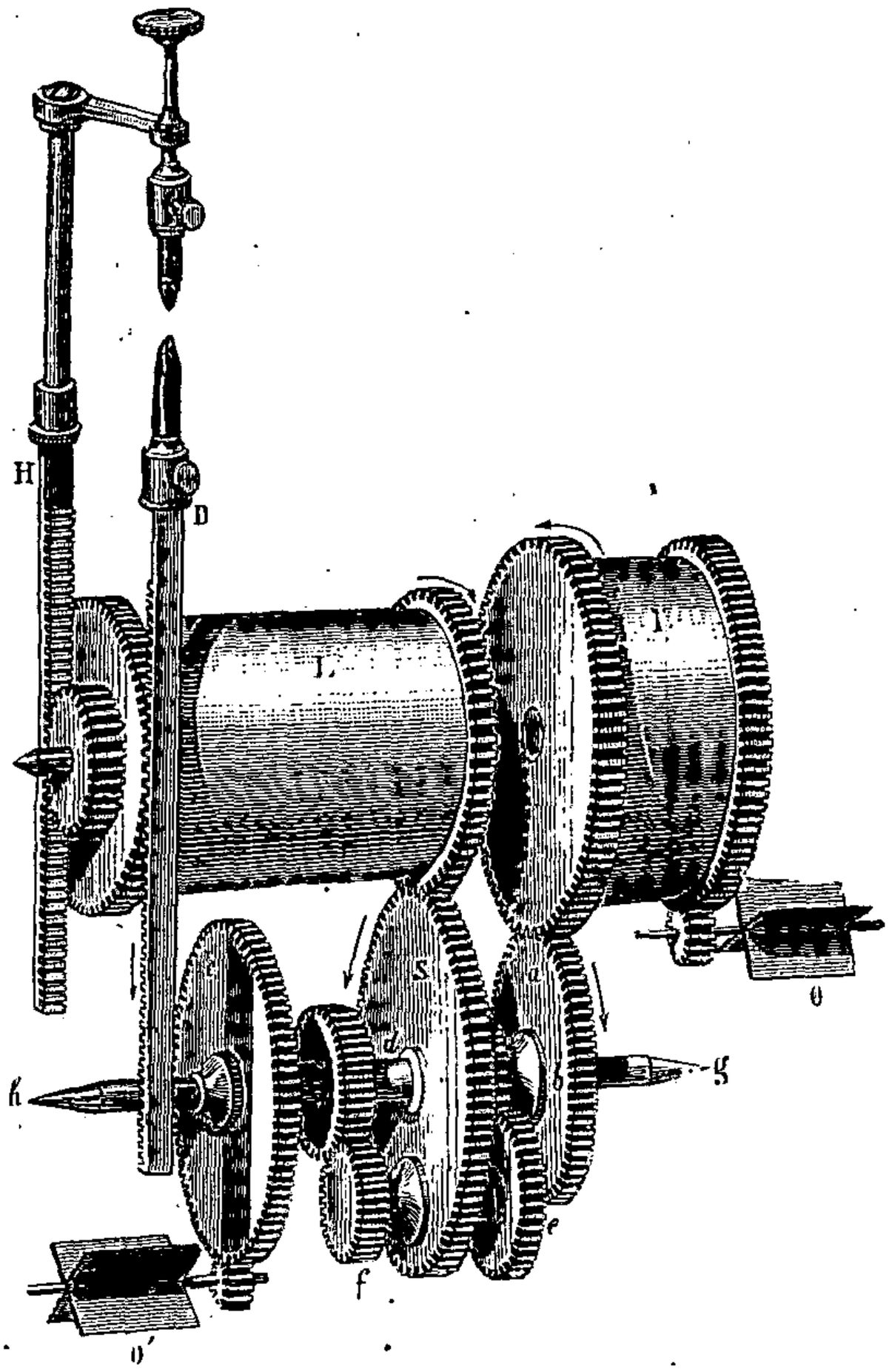


Fig. 52.

L, tend à faire écarter les charbons, l'autre à les faire se rapprocher; mais, pour pouvoir faire en sorte que ces deux mécanismes tournant en sens contraire pussent réagir sur

les rouages moteurs des charbons, il a fallu une combinaison mécanique particulière, et, pour cela, M. Foucault a dû avoir recours à un dispositif mécanique imaginé par Huyghens, et qui consiste dans deux *roues satellites f* et *e* adaptées à une roue S mobile sur l'axe *gh*. Cette roue est précisément celle qui commande le mouvement de la double roue agissant sur les crémaillères H et D ; mais elle ne peut fonctionner que quand les rouages qui correspondent aux volants O, O′ sont libérés par suite de l'action électro-magnétique et du mouvement de l'embrayeur *t*. Quand par suite du dégagement du volant O′ le rouage composé des roues *c* et *d* est dégagé, le barillet L′ fait tourner la roue S dans le sens de la flèche, et les deux charbons se rapprochent. En même temps, les deux roues satellites ont tourné, mais sans produire d'effet, car elles ont roulé autour des roues *d* et *b* : mais, quand c'est le second volant O qui est dégagé, la roue satellite *e* est mise en mouvement par la roue *a* et le pignon *b*, et en réagissant par l'intermédiaire de la roue satellite *f* sur la roue *d* elle force la roue S à exécuter un petit mouvement en sens contraire de celui que nous avons étudié précédemment et qui a pour effet d'écarter les charbons. Mais il faut pour cela que le barillet L ait plus de puissance que le barillet L′. Dans tous les cas, ce mouvement ne peut être que très limité. D'un autre côté, il faut que les roues *a* et *b* soient solidaires l'une de l'autre, mais montées à frottement doux sur l'axe *gh*, pour que la roue S puisse tourner sans les faire participer à son mouvement. Ceci étant compris, nous n'avons plus qu'à examiner le mode de fonctionnement de l'appareil.

L'arc étant établi entre les deux charbons, l'action attractive de l'électro-aimant est contre-balancée par l'effet du ressort antagoniste, de façon que l'une des branches de l'ancre d'échappement embraye le volant O′. Les charbons s'usant, l'armature F est d'autant moins attirée que l'arc s'allonge davantage ; mais aucun mou-

vement brusque ne se produit; l'armature sollicitée par le ressort antagoniste coule sur la courbe articulée X, fig. 31, et, au dernier instant, le marteau desembraye le volant *o'* et embraye le volant *o;* les charbons se rapprochent alors jusqu'à ce que l'intensité du courant soit suffisante pour rétablir la puissance de l'électro-aimant. Si les charbons sont trop rapprochés, l'armature *F* est plus attirée, et l'ancre d'échappement lâchera alors le volant *o*, effet qui déterminera le mouvement de recul des charbons.

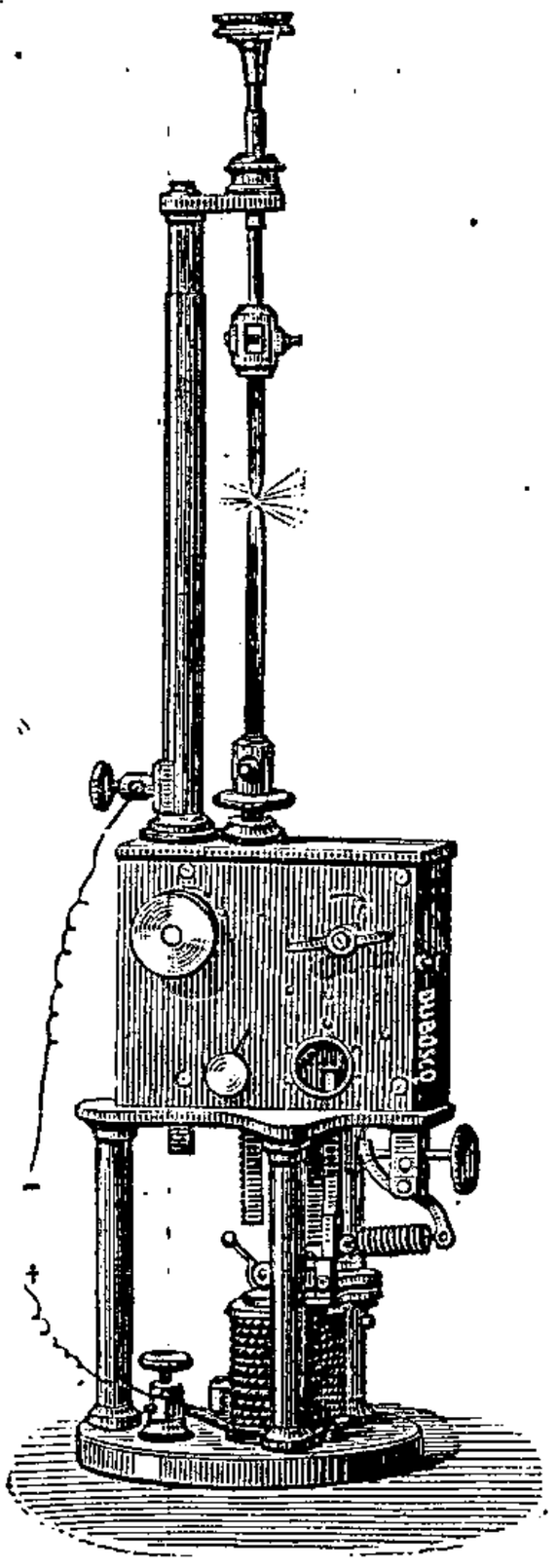


Fig. 33.

Ajoutons que les charbons peuvent recevoir deux sortes de mouvements à la main, à l'effet d'établir de prime abord la position du point lumineux. Ainsi, le charbon supérieur peut se mouvoir indépendamment du charbon inférieur, et on peut cependant monter ou descendre le système entier en conservant les charbons dans les mêmes conditions d'écartement, ce qui est nécessaire pour bien centrer le point lumineux dans les projections de la lumière électrique.

Un perfectionnement important a été apporté récemment à cet appareil. On avait remarqué que les changements d'intensité du courant modifiaient l'état du noyau magnétique et que, par suite, la puissance magnétique persistait plus ou moins. Le ressort antagoniste réglé à l'aide de la vis de rappel que l'on aperçoit à droite de la fig. 31 ne pouvait donc pas, pour une intensité élec-

trique déterminée, maintenir l'équilibre, et, si on venait à lui donner une trop grande tension, la marche de l'appareil devenait trop saccadée.

On a supprimé cet inconvénient en maintenant au ressort une tension moyenne et en disposant l'armature, à laquelle on donne une forme courbe, de façon à faire varier sa distance aux pôles de l'électro-aimant. Ce mouvement est déterminé par la friction d'un levier excentrique. Cette petite modification est indiquée fig. 33, qui représente l'aspect extérieur de l'appareil. Comme la moindre variation change sensiblement la puissance effective de l'attraction, on peut donc graduer aisément et très rigoureusement l'action de l'électricité, selon que, à un moment donné, le générateur d'électricité est accru ou affaibli en puissance.

Dans ce nouveau modèle on peut adapter le pôle positif soit en haut, soit en bas, selon les nécessités du service. Le pôle + correspondra au charbon supérieur pour les effets d'éclairage et au charbon inférieur pour les expériences d'optique, telles que la combustion des métaux, etc.

« Le nouveau régulateur, dit M. Duboscq, remplit donc les conditions exigées pour l'application de la lumière électrique aux expériences scientifiques et à l'éclairage des phares, des vaisseaux, des ateliers, des théâtres, etc.

« Dans l'état actuel de la science, on produit la lumière électrique tant avec la machine magnéto-électrique qu'avec la pile; on peut même dire que le *générateur industriel* de la lumière électrique est la source magnétique : témoin l'éclairage électrique des phares, des navires, des chantiers, etc. Il était donc indispensable d'approprier le *régulateur* à ces deux sources électriques. Lorsque l'arc qui jaillit entre les charbons provient de la pile, ceux-ci s'usent dans le rapport de 1 à 2; s'il provient, au contraire, de la machine magnéto-électrique, l'usure est égale de part et d'autre, puisque le courant est alternatif. Dans le premier cas, il faut donc combiner la marche des charbons dans le rapport de 1 à 2, et dans le

second, la rendre égale. Une addition permet d'opérer immédiatement le changement des vitesses relatives des charbons, selon que l'on opère avec l'une ou l'autre des deux sources d'électricité.

« Ainsi perfectionné, ce nouveau régulateur est rigoureusement apte à toutes les applications de l'éclairage électrique. »

Lampe de M. Serrin. — De tous les régulateurs imaginés jusqu'ici, celui de M. Serrin est celui qui est le plus appliqué et qui semble le mieux et le plus régulièrement fonctionner, quand il s'agit d'un éclairage prolongé. Nous avons eu le plaisir de suivre les différentes phases par lesquelles cet appareil a passé depuis son origine, et nous avons été le premier à en faire une description complète dans le t. IV de la seconde édition de notre *Exposé des*

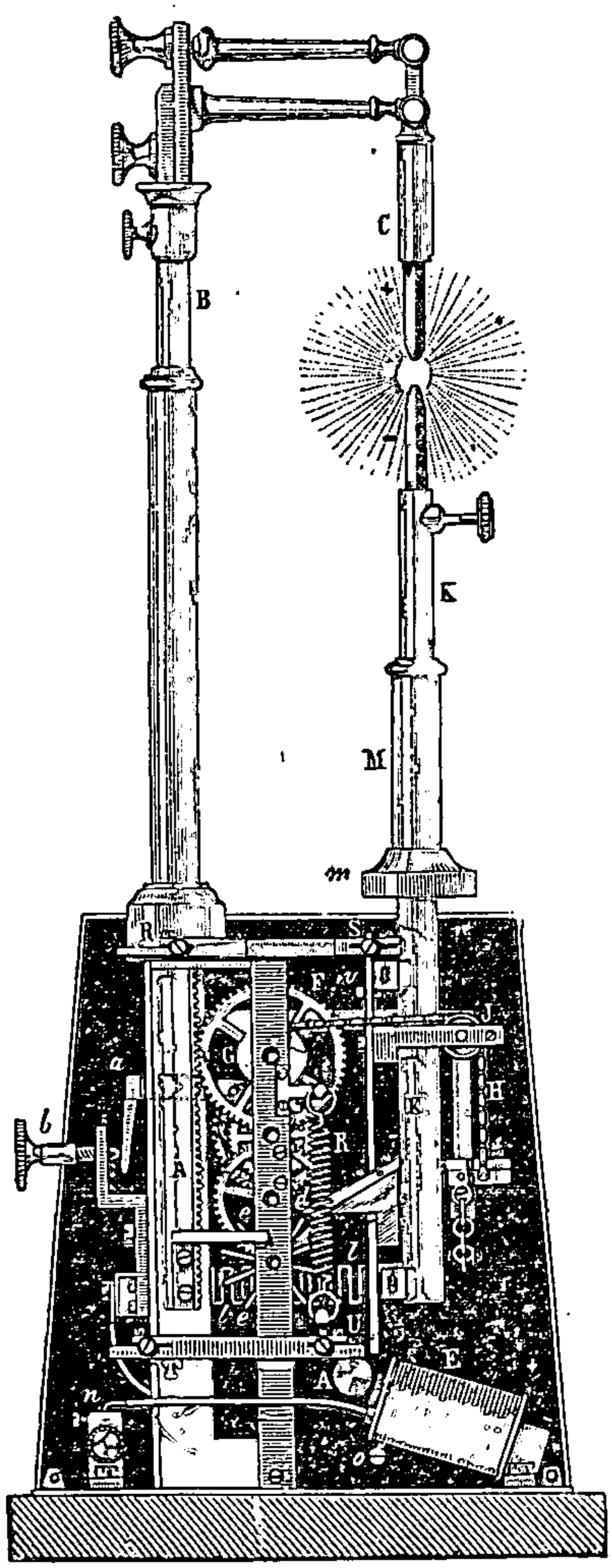


Fig. 54.

applications de l'électricité, publié en 1859. Plus tard, M. Pouillet, dans un rapport fait à l'Académie des sciences, en montra les ingénieuses combinaisons; enfin, les expériences faites avec les machines de la compagnie l'*Alliance* montrèrent que c'était le seul appareil qui pût alors fonctionner avec les courants alternativement renversés. Depuis cette époque, ce régulateur a été constamment employé dans les différentes expériences qu'on a faites de la lumière électrique, et c'est lui qui a été adopté pour l'éclairage des phares. Nous devrons donc nous étendre un peu sur cet ingénieux appareil, qui est tellement sensible, qu'une bague de caoutchouc interposée entre les deux charbons suffit pour arrêter leur défilement, sans que la bague en soit déformée. La fig. 34 en représente le dispositif.

Cet appareil, qui peut d'ailleurs, comme celui de M. Duboscq, maintenir fixe le point lumineux, se compose essentiellement de deux mécanismes reliés l'un à l'autre, mais exerçant chacun une action propre sur la marche des charbons. L'un de ces mécanismes, en rapport direct avec le système électro-magnétique, forme un *système oscillant*, constitué par une sorte de double parallélogramme articulé auquel sont adaptés le tube M et les accessoires du porte-charbon inférieur. Ce système est composé de quatre bras parallèles horizontaux RS et TU, pivotant sur le tube du porte-charbon supérieur et reliés par deux traverses verticales SU.

L'autre mécanisme, que nous appellerons *mécanisme de défilage* et qui est relié aux porte-charbons, est constitué par les rouages que l'on voit au milieu de la figure, la crémaillère A et une chaîne de traction qui vient s'attacher en H. Le premier mécanisme, tout en réagissant directement sur le porte-charbon inférieur MK, comme nous allons le voir, commande l'action du second mécanisme, et celui-ci réalise définitivement l'effet mécanique commencé par le premier, en régularisant le rapproche-

ment des charbons suivant leur usure. A cet effet, le tube M du charbon inférieur, qui fait partie du système oscillant, porte un butoir d'arrêt en forme d'équerre *d*, qui réagit sur les branches d'un moulinet *e*, lequel constitue, avec un volant à ailettes, le dernier mobile du mécanisme du défilage. Le système oscillant, relié par les deux traverses verticales SU, porte en A une armature cylindrique qui, étant placée à portée d'un électro-aimant E agissant tangentiellement sur elle, peut l'abaisser plus ou moins suivant l'intensité du courant traversant le système, et ce sont deux ressorts antagonistes R adaptés aux bras inférieurs TU du système oscillant, lesquels ressorts sont fixés aux supports des rouages, qui relèvent le système quand le courant ne réagit pas assez énergiquement pour combattre leur action. Il résulte donc de cette disposition que, pour une intensité électrique suffisante, le système oscillant est assez abaissé pour arrêter le système du défilage, et que pour une intensité insuffisante ce dernier système, étant mis en liberté, permet aux charbons de se rapprocher sous la seule influence du porte-charbon supérieur, qui est assez lourd pour provoquer le mouvement du système. Examinons maintenant comment est disposé le système du défilage.

Il se compose d'abord, comme on le voit, d'un système de rouages composé de quatre mobiles dont le premier, qui engrène avec la crémaillère du porte-charbon supérieur A, est muni sur son axe d'une poulie G autour de laquelle est enroulée une chaîne de Vaucanson; cette chaîne, après avoir passé sur une seconde poulie J, vient s'accrocher sur une pièce adaptée au porte-charbon inférieur K. Il en résulte que quand le système oscillant, par suite de l'inaction de l'électro-aimant E, a dégagé le mécanisme des rouages, le porte-charbon supérieur est libre de s'abaisser, et, en s'abaissant, fait tourner non-seulement tous les rouages, mais encore relève, par l'intermédiaire de la chaîne de Vaucanson, le porte-charbon

inférieur. Cette action se continue jusqu'à ce que le courant, étant devenu suffisamment fort, provoque une action plus forte de l'électro-aimant E qui embraye alors, par l'intermédiaire du système oscillant, le moulinet *e* des rouages. L'appareil se trouve alors arrêté, jusqu'à ce que l'énergie manque de nouveau à l'électro-aimant E. Un second ressort antagoniste qu'on voit au-dessus de la pièce H et qu'on manœuvre au moyen de la vis *a* et du levier *b*, que l'on aperçoit sur la gauche de l'appareil, permet d'augmenter ou de diminuer à volonté la sensibilité de l'instrument. Enfin une chaîne pendante que l'on aperçoit au-dessous de la pièce H joue le rôle de contre-poids, et est destinée, en s'élevant, à compenser, dans le système oscillant, la perte de poids que subit le charbon inférieur en s'usant.

Le courant est d'ailleurs transmis au charbon inférieur au moyen d'une lame repliée et flexible *ll* qui peut suivre celui-ci dans ses mouvements, et au charbon supérieur par le massif de l'appareil et l'électro-aimant E dont l'extrémité libre de l'hélice aboutit à un bouton d'attache que l'on aperçoit en bas à gauche de l'appareil.

Le porte-charbon inférieur n'a rien de particulier : c'est une douille K munie d'une vis de pression dans laquelle on introduit le charbon ; mais le porte-charbon supérieur est plus compliqué pour lui faire fournir deux mouvements rectangulaires susceptibles de fixer bien exactement les deux charbons dans la position relative qu'on veut leur donner. Le charbon positif, en effet, est maintenu au-dessus du charbon négatif au moyen d'un tube supporté par deux bras horizontaux articulés, commandés par deux vis. L'une de ces vis, celle du haut, permet d'imprimer au porte-charbon un déplacement dans un plan parallèle au plan du dessin. L'autre vis, au moyen d'une excentrique, déplace le charbon dans un plan vertical perpendiculaire au plan de la figure.

M. V Serrin a établi plusieurs modèles de son régu-

lateur pour l'adapter aux intensités électriques plus ou moins fortes qui doivent agir sur lui; son plus grand modèle est disposé pour brûler des charbons de 15 millimètres de côté, soit de 225 millimètres carrés de section; et, malgré ses grandes dimensions, il est aussi sensible que les plus petits modèles. Dans ce modèle, construit pour les phares, l'auteur a apporté plusieurs modifications importantes. Ainsi, au moyen d'un petit dispositif adapté aux chaînes des porte-charbons, M. Serrin a pu faire en sorte de déplacer le point lumineux sans éteindre la lumière, ce qui est très-important pour l'application de ces appareils aux phares, afin de donner la possibilité de bien centrer le point lumineux par rapport aux lentilles.

D'un autre côté, comme ces régulateurs doivent agir avec des courants extrêmement énergiques, et que la chaleur développée dans le circuit serait capable de brûler l'enveloppe isolante de l'hélice de l'électro-aimant, ce qui pourrait annuler ses effets, M. Serrin a composé les spirales électro-magnétiques avec des hélices métalliques dépourvues de toute couverture isolante et disposées de manière que les spires ne puissent se toucher. Pour que ces hélices puissent être adaptées aux noyaux magnétiques, et aux rondelles de l'électro-aimant avec un isolement suffisant, M. Serrin a recouvert d'une couche assez épaisse d'émail vitreux les noyaux en question, ainsi que les parties internes des rondelles; et pour obtenir le plus grand nombre de tours de spires possible avec le maximum de section, il a évidé ses hélices dans un cylindre de cuivre d'une épaisseur égale à celle des bobines. De cette manière, les hélices électro-magnétiques sont représentées par une sorte de filet de vis à pas serré, d'une saillie égale à celle des rondelles, et dont la partie centrale est représentée par les noyaux magnétiques et leur enveloppe d'émail.

On comprend aisément qu'avec cette disposition les

hélices peuvent être portées à une température très-intense sans que les spires cessent d'être isolées les unes des autres, puisqu'elles ne se touchent pas et qu'elles sont séparées de la carcasse de l'électro-aimant par une substance qui ne peut être altérée que par les chaleurs les plus élevées. Du reste, la grande section des spires ainsi formées en rend l'échauffement plus difficile qu'avec les dispositions ordinaires, et ce n'est pas un des moindres avantages de cette sorte d'électro-aimant.

Pour être juste, je dois dire que, avant M. Serrin, M. Duboscq avait combiné pour son régulateur un électro-aimant de ce genre, mais il n'avait pas pris soin d'émailler les parties en contact avec les hélices, regardant cette précaution comme inutile, en raison de la grande section des spires de l'hélice qui les empêchait d'être portées au rouge. Il ne construisait pas non plus ses spires de la même manière, c'était simplement une bande de cuivre qu'il martelait de manière à fournir une spirale.

Lampe de M. Siemens. — La dernière lampe de M. Siemens, assez employée en Angleterre et en Allemagne, et que nous représentons fig. 35, peut, comme celle de M. Serrin, s'allumer automatiquement, et les deux actions opposées nécessaires à l'éloignement et au rapprochement des charbons sont déterminées par le poids du porte-charbon supérieur et par la vibration électro-magnétique d'un levier trembleur qui réagit sur le mécanisme d'horlogerie actionné par le poids du porte-charbon, en sens contraire de celui-ci. Ce mécanisme, composé de quatre mobiles, est d'ailleurs disposé à peu près comme dans les régulateurs que nous venons d'étudier, et c'est sur le dernier mobile I, pourvu d'une roue à rochet et d'un volant à ailettes, que réagit le trembleur électro-magnétique. Celui-ci est constitué par un levier coudé L, articulé en Y et portant en M l'arma-

ture de l'électro-aimant E. C'est l'organe principal de l'appareil, car il porte d'un côté une pièce de contact qui constitue avec le butoir X le rhéotome vibrant, en second lieu, le ressort antagoniste du système, lequel a sa tension réglée au moyen de la vis R, et enfin le cliquet d'impulsion et d'arrêt Q, qui réagit sur le mécanisme d'horlogerie par l'intermédiaire de la roue à rochet I. Une pièce fixe S soutient le bout de ce cliquet, afin de dégager pour une inclinaison convenable du levier L la roue I. Enfin une vis K, qui traverse l'enveloppe de la lampe, permet de régler convenablement, pour le courant que l'on em-

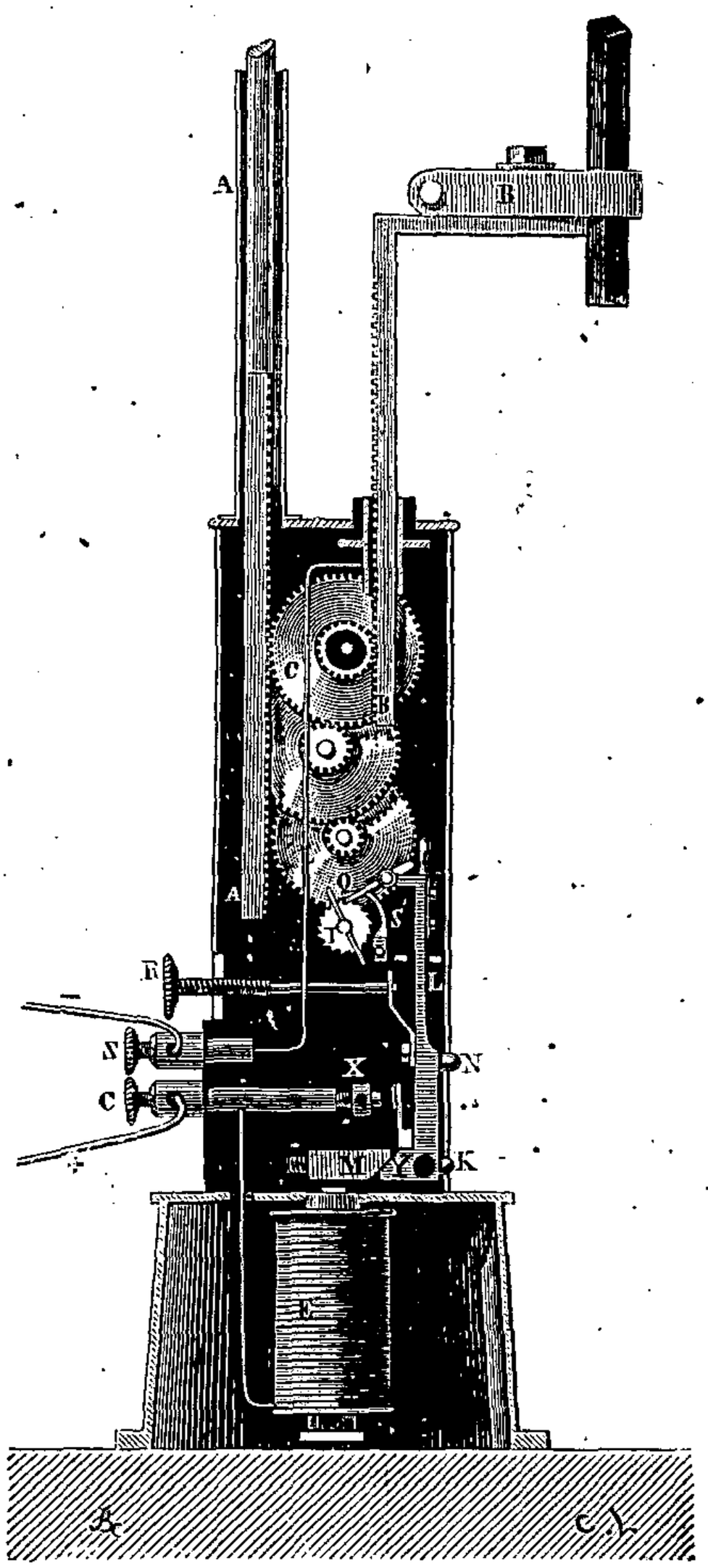


Fig. 55.

ploie, l'écart de l'armature M, et un petit appendice N qui ressort également de l'enveloppe de la lampe indique si le système électro-magnétique vibre convenablement. Le fil de l'électro-aimant E est d'ailleurs relié au massif de l'appareil, afin que le courant qui le traverse et illumine les charbons se dérive par le rhéotome X à chaque mouvement attractif de l'armature, et détermine la vibration du levier L par une fermeture de courant à court circuit.

Le jeu de cet appareil est très simple : quand un courant passe à travers l'électro-aimant E, le cliquet Q est éloigné de la roue I, et le porte-charbon supérieur en pesant sur les rouages du mouvement d'horlogerie les fait défiler, jusqu'à ce que les charbons conduits par les crémaillères qui engrènent avec eux arrivent en contact l'un avec l'autre. Mais si, dans ces conditions, le générateur est mis en communication avec la lampe par les boutons d'attache Z et C, le courant traverse l'électro-aimant E, le massif de l'appareil, le porte-charbon supérieur, le porte-charbon inférieur, et revient au générateur par la communication qui relie celui-ci au bouton Z; les charbons rougissent alors à leur point de contact, l'électro-aimant devient actif, et le cliquet Q, en réagissant sur la roue à rochet I, la fait avancer d'une dent, ce qui écarte les charbons. Mais, en ce moment, un contact est établi en X, entre le levier et le bouton C, et le courant, trouvant moins de résistance à passer par cette voie qu'à travers l'électro-aimant E, abandonne en grande partie celui-ci ; alors l'armature, n'étant plus attirée suffisamment, provoque un mouvement en arrière du levier L, qui écarte de nouveau le cliquet Q, détruit le contact en X et provoque une nouvelle attraction de l'armature qui entraîne un nouveau mouvement de la roue I, et comme ces mouvements alternatifs s'effectuent plus rapidement que celui qui résulte du défilement des rouages par l'action du poids du porte-charbon supérieur, les charbons se trouvent bientôt assez écartés pour produire

un arc voltaïque de grandeur convenable, arc qui ne fait, du reste, que s'allonger, par suite de l'usure des charbons ; mais quand l'écart devient trop grand, le courant, ayant son intensité trop affaiblie, ne peut plus provoquer l'attraction nécessaire pour réagir sur la roue I, et alors les rouages peuvent défiler en toute liberté, provoquant par là le rapprochement des charbons, qui s'effectue jusqu'à ce que le courant ait repris une intensité suffisante pour déterminer de nouveau les effets que nous avons étudiés en commençant. Pour un réglage convenable des vis R, K et X, on peut arriver à bien régulariser la double action inverse que nous venons d'étudier. Mais ce réglage est très délicat, et c'est peut-être un inconvénient de ce système.

L'appareil est, du reste, pourvu de deux autres systèmes de vis de réglage qui permettent, l'un de faire mouvoir simultanément les deux charbons et de déplacer le point lumineux sans éteindre la lumière, l'autre de ne déplacer qu'un seul des deux charbons. Enfin des vis de calage adaptées au porte-charbon supérieur donnent la facilité de placer les charbons, l'un par rapport à l'autre, de manière à fournir à volonté la lumière diffuse ou la lumière condensée. Deux petits œils-de-bœuf placés sur l'un des côtés de la lampe permettent, d'un autre côté, de s'assurer du bon fonctionnement des parties délicates du mécanisme et de suivre les effets du réglage.

Pour permettre au générateur de lumière de fonctionner toujours dans les mêmes conditions, quelles que soient les variations qui se produisent dans le circuit extérieur du fait de la lampe, M. Siemens a interposé dans le circuit un régulateur de résistance que nous allons décrire, et qui a une plus grande importance qu'on ne serait porté à le croire à première vue ; car ces variations, en changeant les conditions de vitesse du moteur, d'une part, et de l'autre, en déterminant des étincelles considé-

rables, pourraient altérer la machine et même le collecteur qui pourrait être brûlé. Déjà, en 1856, MM. Lacassagne et Thiers avaient compris la nécessité d'un système de régulateur de ce genre, et en avaient combiné un que j'ai décrit dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. V, p. 506, et qui était un accessoire de leur lampe électrique, mais ces systèmes n'avaient guère été employés avant M. Siemens.

Le dispositif de M. Siemens consiste dans un électro-aimant à gros fil interposé sur l'un des fils allant au générateur, et dont l'armature réagit, à la manière d'un relais, sur un contact qui a pour effet, quand l'armature n'est pas attirée, d'introduire dans le circuit une dérivation dont la résistance représente à peu près celle de l'arc voltaïque. Il arrive donc que, pour un réglage convenable du ressort antagoniste, la dérivation se trouve substituée au circuit de l'arc voltaïque, aussitôt que la résistance de celui-ci devient assez grande pour ne plus retenir l'armature. C'est ce qui arrive non-seulement quand la lampe s'éteint ou est retirée du circuit, mais encore quand il se produit des variations très grandes dans le fonctionnement de la lampe. L'hélice constituant la dérivation est placée dans un réservoir d'étain rempli d'eau, afin d'empêcher le fil de trop s'échauffer pendant les interruptions de courant de longue durée, comme celles qui sont exigées pour le remplacement des charbons.

La lampe que nous venons de décrire n'est pas, du reste, la seule que construit M. Siemens. Il en a fait breveter déjà huit modèles.

Lampe de M. Lontin. — Nous extrayons d'une notice publiée sur les machines Lontin la description suivante qui est donnée de cette lampe :

« Le premier et le principal avantage de ces régulateurs,

c'est que les organes de mouvement et de réglage sont tels que le régulateur peut fonctionner dans toutes les positions, debout, couché et même renversé, sans que les plus fortes oscillations puissent arrêter ni modifier sa marche.

« L'application entièrement nouvelle qui a été faite dans ces régulateurs d'un fil métallique qui réagit, par l'échauffement que produit le passage du courant, pour produire l'écart et le maintenir rigoureusement constant, a permis de supprimer l'emploi des électro-aimants dont la résistance, interposée dans le circuit, était la cause d'une augmentation notable dans la dépense d'électricité, et de régler d'une manière absolument fixe la longueur de l'arc, afin d'obtenir une lumière plus régulière.

« Le rapprochement des charbons au fur et à mesure de la combustion est obtenu par une autre application non moins heureuse de l'emploi d'un courant de dérivation pris sur le courant de lumière même, et qui fonctionne de la manière suivante :

« Dans l'appareil se trouve un solénoïde formé d'une bobine garnie de fil assez fin et en quantité suffisante pour offrir au passage du courant une très-grande résistance. Cette bobine renferme une tige de fer mobile, qui, au repos, tient en arrêt le moteur destiné à opérer le rapprochement des charbons. Tant que les charbons se trouvent à la distance réglée pour l'écart nécessaire à la production d'une bonne lumière, tout le courant passe par les charbons, à cause de la grande résistance qu'il rencontre dans la bobine; mais dès que l'écart augmente, une petite partie du courant passe par le fil fin de la bobine et la rend active; dans ce cas, la tige de fer mobile est attirée, et le moteur, se trouvant dégagé de son arrêt, rapproche les charbons de la quantité nécessaire pour maintenir la longueur de l'arc; à ce moment le solénoïde cesse de fonctionner, et la tige de fer vient de nouveau arrêter le moteur ; ce moteur n'ayant qu'à opérer le rapprochement des charbons est d'une très grande simplicité. »

Cet emploi d'une dérivation prise sur le courant de lumière peut s'appliquer également avec avantage à tous les régulateurs qui produisent d'eux-mêmes l'écart des charbons, et rend leur fonctionnement sûr et régulier, quelles que soient les variations d'intensité du courant.

Aussi ce système a-t-il été appliqué avec succès aux régulateurs de M. Serrin, installés au chemin de fer de l'Ouest (gare St-Lazare.)

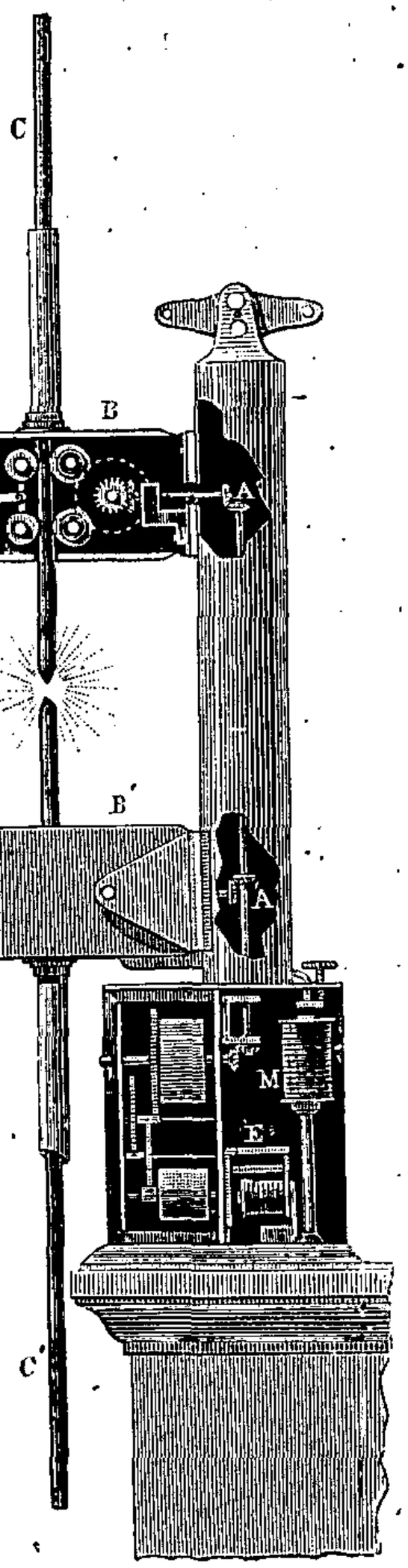


Fig. 36.

Lampe de M. de Mersanne. — Le régulateur de M. de Mersanne a été combiné pour permettre, avec des charbons droits, de fournir une lumière électrique pendant seize heures consécutives au moins.

Ce système, que nous représentons fig. 36, se compose essentiellement de deux boîtes à glissières B, B′, fixées sur un fort bâti vertical en fonte et à travers lesquelles glissent, sous l'influence d'une action motrice et régulatrice, deux charbons cylindriques C, C′ ayant chacun 75 centimètres ou plus de longueur. Comme ces charbons doivent pouvoir être déplacés pour avoir leurs pointes placées exactement l'une au-dessus de l'autre, les boîtes à travers lesquelles ils glissent peuvent osciller verticalement autour d'un pivot, et la boîte supérieure peut même être tournée dans le sens horizontal. Le système de glissière

des deux boites consiste d'ailleurs dans quatre galets évidés, dont deux adaptés aux deux extrémités d'une bascule et poussés contre les charbons par un ressort à boudin *v* servent de guide, et dont les deux autres, d'un diamètre plus grand et présentant une surface rugueuse, servent d'organes moteurs des charbons. A cet effet, ces galets sont mis en mouvement par un système de roues adapté à un axe qui, dans chacune des deux boîtes, est relié par un système d'engrenages à roues d'angle, à un arbre vertical A A. Cet arbre, pouvant tourner dans deux sens différents, suivant l'action de l'appareil régulateur, peut faire avancer l'un vers l'autre les charbons, ou les éloigner l'un de l'autre. Les charbons sont d'ailleurs soutenus en dehors des boîtes par des tubes qui les protègent et qui sont disposés de manière à constituer des colonnes.

L'*appareil régulateur* est fixé dans un boîtier au-dessous de la boîte à glissière B′ du charbon inférieur. Il se compose d'abord d'un mécanisme d'horlogerie commandé par un barillet[1] et par un électro-aimant E interposé dans une dérivation prise sur les deux charbons, comme dans le système Lontin, et en second lieu d'un autre électro-aimant M introduit dans la même dérivation, et qui réagit sur la boîte B′ du porte-charbon inférieur, de manière à disjoindre les charbons quand ils arrivent au contact. Quand l'appareil ne fonctionne pas, les charbons sont généralement disjoints et séparés par un intervalle plus ou moins grand; mais aussitôt que le courant est fermé à travers l'appareil, il anime les deux électro-aimants, car il passe alors entièrement par la dérivation, et il arrive, d'une part, que le mouvement d'horlogerie se trouve déclanché et, d'autre part, que la boîte du porte-charbon inférieur se trouve inclinée de manière à présenter exactement, l'un au-dessous de l'autre, les deux

[1] Ce barillet, une fois remonté, peut agir pendant 36 heures sans qu'on ait à s'en occuper.

charbons. L'avancement de ces charbons s'effectue lentement, et, quand ils arrivent au contact, le courant trouvant une voie plus directe pour s'écouler abandonne la dérivation des électro-aimants, pour se porter presque entièrement à travers le circuit des charbons, qui rougissent alors à leur point de contact et fournissent immédiatement l'arc voltaïque. L'électro-aimant M, en effet, étant devenu inactif, la boîte B' du porte-charbon inférieur s'est trouvée légèrement inclinée en avant, et, par ce seul fait, a déterminé non seulement la disjonction des charbons, mais encore un éloignement suffisant de leur pointe, par suite de l'action effectuée sur les rouages par le mouvement de la boîte. La lampe se trouve donc de cette manière allumée; mais à mesure que les charbons s'usent, la résistance du circuit de lumière augmente, et le courant, passant avec plus d'intensité dans la dérivation, devient bientôt assez énergique pour provoquer le déclanchement du mécanisme d'horlogerie qui rapproche alors les charbons, jusqu'à ce que le courant ait repris toute son intensité dans le circuit de lumière. Les choses se renouvellent de cette manière jusqu'à l'entière usure des charbons.

Avec cette disposition, on comprend aisément qu'il n'est plus de limite pour la longueur des charbons, puisqu'ils dépassent des deux côtés l'appareil, sans qu'il leur soit assigné une position particulière, et que leur avancement s'effectue comme si ces deux charbons glissaient entre les doigts des deux mains, sous l'influence des deux pouces qui dirigeraient leur marche en les poussant l'un vers l'autre.

Cette lampe, comme celle de MM. Serrin et Siemens, peut être allumée à distance, et ce n'est pas un de ses moindres avantages; elle a été du reste médaillée à l'exposition universelle de 1878.

Lampe de M. Bürgin. — Cette lampe est déjà de

date assez ancienne, et nous sommes étonné qu'elle n'ait été décrite nulle part, car, d'après ce que m'a écrit M. Soret, elle fonctionne de la manière la plus satisfaisante. Elle figurait à l'exposition de 1878, mais, son auteur étant absent au moment du passage du jury, elle n'a été l'objet d'aucun examen. Elle est employée à Genève d'une manière continue pour les travaux du théâtre et pour l'éclairage d'une horloge publique.

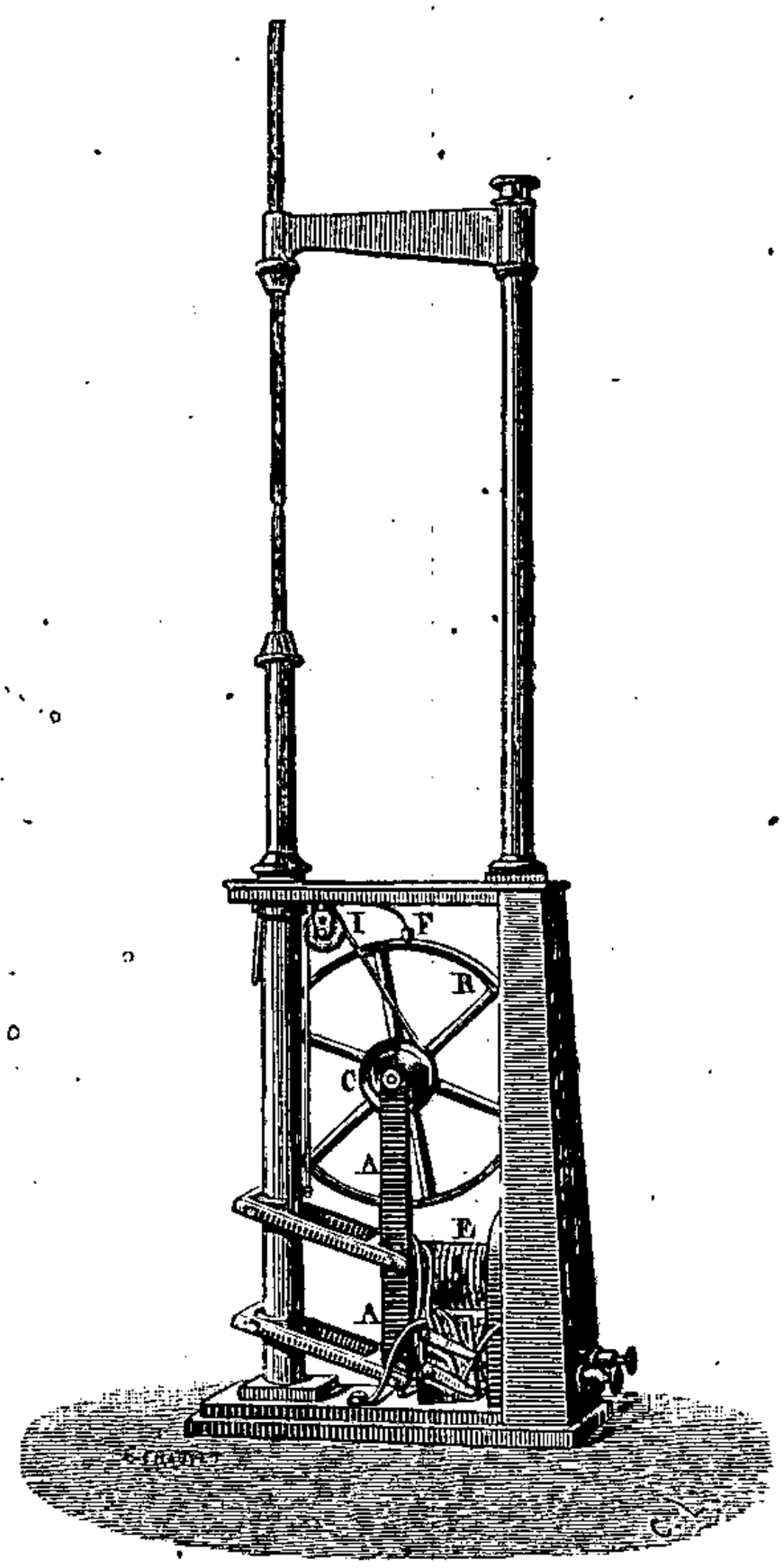


Fig. 57.

M. Bürgin a construit deux modèles de cette lampe, l'un qui est employé pour les usages industriels, c'est celui que nous représentons fig. 37, l'autre, plus compliqué, qui est destiné aux expériences de physique. Le principe de cette lampe est bien simple : les deux porte-charbons tendent sans cesse à se rapprocher l'un de l'autre, sous l'influence d'un barillet ou d'un contrepoids; mais ils ne peuvent céder à cette action que quand un frein commandé par une action électro-magnétique permet le défilement de la chaîne ou des chaînes qui soutiennent

les porte-charbons; de sorte que, suivant l'action plus ou moins énergique du courant, il y a défilement ou repos de ces porte-charbons. Ce résultat est obtenu dans le modèle de la fig. 37, au moyen d'une grande roue R, qui porte sur son axe une poulie C, sur laquelle s'enroule la chaine soutenant le porte-charbon inférieur. L'axe de cette roue est porté par une pièce de fer AA, adaptée à un parallélogramme articulé, et qui sert d'armature à un électro-aimant E mis en rapport avec le circuit de lumière. Un frein à ressort F appuie sur la circonférence de cette roue, et se trouve suffisamment tendu pour l'empêcher de tourner quand la roue est à hauteur convenable, c'est-à-dire quand l'armature A est à son point le plus rapproché de l'électro-aimant E; mais quand, par suite de l'affaiblissement du courant, cette armature s'éloigne, la roue, en s'abaissant avec l'armature, s'écarte du frein et peut alors tourner sous l'influence du poids du charbon inférieur (ou d'un barillet adapté à ce porte-charbon), et de la chaîne I qui s'enroule sur la poulie C. Dès lors, le porte-charbon inférieur remonte, et le courant, reprenant son énergie, détermine promptement un nouvel embrayement de la roue qui arrête l'ascension du charbon en temps convenable. Le petit mouvement d'attraction de l'armature A, quand les charbons sont en contact, suffit pour laisser défiler assez de chaine pour provoquer automatiquement l'écart des charbons quand le courant se trouve fermé.

Dans ce modèle, le charbon supérieur est fixe, et par conséquent le point lumineux se déplace, ce qui est insignifiant pour un éclairage ordinaire; mais pour les expériences de projection, les deux charbons ont dû être disposés de manière à se mouvoir simultanément dans le rapport de 2 à 1, et pour cela M. Bürgin adapte les deux porte-charbons à deux chaînes qui s'enroulent sur deux poulies d'inégal diamètre, montées sur l'axe de la grande roue régulatrice, de sorte que chaque mouvement

de cette roue provoque un double déplacement des charbons. Une vis de réglage adaptée au frein permet de rendre l'appareil plus ou moins sensible. Dans ce modèle, c'est le poids du porte-charbon supérieur qui, comme dans le régulateur Serrin, détermine les mouvements de rapprochement des charbons, et c'est l'action attractive de l'électro-aimant qui détermine, au premier moment, leur écart pour la formation de l'arc, et, ultérieurement, leur arrêt pour le maintien de la distance interpolaire.

Lampe de M. Gaiffe. — En 1850, M. Archereau, considérant la course considérable que peut accomplir une tige de fer doux à l'intérieur d'une bobine électro-magnétique, sous l'influence des attractions réciproques exercées entre les spires de l'hélice de cette bobine et celles de la spirale magnétique constituée par les courants magnétiques développés dans le fer, imagina de fonder sur ce principe un régulateur de lumière électrique, et il construisit, à cet effet, l'un des porte-charbons de ce régulateur avec une tige moitié fer, moitié cuivre, engagée dans une longue bobine ; pour équilibrer convenablement la force attractive développée par la réaction de l'hélice, il lui opposa une force antagoniste constituée par un contre-poids. C'était, comme on le voit, le plus simple des régulateurs, et il avait l'avantage de pouvoir être allumé à distance. Confié à des expérimentateurs exercés, il pouvait convenablement fonctionner, mais on était obligé de le surveiller, car, les effets étant très brusques et les oscillations trop étendues, il s'éteignait souvent et ne constituait pas en définitive une lampe pratique. MM. Jaspar et Loiseau sont parvenus à atténuer ces défauts, mais ce n'est que quand M. Gaiffe combina le régulateur que nous représentons fig. 38 qu'on put voir le parti que l'on pouvait tirer de ce système.

Dans la lampe de M. Gaiffe, les deux porte-charbons H, H' sont mobiles comme dans le système de MM. Foucault et

Serrin, et disposés de manière à maintenir fixe le point

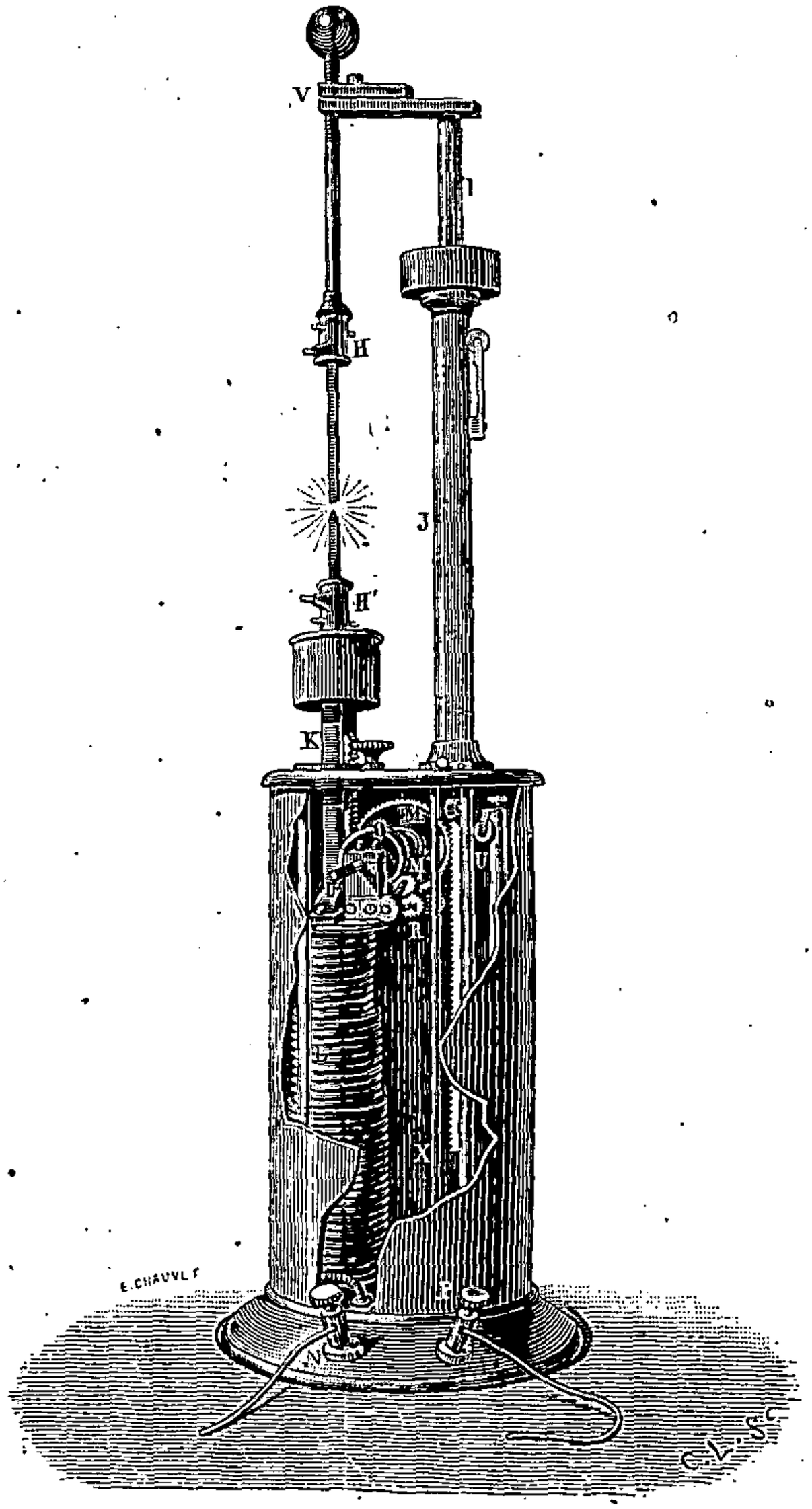


Fig. 38.

lumineux. A cet effet, leur mouvement est commandé par

deux crémaillères K, U, qui engrènent avec deux roues M O d'inégal diamètre, commandées par un simple barillet, sur l'axe duquel elles sont fixées. Ce barillet est bandé par le fait même de l'éloignement des porte-charbons, qui sont d'ailleurs parfaitement équilibrés et qui roulent entre des systèmes de galets. L'un de ces porte-charbons H', celui qui soutient le charbon inférieur, est terminé par une tige de fer K, à laquelle est collée la crémaillère qui le met en action, et cette tige est introduite dans une bobine électro-magnétique L, dont l'hélice va en augmentant de diamètre depuis sa partie supérieure jusqu'en son point milieu, pour contre-balancer l'action inégale du barillet dans toute l'étendue de la course des porte-charbons. Enfin, un petit rouage R relié par une roue M' à la roue O et par une autre à la roue M, permet, au moyen d'une clef, de réagir simultanément sur les deux crémaillères pour élever ou abaisser le point lumineux

A l'état normal, les charbons sont appliqués l'un contre l'autre, et quand le courant qui les traverse anime la bobine, le porte-charbon inférieur se trouve abaissé en même temps que le porte-charbon supérieur HVI se relève, et cet effet se continue jusqu'à ce que la force attractive de l'hélice équilibre la résistance du barillet, ce qui détermine la formation de l'arc voltaïque. Naturellement la longueur de celui-ci dépend de la tension du ressort du barillet, qui peut être réglée au moyen d'une vis disposée à cet effet : tant que l'arc reste dans les mêmes conditions de résistance, l'effet se maintient ; mais aussitôt que la résistance de l'arc augmente par suite de l'usure des charbons, la force du ressort l'emporte sur l'action électro-magnétique, et les charbons se rapprochent jusqu'à ce qu'il y ait de nouveau équilibre, et les choses se renouvellent ainsi jusqu'à l'entière usure des charbons.

Le petit mécanisme adapté aux roues des crémaillères permet d'ailleurs, comme on l'a vu, au moyen d'une clef,

de placer le point lumineux plus ou moins haut, sans éteindre pour cela la lampe, ce qui est nécessaire dans les expériences d'optique pour bien centrer le point lumineux dans la lanterne.

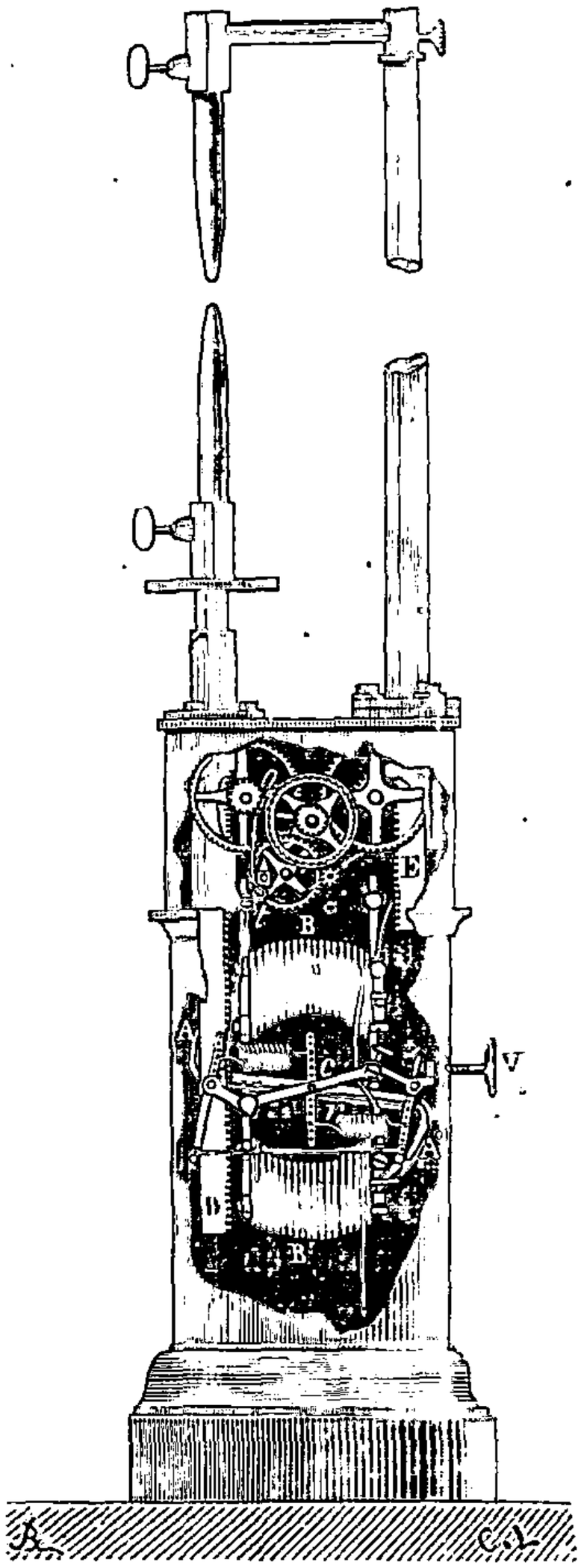


Fig. 39.

Lampe de M. Carré. — La lampe de M. Carré, qui a été l'objet d'une médaille d'or à l'exposition de 1878, et que nous représentons fig. 39, n'est qu'un perfectionnement ingénieux des régulateurs d'Archereau et de Gaiffe. L'action électro-magnétique est, en effet, comme dans ces régulateurs, basée sur les effets attractifs des solénoïdes, mais ces effets, par une disposition ingénieuse, se trouvent très amplifiés, et l'action mécanique est produite, comme dans les régulateurs de Serrin, Foucault, etc., par des rouages d'horlogerie agissant sur deux crémaillères D, E, adaptées aux

porte-charbons, et commandés par un cliquet de détente mis en jeu par le système électro-magnétique.

Ce système se compose de deux bobines B, B′, dont l'axe est légèrement recourbé et dans lesquelles s'engagent les extrémités d'un noyau de fer doux A A′ recourbé en S, et qui pivote en C sur sa partie centrale. Un double système de ressorts antagonistes r, r', conduits par un système extenseur dépendant d'une vis de réglage V, permet de régler convenablement la force opposée à l'attraction des bobines, et une tige t, adaptée au noyau magnétique, réagit sur le cliquet de la détente du mécanisme d'horlogerie, dont les rouages, en défilant, font avancer les deux crémaillères dans le rapport convenable pour maintenir le point lumineux fixe. Le courant qui fournit l'arc voltaïque traverse les deux bobines, et, suivant que son intensité est plus ou moins forte, le noyau de fer est attiré plus ou moins à l'intérieur des bobines, déterminant, pour un affaiblissement suffisant, un mouvement du cliquet de détente assez prononcé pour dégager le mécanisme d'horlogerie, et il en résulte le rapprochement des charbons.

Dans ce système, comme du reste dans ceux d'Archereau, de Gaiffe, de Jaspar, de Loiseau, etc., l'action renforçante du courant a donc pour effet d'éloigner les charbons l'un de l'autre, et c'est le mécanisme d'horlogerie qui les rapproche; mais comme dans ces conditions la course de la pièce mobile du système électro-magnétique est assez grande, et que l'effet attractif est beaucoup moins brusque qu'avec les électro-aimants à armatures articulées, les écarts des charbons s'effectuent franchement et sans oscillations, ce qui est un avantage[1].

Ce sont ces régulateurs qui ont fonctionné, pendant

[1] Voir les lois des attractions des solénoïdes dans le tome II de mon *Exposé des applications de l'électricité*, p. 152.

toute la durée de l'Exposition, avec les machines de la compagnie *l'Alliance*. Avec les courants alternativement renversés, ils présentent des avantages réels, car M. J. Van Malderen a montré qu'avec ces courants une tige de fer est presque aussi fortement attirée à l'intérieur d'une bobine qu'avec des courants redressés; il y a seulement un plus grand échauffement du système électro-magnétique; mais, en revanche, il y a beaucoup moins de magnétisme rémanent et, par conséquent, plus de sensibilité.

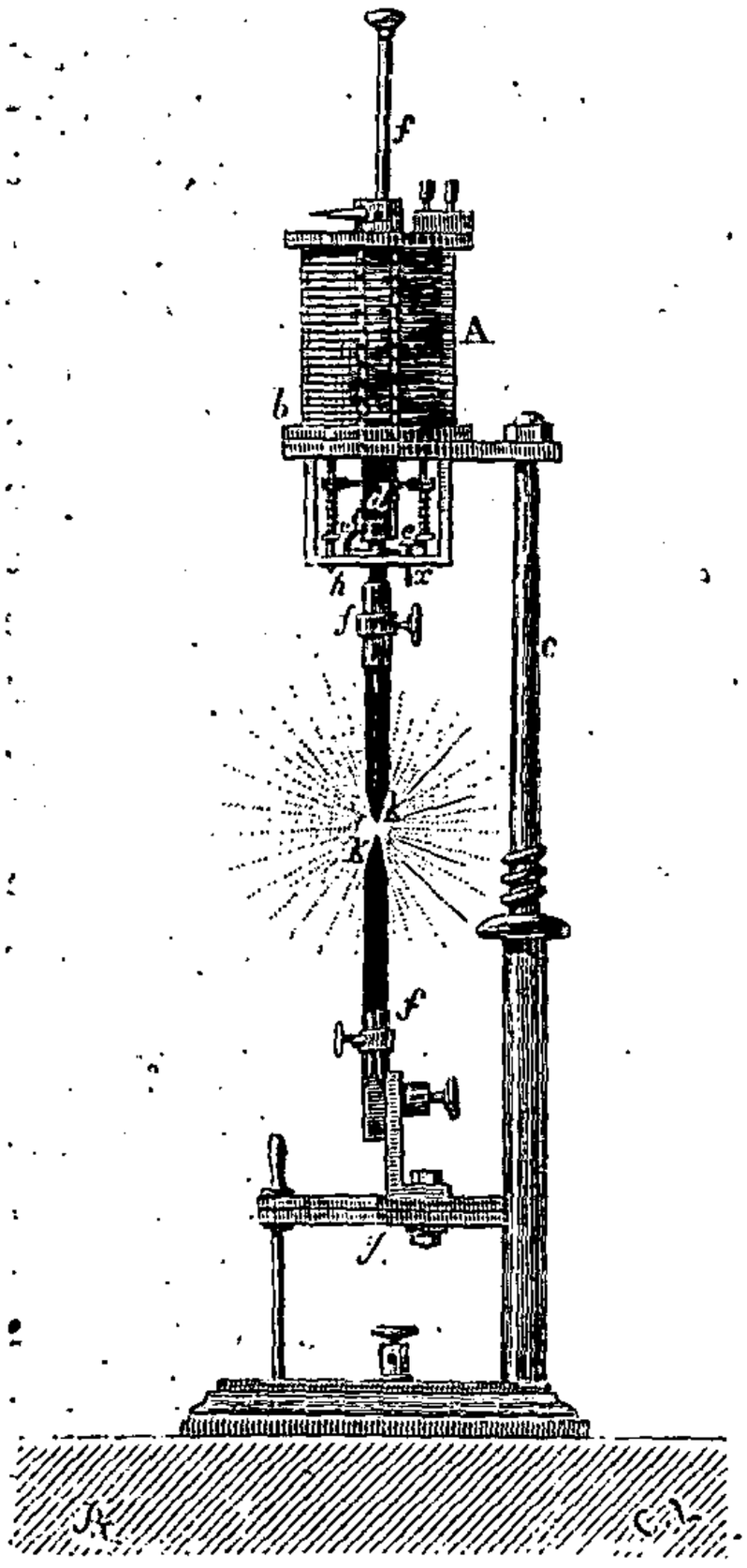


Fig. 40.

Lampe de M. Brush. — Le rapport de la commission américaine nommée pour l'examen des machines magnéto-électriques ayant fait un grand éloge de cette lampe, nous avons cru devoir en donner ici la description, bien qu'elle nous paraisse inférieure à celles que nous avons en France.

Cette lampe, que nous représentons fig. 40, est fondée, comme les deux lampes précédentes, sur les effets d'attraction des solénoïdes. La bobine électro-magnétique est placée en A au-dessus du porte-charbon supérieur et

est soutenue par un bras *b* adapté à une tige verticale *c*, qui se visse sur une colonne, de manière à pouvoir adapter l'appareil à différentes longueurs de charbons. A l'intérieur de la bobine se meut librement un noyau magnétique *d*, qui est creux et se trouve traversé par la tige en cuivre *f f* du porte-charbon supérieur, laquelle glisse librement dans toute sa longueur. Toutefois, une sorte de collier *h* l'enserre un peu au-dessous du noyau magnétique, et il se trouve tellement disposé que, quand il appuie sur une traverse *h* faisant partie d'un système fixe adapté au bras *b*, il abandonne à elle-même la tige *f f* qui pourrait alors tomber sous l'influence de son propre poids. Par conséquent, le collier en question ne soutient cette tige que quand il est soulevé lui-même, et ce soulèvement a lieu presque constamment pendant le fonctionnement de l'appareil, car un crochet *e* adapté au noyau magnétique *d* le soutient par le dessous; mais il ne peut dépasser dans son soulèvement une certaine limite qui peut d'ailleurs être réglée, car une vis *x* a une tête suffisamment large pour le retenir par son bord supérieur.

Le noyau magnétique lui-même est maintenu soulevé par une traverse sur laquelle réagissent deux ressorts à boudin *e*, *e*, dont les tiges servent en même temps de guides au système. Les porte-charbons n'ont rien de particulier; l'un est adapté à la tige *f f*, l'autre à un bras adapté à la colonne-support, et celui-ci est disposé de manière à pouvoir être plus ou moins élevé quand l'usure du charbon inférieur le nécessite; car dans ce système le point lumineux se déplace à mesure que les charbons s'usent, et c'est le charbon supérieur seul dont la marche est régularisée électro-magnétiquement, comme dans le régulateur primitif d'Archereau. Disons enfin que la bobine A est composée de deux hélices qu'on peut disposer en tension ou en quantité, suivant les conditions de l'expérience, au moyen du commutateur que l'on aperçoit au haut de la bobine.

Le jeu de l'appareil est facile à comprendre : quand l'appareil ne fonctionne pas, les deux charbons *k k* sont en contact, et le courant peut passer au travers, aussitôt que les deux porte-charbons sont mis en rapport avec le générateur électrique. Sous l'influence de ce courant dont l'intensité est alors maximum, le noyau magnétique *d* est soulevé, entraînant avec lui, par le crochet qu'il porte, le collier *h;* la tige *f f* se trouve alors soulevée et les deux charbons disjoints ; l'arc voltaïque se produit, et, tant que l'action électrique se maintient entre des limites convenables, l'appareil reste dans les conditions qu'a entraînées le soulèvement du noyau *d*; mais aussitôt que l'usure des charbons devient assez grande pour affaiblir notablement l'intensité du courant, le noyau *d* retombe et avec lui la tige de fer *f f* et le collier *h*. Si cet abaissement n'est pas complet, les charbons ne se rapprochent que de la hauteur dont s'est abaissé le noyau *d*; mais s'il est assez prononcé pour que le collier *h* s'appuie sur la traverse *h*, la tige *f f* devient libre et descend par son propre poids, jusqu'à ce que ce rapprochement des charbons soit assez grand pour provoquer une nouvelle ascension du noyau *d*.

Lampe Rapieff. — Ce système n'est qu'une extension de celui de M. de Bailhache dans lequel les charbons conservent toujours le même écartement respectif, malgré leur usure, par l'effet d'un ressort qui presse sur eux à la manière des ressorts des bougies de lanternes de voiture. Dans ce système, les charbons étaient maintenus à distance convenable, pour la formation de l'arc, par deux cônes creux de magnésie calcinée dans lesquels était engagée leur extrémité antérieure, et qui formaient en quelque sorte un collier d'arrêt. A mesure que leur extrémité brûlait, les charbons étaient poussés en avant par les ressorts, et comme ils ne s'amincissaient en brûlant que par le bout, ils se trouvaient toujours retenus

par leur partie froide engagée à l'intérieur du cône

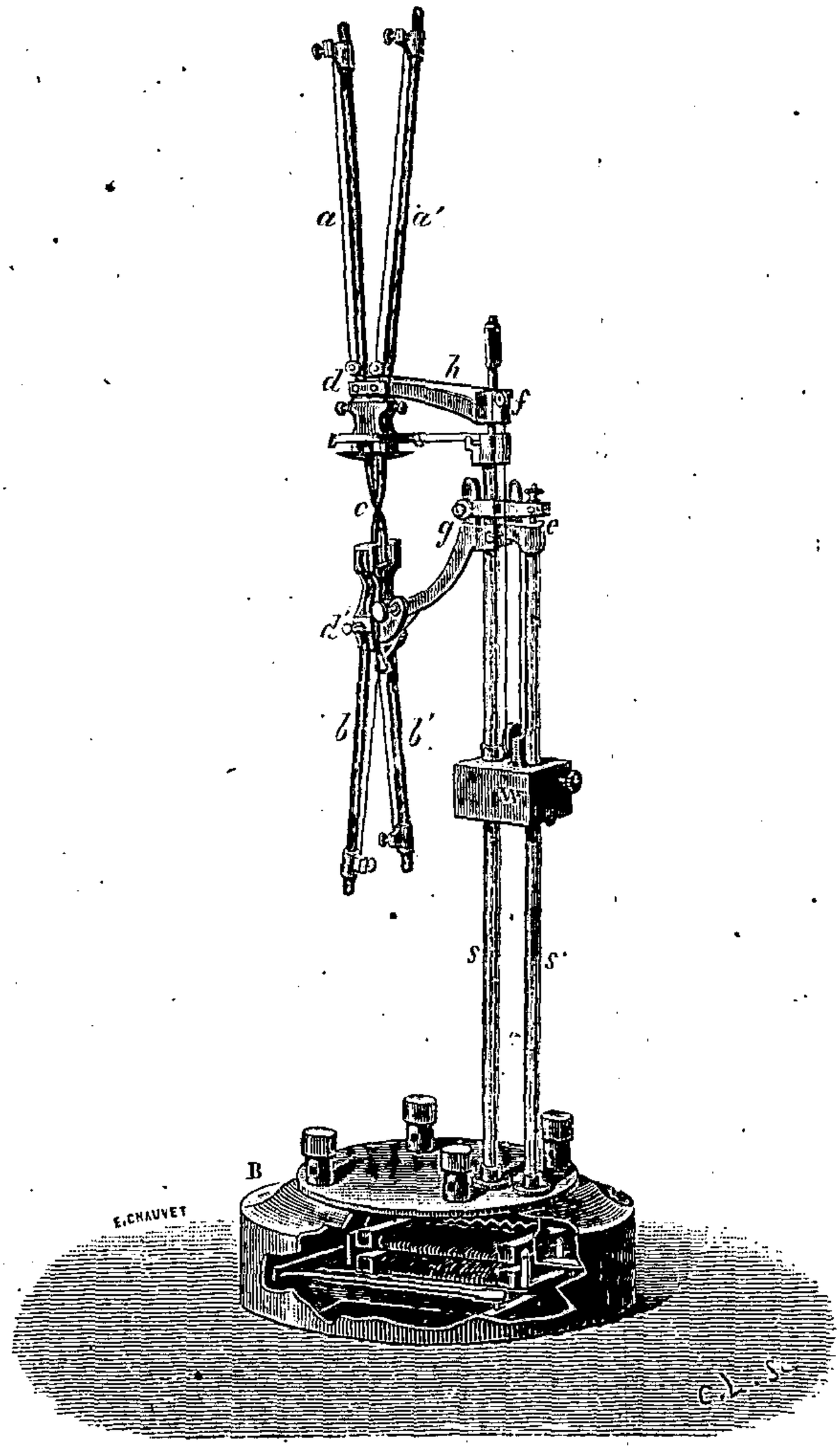


FIG. 41.

réfractaire. Dans le système de M. Rapieff, le même effet

se produit, mais il n'y a pas de cônes réfractaires, et pour les remplacer, on emploie quatre baguettes de charbon dont les bouts sont réunis, deux par deux, sous un angle aigu, et qui sont disposées les unes au-dessus des autres de manière à constituer deux systèmes angulaires dont les plans sont perpendiculaires entre eux, et dont les points de croisement, qui constituent les électrodes, sont éloignés de la distance voulue pour constituer l'arc voltaïque. Des contre-poids à poulies de renvoi réagissent pour pousser l'une contre l'autre les baguettes de chaque système, et celles-ci, par conséquent, à mesure qu'elles s'usent, avancent constamment vers leur point commun de croisement qui reste toujours à la même place.

La fig. 41 représente ce système régulateur dont les charbons a,a',b,b' semblent former un X, avec cette différence que les deux charbons du bas sont placés dans un plan perpendiculaire par rapport à celui des charbons du haut, et c'est entre leurs pointes que se forme en c l'arc voltaïque. A mesure que les charbons se consument, ils se rapprochent lentement l'un de l'autre dans chaque couple, sous l'influence d'un contre-poids W qui, sous l'action de cordons et de poulies W*fhda'aegd'b'b*, pousse les baguettes de charbon l'une contre l'autre. Ce contre-poids est guidé dans sa course par deux colonnes S, S' qui servent en même temps de conducteurs pour transmettre le courant aux deux systèmes d'électrodes aa', bb', soutenus d'ailleurs par deux bras métalliques dh, $d'g$. Les charbons du haut devant être en rapport avec le pôle positif, sont naturellement plus longs que ceux du bas. Enfin ce dispositif est complété par un système électro-magnétique logé dans le socle de l'appareil et qui a pour fonction, quand le courant passe et que les quatre baguettes de charbon ont été mises en contact, de faire écarter les deux systèmes formant électrodes de la distance nécessaire à la formation de l'arc. Cet effet est obtenu à l'aide d'une corde fixée à l'armature électro-ma-

gnétique, laquelle, passant à l'intérieur de la colonne S', réagit sur le bras *d'g*. Un réflecteur en forme de coupe, soit en cuivre argenté, soit en porcelaine, est fixé un peu au-dessus du point de rencontre des charbons, et des vis de réglage permettent de diriger le faisceau lumineux dans telle direction que l'on veut.

Avec des charbons de 20 pouces de longueur et de 5 millimètres de diamètre, la lumière fournie par cette lampe peut, suivant M. Rapieff, durer sept ou huit heures; mais avec un diamètre de 6 millimètres, ces charbons peuvent la faire durer deux heures de plus. Cette lumière peut être évaluée à 100 ou 120 becs de gaz, ou à 1000 candles; mais avec les petits modèles de M. Rapieff, on peut en obtenir une qui ne dépasse pas cinq becs de gaz. L'auteur a fait aussi des modèles dans lesquels la disposition précédente est renversée, pour permettre de les suspendre à des plafonds. S'il faut en croire l'auteur, la résistance de l'arc ne dépasse pas 3 ohms, soit 300 mètres.

Dans une autre disposition, M. Rapieff a joint à l'action de l'arc voltaïque l'éclat lumineux d'un morceau de kaolin placé au-dessus de l'arc. Les quatre charbons sont alors disposés de manière à former les quatre arêtes d'une pyramide interrompue à son sommet, et c'est au-dessus de cette pyramide qu'est fixée, comme un capuchon de lampe, une sorte de cloche de kaolin qui, en rougissant, augmenterait, suivant l'auteur, de 40 p. 100 le pouvoir lumineux de l'arc. Les charbons employés sont ceux de M. Carré, et c'est une machine de Gramme qui sert de générateur. Avec cette machine, on peut allumer jusqu'à 10 lampes du premier modèle que nous avons décrit, en les plaçant dans le même circuit, mais on n'en emploie que 6 pour l'éclairage des bureaux du *Times* à Londres où ce mode d'éclairage est appliqué depuis quelque temps.

D'après le *Telegraphic Journal* du 1er novembre 1878, le système d'éclairage électrique de M. Rapieff introduit

en Angleterre par M. E. J. Reed, sous la direction de M. Applegarth, aurait donné d'excellents résultats dans les essais qui ont été faits dans Middle street à Smithfield et dans l'établissement du journal anglais le *Times*. Il y aurait maintenant 18 lampes Rapieff qui éclaireraient les ateliers de composition, et 6 qui seraient affectées à l'éclairage des bureaux. « Le grand avantage de cette lampe, dit-il, serait qu'elle peut travailler au besoin toute une nuit sans qu'il soit nécessaire de renouveler les charbons; son intensité est toujours constante, quand bien même les charbons seraient brûlés très bas, et à ce point de vue, cette lampe l'emporterait sur la bougie Jablochkoff, car dans celle-ci le courant augmente d'énergie à mesure qu'elle brûle, par suite de l'amoindrissement de longueur des charbons à travers lesquels le courant est obligé de passer, tandis que dans la lampe Rapieff, cette longueur est toujours la même. »

Pour que l'extinction d'une lampe n'entraîne pas celle des autres lampes, M. Rapieff dispose l'électro-aimant appelé à séparer les charbons de manière à réagir sur un commutateur. Quand le courant passe à travers l'électro-aimant, le commutateur n'est pas mis en action, et le circuit est complété par la lampe; mais quand celle-ci s'éteint ou qu'on la retire du circuit, l'électro-aimant en question devenant inactif, fait passer le courant par une dérivation dans laquelle est introduite une résistance égale à celle du circuit de la lampe, et le circuit des autres lampes n'est pas pour cela interrompu. Cet effet est obtenu au moyen d'une seconde armature qui, étant attirée, agit comme culasse quand le courant passe, pour renforcer l'action électro-magnétique exercée sur la lampe, et qui actionne le commutateur quand le courant ne passant plus, la fait céder à l'action antagoniste.

Dans un récent modèle, M. Rapieff a remplacé les charbons du haut du régulateur que nous avons décrit, par un morceau de charbon massif, qui, comme dans la lampe

Werdermann, ne brûle pas. Ce dispositif avait du reste été indiqué par lui dans son brevet de 1877, de sorte qu'on ne peut l'accuser d'avoir, dans ce nouveau système, imité M. Werdermann.

Lampe de M. Baro. — Cet appareil se compose simplement de deux tubes métalliques disposés verticalement l'un à côté de l'autre et dans lesquels glissent librement deux baguettes de charbons qui appuient sur un bloc de magnésie. Ces tubes sont séparés par une matière isolante, mais une vis permet de régler l'écartement des charbons à leur bout en contact avec la magnésie; de sorte que l'arc peut se produire, à ce point de contact, dans les conditions voulues, et même s'y maintenir malgré l'usure des charbons, puisque ceux-ci tendent sans cesse à se rapprocher du bloc de magnésie par leur propre poids.

Lampe de MM. E. Houston et E. Thomson. — Comme disposition, la lampe de MM. Houston et Thomson se rapproche des appareils ordinaires; seulement le charbon du bas, au lieu de correspondre à un mécanisme d'horlogerie, est soutenu par un bras adapté à une forte lame de ressort. Ce bras porte l'armature d'un électro-aimant qui est placé au-dessous de lui, et il se trouve isolé métalliquement du porte-charbon supérieur que l'on met en communication avec le pôle positif du générateur électrique. L'électro-aimant est mis en communication métallique avec le charbon inférieur et le pôle négatif du générateur; de sorte que le courant qui passe au travers est complété par le bras élastique du porte-charbon inférieur et les deux charbons; l'armature électro-magnétique constitue par conséquent un trembleur, comme dans une sonnerie électrique, et il en résulte entre les deux charbons une série d'interruptions de courants très rapides qui provoquent des étincelles multi-

pliées, et, par suite, une lumière continue, en raison de leur superposition sur l'organe de la vue. Pour éviter que l'action se continue entre les porte-charbons quand ceux-ci sont usés, le porte-charbon supérieur porte une tête qui, en rencontrant un disjoncteur de courant, coupe le circuit à travers l'appareil. Dans ces conditions, l'étincelle de l'extra-courant du système électro-magnétique se joint à celle du générateur, et en augmente l'éclat.

Naturellement, MM. Houston et Thomson ne donnent ce régulateur que comme applicable aux faibles courants et pour fournir de faibles lumières. C'était le même but que s'était proposé M. Maiche. M. Lemolt employait également ce moyen pour déterminer l'arc voltaïque lui-même avec les générateurs puissants; seulement c'était un mécanisme d'horlogerie qui fournissait les mouvements vibratoires des charbons.

Lampes de divers systèmes. — Il nous reste, pour compléter notre monographie des lampes à arcs voltaïques, à parler de différents systèmes qui, n'ayant pas fourni de résultats pratiques très importants, présentent un caractère d'originalité qui mérite d'être exposé. De ce nombre, est la lampe de M. Girouard, qui est un régulateur à mouvement d'horlogerie assez analogue à celui de MM. Foucault ou Serrin, mais qui fonctionne sous l'influence d'une sorte de régulateur-relais qui permet par conséquent de le diriger à distance. Le système comporte donc deux appareils: 1° un système électro-magnétique à gros fil, à travers lequel passe le courant du générateur, et qui réagit sur un double contact; 2° une lampe à double mouvement d'horlogerie sur laquelle réagissent deux électro-aimants à fil fin animés par le courant d'une pile de très faible intensité. Le courant du générateur, après avoir traversé l'électro-aimant du régulateur-relais, passe donc directement à travers les charbons

de la lampe, et leur écart est réglé par un système indépendant, qui fonctionne sous l'influence des deux contacts du relais régulateur. Quand le courant a toute son intensité, le mécanisme qui commande l'écart des charbons est actionné, et quand au contraire le courant est trop affaibli, c'est le second mécanisme d'horlogerie qui est alors dégagé, et qui rapproche les charbons. Pour obtenir cette double action en sens inverse, M. Girouard a employé un barillet à double mouvement. On pourra trouver la description complète de ce système dans le tome V de mon *Exposé des applications de l'électricité*, p. 495.

Pour augmenter la durée des charbons excitateurs de l'arc voltaïque, on a eu l'idée d'employer des charbons circulaires. C'est même dans ce système qu'a été construite, en 1845, la première lampe électrique, par M. Thomas Wright. Plus tard, en 1849, M. Lemolt reprenant l'idée de Thomas Wright, construisit un appareil mieux défini dans ses fonctions, et dans lequel les deux disques de charbon supportés par deux leviers recourbés et articulés, se trouvaient mis en mouvement par un double système de poulies qu'animait un même mécanisme d'horlogerie. Un ressort à boudin reliant les deux leviers courbes, faisait appuyer l'un contre l'autre les deux disques de charbon qui se trouvaient éloignés à des intervalles très-rapprochés par l'action d'une excentrique, mise en mouvement par le mécanisme d'horlogerie, et il en résultait une série d'étincelles se succédant assez rapidement pour fournir à la vue l'effet d'une lumière continue. Après ce système, est venu celui de M. Harisson, dans lequel un des charbons était remplacé par un cylindre de charbon mobile sur son axe pour en rendre l'usure moins prompte ; mais le charbon supérieur était actionné par un système électro-magnétique qui déterminait la formation de l'arc et le maintenait constant par des moyens analogues à ceux employés dans les autres régulateurs (voir la note E).

Enfin est venu le système de M. E. Reynier, le plus complet de tous, dans lequel chacun des disques de charbon était mis en mouvement séparément par un mécanisme d'horlogerie particulier, et dont la séparation, nécessaire pour le développement de l'arc voltaïque, était obtenue par un système électro-magnétique agissant sur l'un des porte-charbons, ce qui produisait des effets analogues à ceux des autres régulateurs de ce genre (voir mon *Exposé*, t. V, p. 502).

En outre des appareils dont nous venons de parler, il existe une catégorie de lampes électriques auxquelles j'ai donné, dans mon ouvrage sur les applications de l'électricité, le nom de régulateurs à réactions hydrostatiques, et qui, s'ils ne sont pas très pratiques, sont du moins intéressants. Ils ont pour organes régulateurs des liquides, et réagissent, soit à la manière des vases communiquants, soit en servant de véhicule à la décharge sous certaines conditions, soit en provoquant un effet analogue à celui produit dans les lampes à modérateur. Les principaux modèles de cette catégorie sont ceux de MM. Lacassagne et Thiers, de M. Pascal de Lyon, de MM. Marçais et Duboscq, et de M. Way.

Dans l'appareil Lacassagne et Thiers, imaginé en 1856, le charbon inférieur seul est mobile, et se trouve dirigé par un flotteur adapté dans un long cylindre rempli de mercure, lequel est mis en communication, par un tube, avec un réservoir rempli de ce liquide, et celui-ci est fixé à la colonne de soutien du porte-charbon supérieur. Le tube qui établit la communication entre les deux vases, se replie à travers l'un des pôles d'un fort électro-aimant, de manière à présenter sa courbure au-dessous de l'armature de celui-ci, et il résulte de cette disposition, que l'armature appuyant sur cette partie du tube quand le courant a toute son intensité, joue le rôle d'un véritable bouchon. Conséquemment, tant que le courant conserve toute sa force, le niveau reste constant dans les deux vases, et le charbon

inférieur reste immobile; mais, quand il vient à faiblir par suite de l'accroissement de la longueur de l'arc, le tube se trouve un peu dégagé, et un peu de liquide passe du réservoir dans le tube, ce qui fait monter le charbon jusqu'à ce que le courant ayant repris son intensité primitive ait de nouveau provoqué l'obstruction du tube. L'action du ressort antagoniste de l'électro-aimant se trouve d'ailleurs régularisée par un second électro-aimant interposé dans une dérivation très résistante du circuit, et qui agit dans le même sens que lui sur l'armature du gros électro-aimant qui se trouve prolongée à cet effet au delà de son point d'articulation.

Le régulateur de MM. Marçais et Duboscq est une sorte de lampe à modérateur, dont la crémaillère du piston réagit sur les deux porte-charbons par l'intermédiaire d'une double grenouillette, et dans laquelle le mouvement de ce piston dépend de l'écoulement plus ou moins prompt de l'huile qui se trouve au-dessous. A cet effet, les parties supérieure et inférieure du corps de la lampe sont mises en communication par un tube, en l'un des points duquel se trouve une ouverture circulaire bouchée par une membrane extensible; et au-dessus de cette membrane est appliqué une sorte de tampon articulé, commandé par l'armature d'un électro-aimant qui, comme dans le système précédent, arrête ou provoque l'écoulement du liquide suivant l'intensité plus ou moins grande du courant.

Enfin, dans la lampe de M. Way, dont on a beaucoup parlé en 1856, et qui a même occasionné la mort de son auteur, les charbons entre lesquels se produit ordinairement l'arc voltaïque, étaient remplacés par un mince filet de mercure sortant d'un petit entonnoir et reçu dans une cuvette en fer renfermant aussi du mercure. Les deux pôles du générateur étant mis en communication, l'un avec l'entonnoir, l'autre avec la cuvette, il se produisait entre les globules successifs de la veine discontinue,

une série d'arcs voltaïques dont la réunion formait un foyer lumineux assez intense et assez régulier. La veine lumineuse était d'ailleurs placée dans un manchon de verre d'assez petit diamètre pour s'échauffer de manière à ne pas laisser condenser le mercure sur ses parois ; et comme la combustion se faisait hors du contact de l'oxygène, le mercure n'était pas oxydé. M. Way a modifié, il est vrai, cette première disposition, en employant deux jets de mercure au lieu d'un seul, et ces jets étaient disposés de manière à se rencontrer en un point, d'où ils s'écoulaient ensuite en gouttes. D'un autre côté, il fermait et interrompait continuellement le circuit électrique, au moyen d'un petit électro-moteur mû par la pile, et qui actionnait la pompe à mercure fournissant les jets. Mais malgré ces perfectionnements, cet appareil dut être abandonné à cause des vapeurs mercurielles qui s'en échappaient, et qui finirent par tuer l'inventeur. La lumière fournie n'atteignait d'ailleurs guère que le tiers de celle engendrée avec le même courant entre deux pointes de charbon.

Pour terminer avec les lampes à arcs voltaïques, je dois dire quelques mots du régulateur de M. J. Van Malderen fondé sur les répulsions des éléments contigus d'un même courant. C'est une sorte de compas suspendu, dont les branches articulées portent à leur extrémité les porte-charbons qui se trouvent, par conséquent, placés l'un vis-à-vis de l'autre horizontalement. Ces deux branches du compas, isolées l'une de l'autre et très mobiles, sont mises en rapport avec les deux branches du circuit, et quand les charbons sont arrivés en contact sous l'influence de la tendance des porte-charbons à se placer verticalement, le passage du courant qui a alors lieu, détermine une répulsion qui, en provoquant l'écart des charbons, engendre l'arc voltaïque. Il s'établit alors entre cette force répulsive et l'action résultant de la pesanteur un état d'équilibre stable suffisant pour entretenir une fixité relative

de l'arc. Mais ce système ne peut s'appliquer qu'à des forces électriques peu intenses, et ne peut être considéré comme d'un usage pratique. Il en est de même de celui de M. Fernet, qui est disposé d'après le même principe.

LAMPES A INCANDESCENCE

Les essais intéressants entrepris par MM. Lodyguine et Kosloff ont engagé plusieurs inventeurs, entre autres MM. Konn, Bouliguine, Sawyer-man, Reynier et Werdermann, etc., à imaginer des lampes pour obtenir la lumière électrique par l'incandescence des charbons. Il paraît du reste, d'après M. Fontaine, que ce serait M. King qui, dès l'année 1845, aurait conçu la première lampe de ce genre [1].

Lampes de M. King et de M. Lodyguine. —La lampe de M. King consiste dans un mince crayon de charbon de cornue fixé par ses extrémités dans deux cubes de charbon et soutenu par une potence à deux branches en porcelaine. Le tout est renfermé dans un tube fermé privé d'air, et les conducteurs rigides traversant ce tube interposent le petit crayon de charbon dans le circuit du générateur électrique, ce qui le fait rougir assez pour fournir une lumière éclatante. C'est, comme on le voit, un système assez analogue à celui de MM. Lodyguine et Kosloff dont nous avons parlé p. 139.

Cette idée fut reprise en 1846 par MM. Greener et Staite, et en 1849 par M. Petrie. « L'éclairage par incandescence, dit M. Fontaine, et le principe de sa production,

[1] On prétend que cette lampe aurait été inventée par M. J. W. Starr. (Voir le *Telegraphic Journal* du 1er janvier 1879, p. 7 et 15.)

étaient depuis longtemps tombés dans l'oubli, lorsqu'en 1873 un physicien russe, M. Lodyguine, ressuscita l'un et l'autre, et créa une petite lampe qui fut depuis perfectionnée par MM. Konn et Bouliguine. »

Dans sa lampe, M. Lodyguine employait des crayons d'une seule pièce en diminuant leur section à l'endroit du foyer lumineux, et il plaçait deux charbons dans un même appareil avec un petit commutateur extérieur, pour faire passer le courant dans le deuxième charbon quand le premier était usé. M. Kosloff, qui vint en France dans l'espoir d'exploiter le brevet Lodyguine, perfectionna un peu cette lampe sans aboutir cependant à quelque chose de passable. Un des parents de M. Truc, lampiste à Paris, chez lequel les expériences de M. Kosloff furent faites, y travailla également avec beaucoup d'ardeur sans y apporter des améliorations bien notables, et ce n'est que quand M. Konn eut imaginé en 1875 sa lampe qu'on put entreprendre des expériences assez sérieuses pour faire penser un moment que les lampes de cette espèce pouvaient avoir quelques avantages pratiques. C'est M. Duboscq qui construisit pour la première fois en France cette lampe.

Lampe de M. Konn. — Dans cet appareil, que nous répresentons fig. 42, chaque foyer, au lieu de n'avoir qu'un seul charbon, était muni de quatre à cinq, et tous ces charbons A,B, disposés verticalement et circulairement, étaient terminés par de petits cylindres de charbon sur lesquels étaient incrustées, supérieurement, des tiges de cuivre A,B, de longueur successivement décroissante. Leur partie inférieure communiquait à l'une des branches du circuit, et leur partie supérieure n'était mise en rapport avec l'autre branche de ce circuit que par l'intermédiaire d'une sorte de couvercle métallique articulé qui appuyait sur eux par son propre poids. Toutefois, comme leur hauteur était différente, ce couvercle ne pouvait en toucher qu'un à la fois, et c'était le plus long.

Or, il résultait de cette disposition que, si celui-ci venait à se rompre ou à s'user complètement, le couvercle tom-

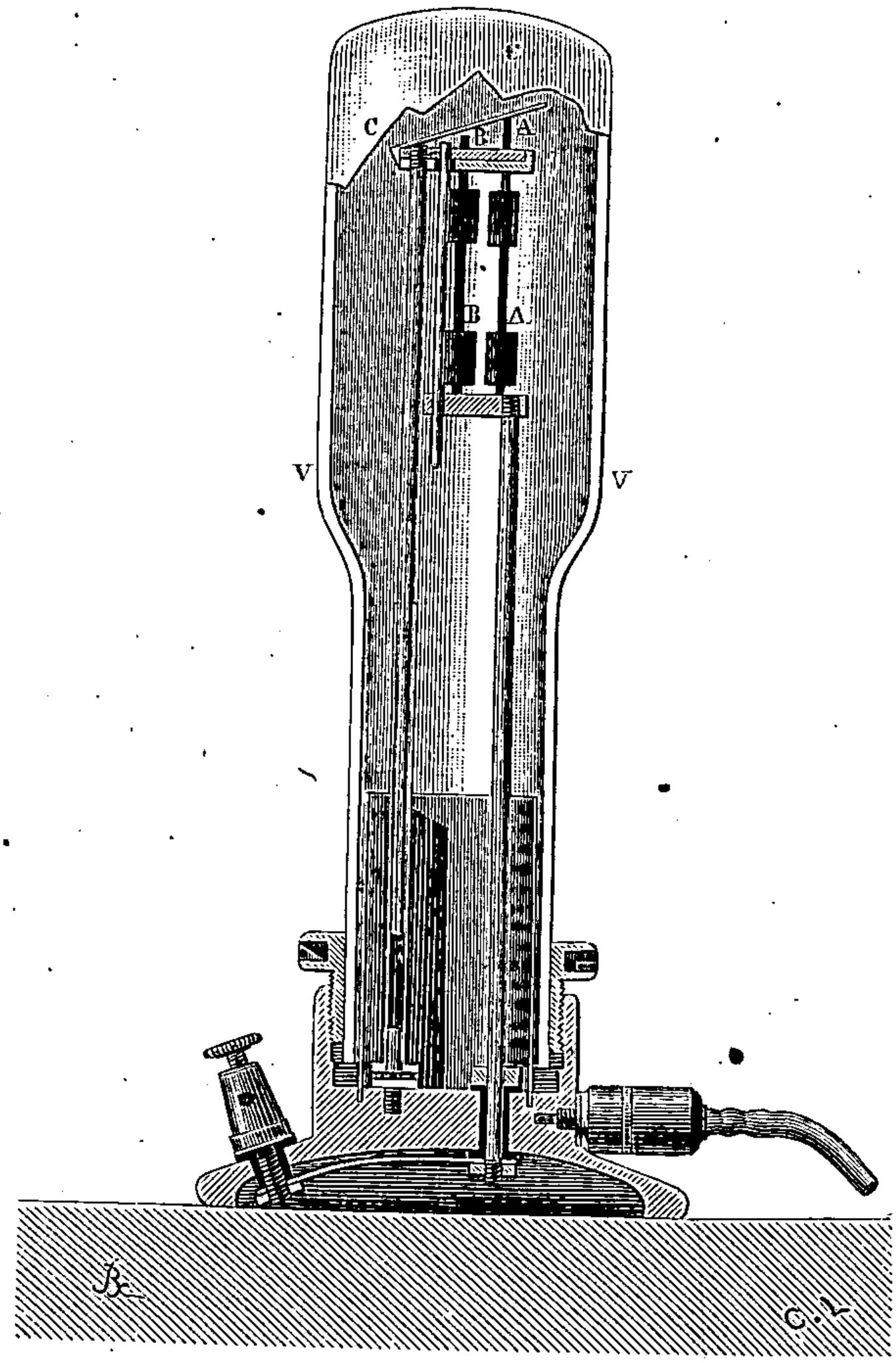


FIG. 42.

bait avec lui et, en rencontrant dans sa chute le charbon le plus long après lui, faisait passer le courant à travers ce

nouveau charbon qui s'illuminait instantanément. Celui-ci venant de nouveau à se rompre, le couvercle transportait le courant dans un troisième charbon, et ainsi de suite jusqu'au dernier. L'expérience avait montré que cinq charbons ainsi disposés étaient bien suffisants pour une soirée d'éclairage, et pendant les expériences auxquelles j'ai assisté j'ai pu voir la lampe fonctionner deux fois au moment de la rupture de deux d'entre eux.

Naturellement chacun de ces systèmes quintuples de charbons était renfermé dans un récipient W hermétiquement fermé ou privé d'air, et leur différence de hauteur était calculée pour que la courbure résultant de l'influence de la chaleur excessive à laquelle ils étaient successivement portés ne donnât pas lieu à une division du courant.

Quand tous les charbons d'une même lampe étaient usés, le couvercle en rencontrant une tige de cuivre continuait le circuit; de sorte que, s'il y avait plusieurs lampes interposées dans le même circuit, l'extinction de l'une n'entraînait pas celle des autres.

D'après les expériences faites chez M. Florent, à Saint-Pétersbourg, où trois de ces lampes sont installées, chacune d'elles fournit une lumière équivalente à 20 becs Carcel, et elles fonctionnent sous l'influence de courants produits par une machine de la compagnie l'*Alliance*.

Lampe Bouliguine. — Cette lampe atteint à peu près le même but que la lampe précédente, mais en n'employant qu'un seul charbon. Elle se compose, comme la précédente, d'un socle en cuivre, de deux tiges verticales, de deux barres de prise de courant et d'une soupape d'évacuation.

Une des tiges est percée d'un petit trou de haut en bas, et possède sur presque toute sa longueur une fente permettant le passage de deux petites oreilles latérales. Le charbon est introduit dans cette tige comme la mine d'un porte-crayon ordinaire, et il est sollicité à monter par des

contre-poids reliés, au moyen de deux câbles microscopiques, aux oreilles du support en croix sur lequel repose le charbon. La partie du charbon qui doit entrer en incandescence est retenue entre les lèvres de deux blocs coniques en charbon de cornue. Une vis placée sous le socle permet d'augmenter ou de diminuer la longueur de la tige qui porte le bloc conique supérieur et, par suite, de donner à la partie lumineuse une plus ou moins grande longueur. La fermeture du globe est obtenue, comme dans l'appareil précédent, par la pression latérale de plusieurs rondelles de caoutchouc.

Lorsque la lampe est placée dans un circuit, la baguette de charbon rougit et s'illumine jusqu'à ce qu'elle vienne à se rompre. A ce moment, un petit mécanisme commandé par un électro-aimant ouvre les lèvres des porte-charbons; le contre-poids du haut chasse les fragments qui pourraient rester dans l'entaille, et les contre-poids du bas relèvent la tige en charbon, laquelle pénètre dans le bloc supérieur et établit le courant. Le mécanisme commandé par l'électro-aimant agit de nouveau, mais en sens inverse de sa première manœuvre, les porte-crayons se resserrent et la lumière renaît.

Ce système, suivant M. Fontaine, ne fournit pas toujours de bons résultats, à cause de la multiplicité des organes, mais, quand par hasard il fonctionne régulièrement, la lumière fournie est plus intense que celle de la lampe Konn.

Lampe de M. Sawyer-Man. — Cette lampe n'est pas autre chose que la lampe King ou Lodyguine dans toute sa simplicité, sauf quelques dispositions insignifiantes introduites pour diminuer le rayonnement calorifique, et nous sommes étonné des longues réclames que nous lisons dans les journaux anglais, au sujet de cette lampe, qui ne vaut probablement pas mieux que ses aînées. Dans ce système, le récipient où se trouve le charbon incan-

descent est rempli de nitrogène, afin d'éviter la combustion et les dépôts gazeux sur les parois du récipient, et le charbon lui-même a une longueur assez réduite; sa résistance ne dépasse pas 0,95 ohm, et chaque bec est muni d'une dérivation, afin de ne pas changer les conditions de distribution du courant quand l'une ou l'autre de ces lampes est éteinte. Le commutateur appelé à allumer ou à éteindre la lampe est d'ailleurs disposé de manière à ne lui faire parvenir le courant dans toute son intensité que successivement et après avoir passé par des résistances de moins en moins accentuées. C'est, suivant l'auteur, au défaut de cette précaution, que les charbons des lampes à incandescence doivent de s'altérer promptement. Enfin, un enregistreur électro-magnétique est disposé dans le circuit de manière à fournir les effets des compteurs à gaz.

Nous ne parlerons pas du système de distribution du courant à travers toutes ces lampes, car il est fondé sur le système des dérivations, et il est identique à celui de M. Werdermann, que nous étudierons plus loin. On pourra du reste voir une description détaillée de cette lampe dans le *Telegraphic Journal* du 1er janvier 1879. Nous ne croyons pas devoir en parler davantage, nous étonnant du peu de souci que les inventeurs anglais et américains prennent des inventions antérieures.

Lampe de M. E. Reynier. — Nous avons vu p. 142 sur quel principe était fondée cette lampe, qui est la plus importante de toutes celles que nous étudions en ce moment, et qui pourra peut-être un jour, sous une forme ou sous une autre, réaliser le problème de la divisibilité de la lumière électrique. Nous représentons, fig. 43, le dernier modèle auquel l'auteur s'est arrêté. Elle se compose, comme on le voit, d'une longue et mince baguette de charbon CC, de deux millimètres de diamètre, soutenue par un porte-charbon pesant A, qui glisse dans une

colonne creuse D, entre quatre galets. Cette baguette ap-

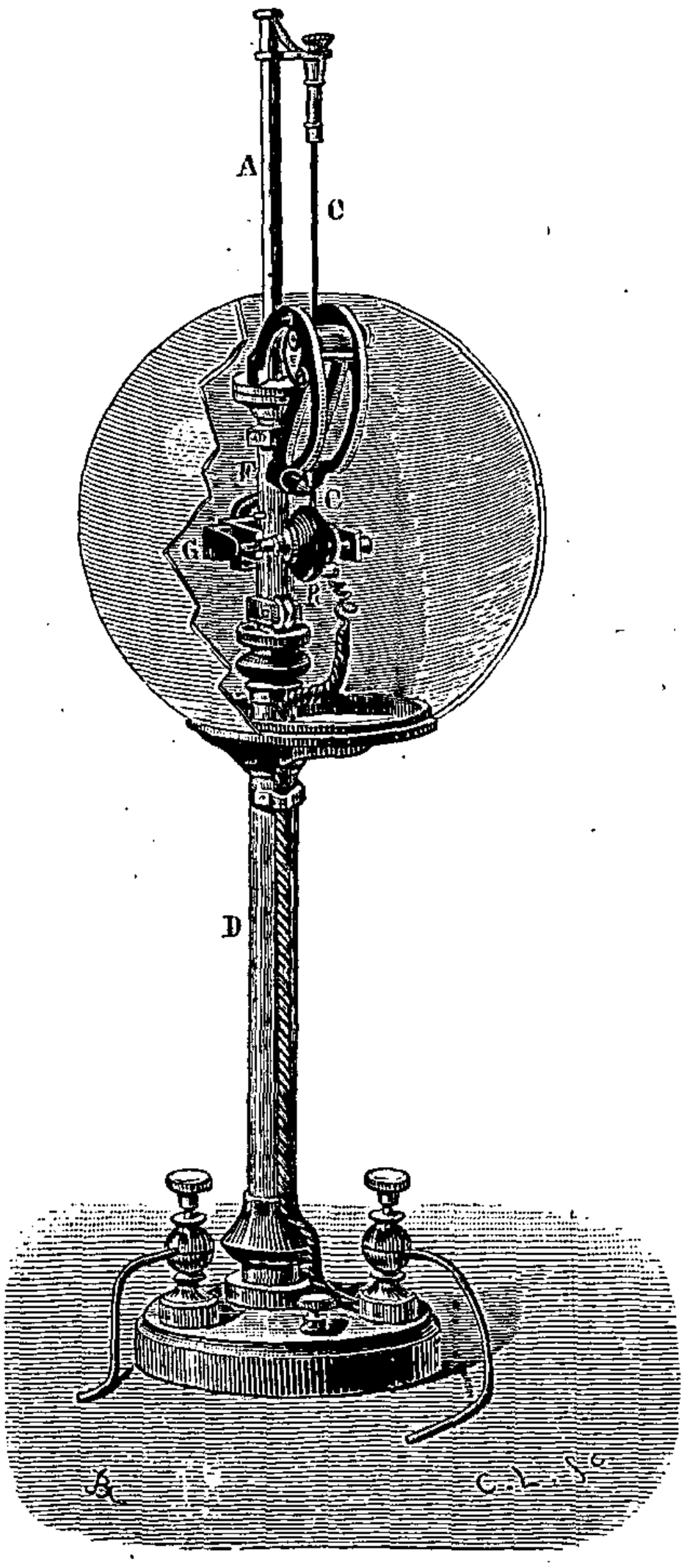


FIG. 43.

puie sur un cylindre de charbon R, pivotant sur un bras horizontal G adapté à la colonne. Un guide muni d'un

frein F enserre la baguette de charbon à une petite distance (6 millimètres environ) du cylindre de charbon, et lui amène en même temps le courant positif qui retourne au générateur par le cylindre de charbon et son support. Le point de contact de la baguette de charbon avec le cylindre est placé un peu excentriquement, par rapport à la verticale passant par l'axe du cylindre, afin qu'à chaque abaissement du système résultant de l'usure de la baguette une petite impulsion tangentielle soit communiquée au cylindre et lui fasse accomplir un petit mouvement capable de faire tomber les cendres accumulées au point de contact. Sans cette précaution, ces cendres pourraient altérer les conditions d'éclat de la lumière produite, du moins avec les charbons impurs dont on se sert actuellement.

Le problème que s'était proposé M. Reynier était, comme on le voit, de faire progresser d'une manière continue et insensible une longue et fine baguette de charbon, incandescente seulement vers son extrémité, et s'usant par le bout. La fig. 44 empruntée au brevet français du 19 février 1878 explique nettement les données de ce problème.

« Une baguette de charbon cylindrique ou prismatique C, dit M. Reynier[1], est traversée entre *i* et *j* par un courant continu ou alternatif, assez intense pour la rendre incandescente dans cette portion. Le courant entre ou sort par le contact *l*, et il sort ou entre par le contact B. Le contact *l*, qui est élastique, presse la baguette latéralement; le contact B la touche *en bout*. Dans ces conditions, le charbon s'use à son extrémité *j* plus vite qu'en toute autre place, et tend à se raccourcir. Par conséquent, si le charbon C est poussé continuellement dans le sens de la flèche de manière à buter sans cesse sur le contact en bout B, il avancera graduellement à mesure qu'il s'usera, en glissant dans le contact latéral *l*. La chaleur déve-

[1] Voir le compte rendu des séances de la Société de Physique d'avril-juillet 1878, p. 96.

loppée par le passage du courant dans la baguette est grandement accrue par la combustion du carbone.

« Dans la pratique, je remplace le contact fixe par un contact tournant B fig. 45, qui entraîne les cendres du charbon. La rotation du contact en bout est rendue solidaire du mouvement de progression de la baguette de charbon, de sorte que la position de celle-ci sur le contact en bout fait frein sur le mécanisme moteur.

« Le principe de ce nouveau système de lampe étant établi, il était aisé d'imaginer des dispositifs plus simples pour le réaliser. Les spécimens que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société s'expliquent d'eux-mêmes à première in-

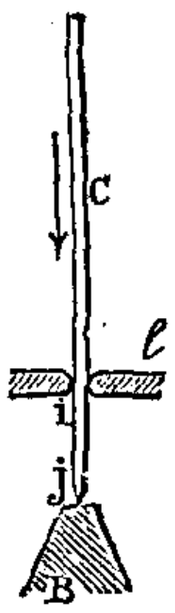


Fig. 44.

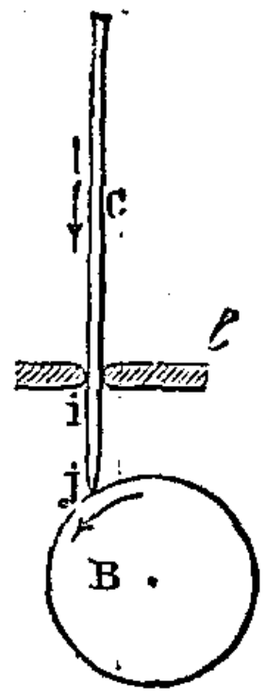


Fig. 45.

spection. La progression du charbon C et la rotation du contact en bout B sont obtenues par la descente de la tige pesante du porte-charbon [1]. Pour remonter la lampe il suffit de soulever cette tige. La baguette de charbon est mise en place sans ajustement. Il n'y a point de réglage. »

Avant le modèle que nous avons décrit en commençant, M. Reynier en avait combiné un plus compliqué, dans lequel le cylindre de charbon était sollicité par un mécanisme d'horlogerie qui était embridé par la pression de la baguette de charbon, dont le bout formait frein, et

[1] Il résulte d'expériences comparatives faites par M. Reynier que le renouvellement du contact en bout est indispensable pour obtenir un fonctionnement un peu prolongé avec les charbons ordinaires du commerce.

qui ne fonctionnait qu'au fur et à mesure de l'usure de ce charbon, mais il s'aperçut bientôt que le problème pouvait être résolu plus simplement par le dispositif décrit précédemment.

Nous donnons ces détails à cause des prétentions élevées dernièrement par M. Werdermam, et qui tendraient à enlever au physicien français l'originalité et le mérite de son invention. On a été jusqu'à prétendre que la lampe en question n'était qu'une reproduction de la lampe Harrison, imaginée dès 1858; mais, pour peu qu'on étudie cette dernière lampe, il est facile de voir que le principe en est complètement différent. Celle-ci, en effet, n'est autre chose qu'un régulateur électro-magnétique qui ne diffère des autres lampes électriques de ce genre qu'en ce que l'un des charbons est remplacé par un cylindre de charbon tournant, afin de rendre moins prompte l'usure du système. L'antériorité la plus sérieuse qu'on pourrait opposer à M. Reynier est la description d'une lampe de ce genre qu'on trouve dans un brevet de M. Varley pris en 1876. (Voir la note E à la fin du volume.)

M. Reynier a encore combiné un autre dispositif fonctionnant sous l'influence de ressorts, afin de pouvoir marcher dans toutes les positions que l'on veut donner à la lampe, condition indispensable pour les applications que l'on peut en faire à la marine et aux chemins de fer.

Des expériences exécutées chez MM. Sautter et Lemonnier, avec dix lampes Reynier et une machine Gramme, tournant avec une vitesse de 930 tours, ont donné les résultats suivants, sur un circuit représenté par 100 mètres de fil de cuivre de trois millimètres, soit de 30 mètres de fil télégraphique :

Nombre de lampes et tension.	Indications du galvanomètre.	Intensité lumineuse de chaque lampe.	Rendement lumineux total
5	25°	15 becs	75 becs.
6	22°	13 —	78 —
7	20°	10 —	70 —
10	15°	5 —	50 —

Le régulateur de M. Serrin donnait dans les mêmes circonstances, avec une déviation de 21°, une intensité lumineuse de 320 becs.

Comme intensité lumineuse totale, l'emploi des lampes à incandescence est donc moins avantageux que les lampes à arcs voltaïques; mais avec les premières on a l'avantage de la division de la lumière et la possibilité de l'obtenir avec des forces électriques relativement faibles. Elles usent environ 10 centimètres de charbon par heure; mais en prenant les charbons plus gros et en disposant le générateur en quantité, cette usure pourrait être beaucoup moindre. Dans les expériences faites à la Société d'encouragement, six lampes ont pu être allumées avec le courant de 25 doubles éléments Bunsen. Leur lumière était douce à travers des globes en verre dépoli, et paraissait être équivalente à celle de deux ou trois becs de gaz. On a pu les éteindre et les rallumer à volonté.

Lampe de M. Werdermann. — La lampe de M. Werdermann n'est, en principe, que la lampe de M. Reynier renversée; mais cette disposition, qui est assez pratique pour l'éclairage public auquel elle est spécialement destinée, avait été indiquée dans le brevet original de M. Reynier; nous la représentons fig. 46.

Ce système consiste essentiellement dans un charbon délié *b*, mobile à l'intérieur d'un tube métallique T qui lui sert de guide et en même temps de communicateur du courant. Un collier adapté à la partie inférieure le relie, par deux cordons qui ressortent du tube par deux rainures et qui passent au-dessus de deux poulies, à un contre-poids P qui tend à soulever continuellement le charbon, et à le faire adhérer légèrement contre un large disque de charbon C de deux pouces de diamètre, maintenu dans une position fixe par un support vertical D. Ce support est adapté à une sorte d'enveloppe en entonnoir S

qui reçoit les cendres de la combustion et permet d'adapter à la lampe un globe de verre.

Le disque de charbon supérieur est mis en rapport avec le pôle négatif du générateur, et le guide métallique T du crayon de charbon correspond au pôle positif, de sorte qu'il n'y a de portée à l'incandescence que la partie du crayon de charbon (3/4 de pouce à peu près), comprise entre le tube métallique qui lui sert de support et le charbon supérieur. Cette incandescence est augmentée de l'action du petit arc voltaïque qui, comme nous l'avons dit, se forme au point de contact des deux charbons, et de la combustion du charbon délié. Le charbon supérieur, en raison de sa grande masse, ne brûle pas ni même ne subit aucune altération. L'action du contre-poids est d'ailleurs réglée au moyen d'un ressort R muni d'une vis de réglage qui, en appuyant plus ou moins sur la partie du tube emboîtée sur le charbon, forme frein.

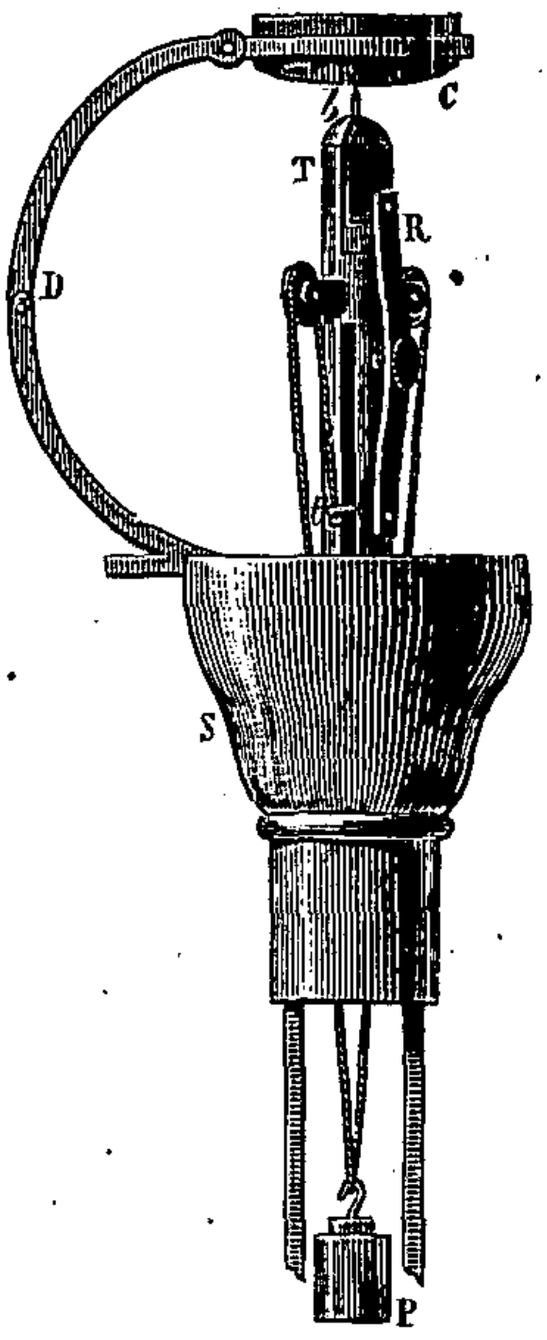


Fig. 46.

Les expériences récentes faites en Angleterre avec une machine Gramme disposée pour la galvanoplastie et fonctionnant sous l'influence d'une machine à vapeur de deux chevaux de force, dit-on[1], ont fourni, suivant M. Werdermann, les résultats suivants :

« 1° Quand le courant de la machine était distribué entre

[1] D'après des renseignements qui m'ont été transmis, cette force serait infiniment plus grande.

deux lampes, l'éclat de la lumière équivalait à celui de 360 candles. Cette lumière était blanche et semblait dépouillée des rayons bleus et rouges qui se voient si souvent dans la lumière résultant de l'arc voltaïque. Elle était de plus parfaitement constante.

« 2° En établissant sur le circuit 10 dérivations correspondant chacune à une lampe, comme on le voit fig. 47, on peut obtenir 10 foyers lumineux représentant chacun environ 40 candles. Pour régulariser l'action, on interpose dans chaque dérivation des bobines de faible résistance *a*, *a*, *a*. Dans ces conditions, la résistance de chaque lampe était de $0^{ohm},392$ et, par conséquent, la résistance totale du circuit n'était que de $0^{ohm},037$.

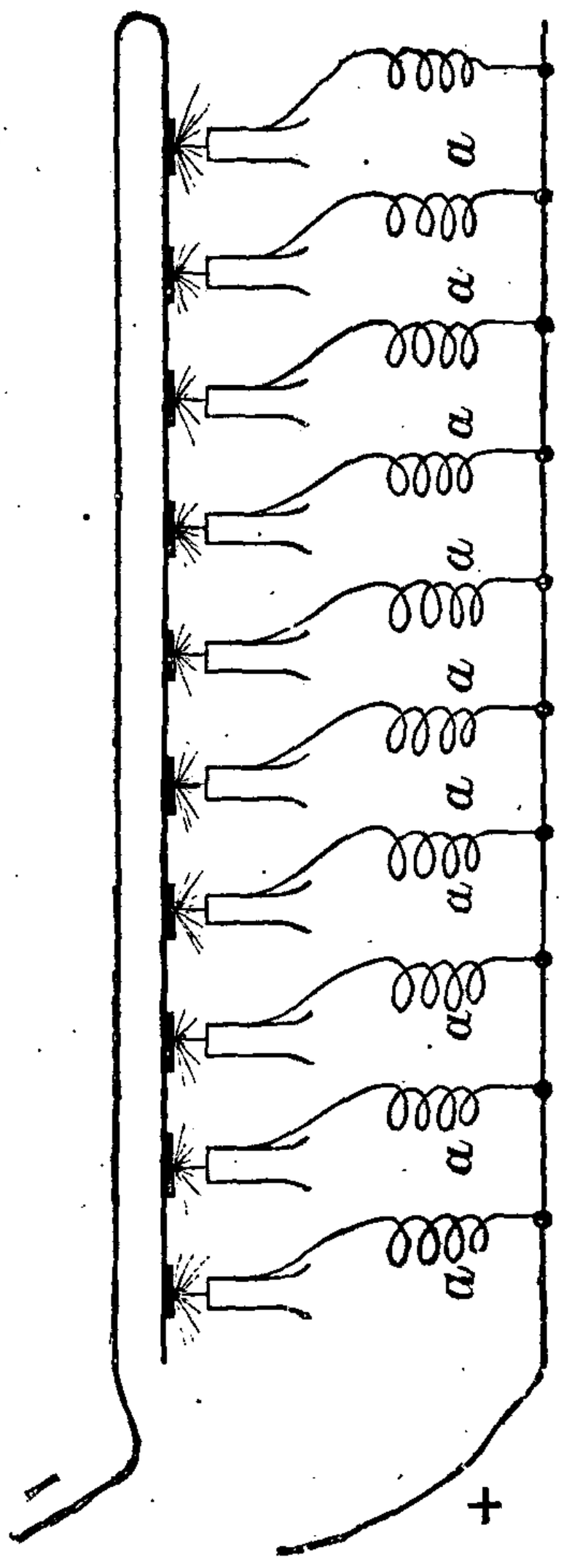


Fig. 47.

« 3° L'usure des charbons des lampes du petit modèle ne dépassait pas 2 pouces par heure, et, pour les lampes grand modèle, cette usure atteignait à peine trois pouces dans le même espace de temps. On pouvait d'ailleurs les employer sur une longueur d'un mètre. C'étaient des charbons de M. Carré. »

S'il faut en croire certains témoins oculaires, ces

renseignements seraient loin d'être exacts, et nous verrons d'ailleurs plus loin qu'il est bien difficile d'obtenir sur des circuits dérivés une égalité de résistance assez parfaite pour pouvoir maintenir longtemps allumés des becs lumineux disposés de cette manière. Il paraît toutefois que des expériences pratiques viennent d'être entreprises à Londres et qu'elles ont bien réussi.

Avec ce système, comme du reste avec celui de M. E. Reynier, toutes les lampes peuvent être allumées ou éteintes d'un seul coup ou successivement, et comme leur éclat peut ne pas être très grand, au lieu d'employer des globes en verre dépoli, on peut avoir recours à des globes transparents.

La fig. 48 représente les commutateurs établis sur

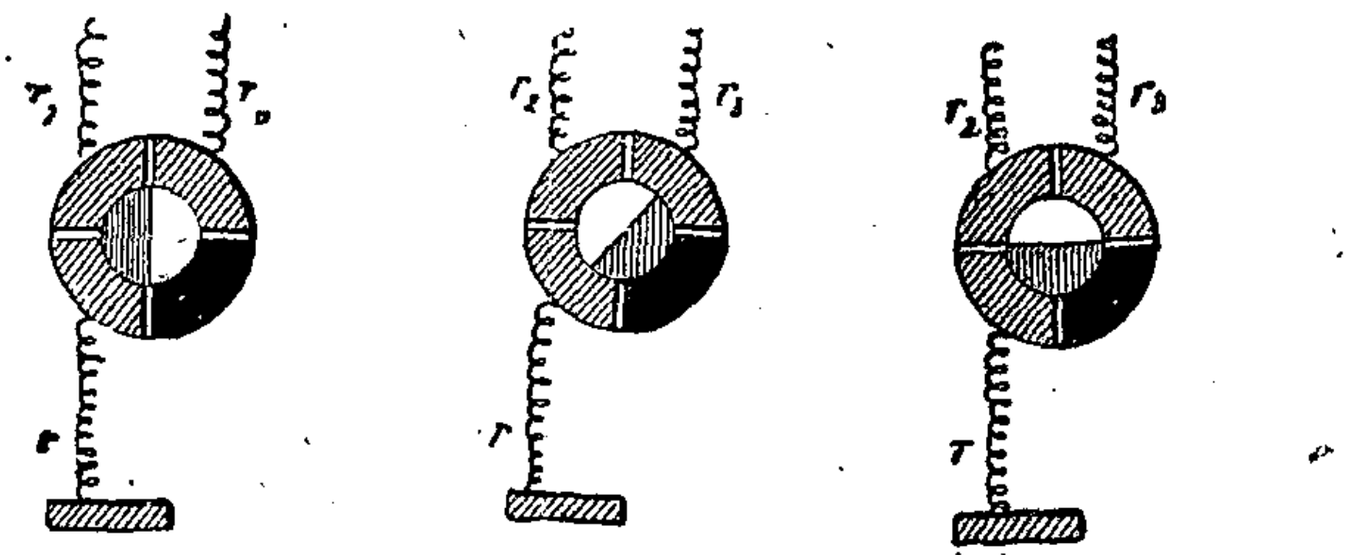


Fig. 48.

chaque dérivation, pour l'intercalation de la résistance a, pour l'interruption du circuit et la transmission directe; ce sont des anneaux métalliques fendus en 4 parties égales, et à l'intérieur desquels on introduit un bouchon moitié métallique, moïtié isolant. Les deux parties supérieures de chaque anneau sont mises en rapport, l'une avec le charbon inférieur de la lampe, l'autre avec le charbon supérieur; mais sur la liaison effectuée dans ce dernier cas est interposée une résistance égale à celle de la lampe, soit 0,392 ohm. La partie inférieure de gauche est reliée au fil positif, et la partie inférieure de droite

est constituée par de l'ébonite. Quand le bouchon est dans la première position indiquée sur la figure, le courant traverse directement la lampe, parce que la communication est établie par la partie métallique entre les deux secteurs métalliques de gauche; quand il est dans la 2e position, le courant ne passe plus à travers les charbons, mais à travers la bobine de résistance, et comme celle-ci est équivalente à celle de la lampe, rien n'est changé dans la distribution électrique. Enfin, quand le bouchon est dans la 3e position, le circuit est interrompu, et les autres lampes bénéficient de la portion de courant qui passait à travers la lampe.

En outre des résistances dont il vient d'être question, il en est d'autres placées sur le trajet du fil positif de chaque dérivation, qui sont indiquées fig. 47 et qui servent à faire varier l'éclat de telle ou telle lampe.

Lampe Reynier, modèle Trouvé. — M. Trouvé vient de donner à la lampe Reynier une nouvelle disposition qui se rapproche un peu de celle de M. Werdermann et qui est à la fois plus pratique et plus économique. La fig. 49 peut en donner une idée exacte. Le petit charbon B qui fournit l'incandescence est logé dans un long tube fendu d'une rainure dans sa longueur qui permet à un bras adapté à un piston mobile D de pousser, sous l'influence d'un contre-poids P, muni de galets, le charbon fin contre le cylindre massif C. Ce charbon fin est pris entre deux galets à ressort *g*, qui lui amènent en même temps le courant. Enfin le cylindre de charbon C se présente devant l'autre de manière à pouvoir tourner sous l'influence d'une pression tangentielle exercée contre lui, au fur et à mesure de l'usure de la baguette illuminée B B. Cette lampe fonctionne bien et peut dès maintenant être appliquée à l'éclairage privé sous l'influence du courant d'une pile de 6 éléments Bunsen. La baguette

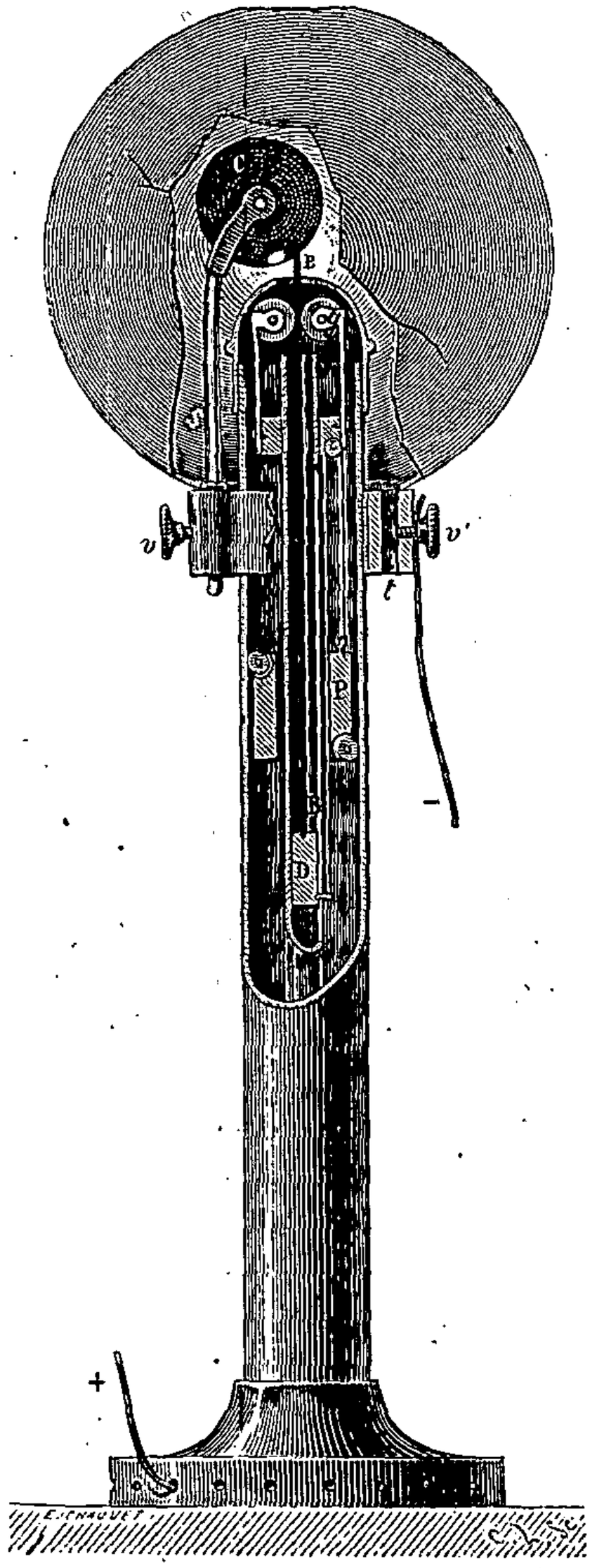


FIG. 49.

de charbon est d'un plus faible diamètre que celles employées par M. Reynier.

Lampe Reynier, modèle Ducretet. — Une disposition du genre de celle que nous venons de décrire a encore été donnée à la lampe Reynier par M. Ducretet. Dans ce modèle, représenté fig. 50, la baguette de charbon L, au lieu d'être poussée par un contre-poids, est soumise à l'action compressive d'une colonne de mercure dans laquelle elle est plongée, et qui remplit un long tube de fer T constituant le corps de la lampe. Un couvercle et un collier élastique G guident la baguette et lui communiquent ainsi que le mercure la polarité positive; enfin un cylindre de charbon H porté par un bras métallique coudé S mobile dans une douille *i* à vis de réglage permet de donner à la partie de la baguette qui doit rougir la longueur voulue. Le courant arrive à l'appareil par la borne B et l'interrupteur B'. Ce système, par sa simplicité, permet de fournir cette lampe à très bon marché. Il avait été, du reste, déjà combiné par M. Reynier, qui l'avait indiqué dans son brevet parmi les dispositions qu'on pouvait donner à son appareil (*Voir les appendices* note E).

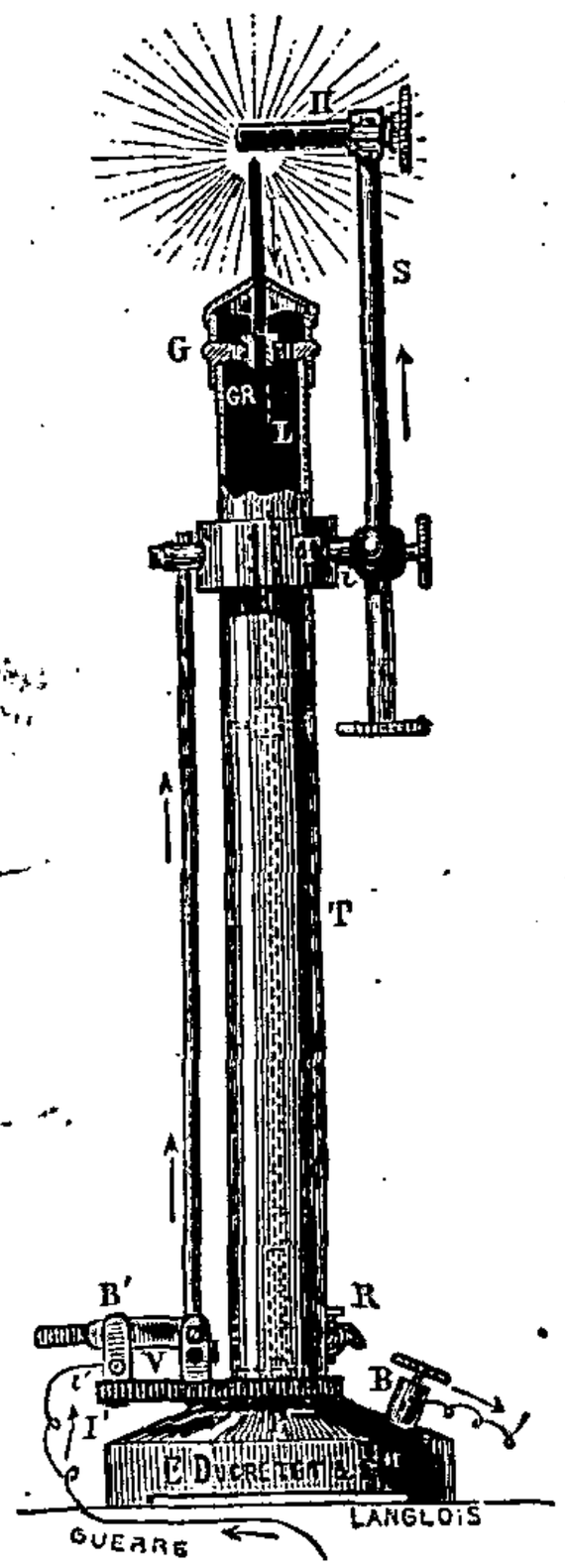


FIG. 50.

Lampe de M. Edison. — On ne connaît encore que très imparfaitement cette lampe, et M. Edison semble prendre un malin plaisir à faire attendre les curieux, sous prétexte de perfectionnements importants qu'il est toujours sur le point de réaliser, mais que nous croyons n'exister que dans son imagination. En atten-

dant, MM. les reporters américains donnent un libre cours à leurs réclames bruyantes, qui n'ont d'autre effet, aujourd'hui, que de discréditer les découvertes du nouveau monde. Aussi les actions des compagnies de gaz, qui avaient, dans un premier moment, subi le contre-coup de toutes ces annonces pompeuses, remontent-elles tous les jours depuis qu'on a vu que tout ce tapage n'avait pas sa raison d'être. S'il faut en croire certaines personnes, il paraîtrait même que le système de M. Edison présente si peu de nouveauté qu'on aurait refusé en Angleterre et en Amérique de lui conférer un brevet. Quoi qu'il en soit, voici comment les journaux rendent compte de ce système (voir les notes et appendices note D) :

En principe, cette lampe est fondée sur l'incandescence d'une spirale constituée par un fil de platine allié à de l'iridium, et pour empêcher que cette spirale brûle lorsque sa température dépasse un certain degré, M. Edison place à l'intérieur de la spirale une tige métallique qui, en se dilatant, vient buter contre une pièce de contact précisément au moment où la chaleur est sur le point d'atteindre ce degré. Alors le courant se dérive par ce contact et abaisse immédiatement la température de la spirale, ce qui détermine une disjonction de la dérivation et arrête le refroidissement. La spirale commence alors à s'échauffer de nouveau et se trouve ainsi maintenue à une température qui ne peut varier qu'entre des limites plus ou moins rapprochées qui peuvent d'ailleurs être réglées, par l'éloignement plus ou moins grand de la pièce de contact de la dérivation, par la résistance de celle-ci, et par un régulateur à résistance variable avec la pression, fondé sur le principe que M. Edison a appliqué aux transmetteurs téléphoniques.

Une spirale de platine peut-elle, par ce moyen, atteindre une température suffisamment intense pour produire de la lumière?... Cela paraît d'autant plus douteux que M. de Changy avait, lui aussi, construit dans des condi-

tions analogues un régulateur fort ingénieux qui n'a pas empêché ses spirales de se volatiliser quand on les chauffait au point de les rendre lumineuses.[1]

Si l'invention de M. Edison n'est pas autre chose que cela, nous sommes étonné du bruit qui a été fait autour d'elle. C'est la montagne qui est accouchée d'une souris.

BOUGIES ÉLECTRIQUES.

Les bougies électriques de M. Jablochkoff, dont on a tant parlé dans ces derniers temps, ne sont certainement pas l'idéal du luminaire électrique ; mais, en raison de l'absence de tout mécanisme et de la régularité relative de leur action, elles ont pu être appliquées à l'éclairage public, ce qui, bien certainement n'aurait pu être fait avec les lampes électriques jusque-là imaginées. C'est grâce à elles et à la puissante compagnie qui s'est organisée pour exploiter cette invention qu'on a pu entreprendre ces belles expériences et ces éclairages splendides de l'avenue de l'Opéra, de l'arc de triomphe de l'Étoile, de la Chambre des députés, des magasins du Louvre, du théâtre du Châtelet, etc., qui ont émerveillé tous les étrangers qui sont venus à Paris lors de l'exposition de 1878, et ont démontré que l'éclairage électrique n'était pas une chimère comme avaient voulu le prétendre les intéressés des compagnies du gaz. Enfin ce sont elles qui ont provoqué cet engouement général de tous les pays pour l'éclairage électrique, qui amènera fatalement d'ici à peu de temps la substitution au moins partielle de l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz. Elles sont d'ailleurs assez répandues, et il s'en brûle aujourd'hui quotidiennement

[1] Voir la description de ce système dans notre *Exposé des applications de l'électricité*, 2e édit., t. IV, p. 501.

dans huit cents foyers ; nous devrons, en conséquence, leur consacrer un long chapitre dans notre ouvrage.

Si l'on place parallèlement, l'un à côté de l'autre, deux charbons bien droits en les séparant par une lamelle isolante susceptible de se volatiliser ou de se fondre sous l'influence du passage du courant électrique entre les deux charbons, on peut obtenir une lampe électrique sans aucun mécanisme, et éclairant à la manière d'une bougie, c'est-à-dire en s'usant successivement jusqu'à ce que les deux charbons aient été entièrement consumés. Tel est le principe de la bougie Jablochkoff, que nous représentons fig. 51.

FIG. 51

De nombreuses expériences ont été faites pour reconnaître quelle était la meilleure substance isolante à introduire entre les charbons, quels étaient le meilleur diamètre et la longueur à donner aux charbons, et après bien des essais on s'en est tenu au plâtre comme isolant et à des charbons de M. Carré de 25 centimètres de longueur sur 4 millimètres de diamètre. Ces bougies, pour une illumination variant de 25 à 40 becs de gaz, peuvent durer une heure et demie, mais nous verrons à l'instant que, par un dispositif très simple, on peut faire durer aussi longtemps que l'on veut l'éclairage fondé sur ce système. Une bougie Jablochkoff se compose donc de deux charbons isolés *c*, *d*, de M. Carré, de 25 centimètres de longueur, légèrement taillés en pointe à leur extrémité supérieure, et séparés par l'isolant dont nous avons parlé, qui présente à son bout supérieur, pour l'allumage de la bougie, une légère couche plombaginée servant de sillon conducteur. Cette couche se compose de plombagine mêlée à de la gomme, et pour en imprégner la bougie, il suffit d'en tremper le bout dans le mélange. Dans l'origine, les deux charbons

étaient réunis par une aiguille de plombagine *a*, retenue par une bande de papier d'amiante *ab;* mais le procédé précédent est beaucoup plus simple. A leur partie inférieure, les charbons sont pourvus d'une sorte de tube de cuivre qui leur sert de plaque de communication pour les mettre en rapport avec le circuit quand la bougie est placée dans le chandelier, et une ligature M faite avec une pâte solide à base de silicate de potasse ou autre substance agglomérante enveloppe la partie supérieure des deux tubes et relie le tout de manière à empêcher les charbons de se séparer de leur cloison isolante. Une pareille bougie, à l'époque où la fabrication des charbons de M. Carré n'était pas encore montée sur une grande échelle, revenait à un prix assez élevé (0f,75); mais, aujourd'hui que ces charbons ont diminué considérablement de valeur, les bougies pourront être livrées à bien meilleur marché, peut-être même, un jour, pourra-t-on les avoir à 20 centimes; il n'est plus possible d'établir les prix de revient de la lumière électrique d'après les données qui ont servi de base aux devis des premières expériences[1].

La fabrication de ces bougies, qui s'effectue sur une grande échelle avenue de Villiers, n° 61[2], est réellement très intéressante, surtout la manière dont on façonne les isolants. Sur une table de marbre, légèrement huilée, on répand, à l'aide d'un gabaril composé d'une lame de zinc dentelée, adaptée à un manche à glissière, une légère couche de plâtre de sculpteur, mêlé à du sulfate de baryte et gâché de manière à ne pas prendre promptement. Ce plâtre est placé devant le gabaril, et en promenant celui-ci, on l'étale sur le marbre de manière à former des rainures et des languettes de deux mètres environ de longueur. Quand on a passé plusieurs fois de suite le gabaril, on place devant celui-ci une nouvelle quantité

[1] Déjà la Compagnie vend ces bougies aux particuliers 0f60c.
[2] On en fabrique de six à huit mille par jour.

de plâtre qui augmente l'épaisseur des languettes, et au bout de cinq ou six opérations de ce genre les languettes ont exactement l'épaisseur des dents du gabaril et, par conséquent, celle qui convient à l'isolant. Les côtés de cet isolant sont naturellement légèrement concaves pour pouvoir emboîter les charbons qui sont cylindriques. Ordinairement l'épaisseur de cet isolant entre les charbons est de 3 millimètres et, dans l'autre sens, de 2 millimètres seulement.

Nous représentons fig. 52 les chandeliers employés par M. Jablochkoff pour soutenir ses bougies. Ils sont au nombre de 4 dans cette figure, mais ils peuvent s'y trouver en beaucoup plus grand nombre, et dans les lanternes de la place de l'Opéra on a pu en loger 12. Ils consistent dans deux supports verticaux de laiton, dont un, AC, est doublement articulé à moitié de sa hauteur, et se termine par un genoux C qui peut s'appliquer exactement sur le corps introduit entre lui et le support B. Un fort ressort R appuie sur la partie supérieure du support CA et détermine un serrage convenable de la part du genoux C. Enfin les deux pièces B et C sont munies de rainures cylindriques qui emboîtent la bougie par les deux bagues métalliques qui la terminent, et comme ces pièces sont isolées électriquement l'une de l'autre et pourvues de boutons d'attache, on peut fa-

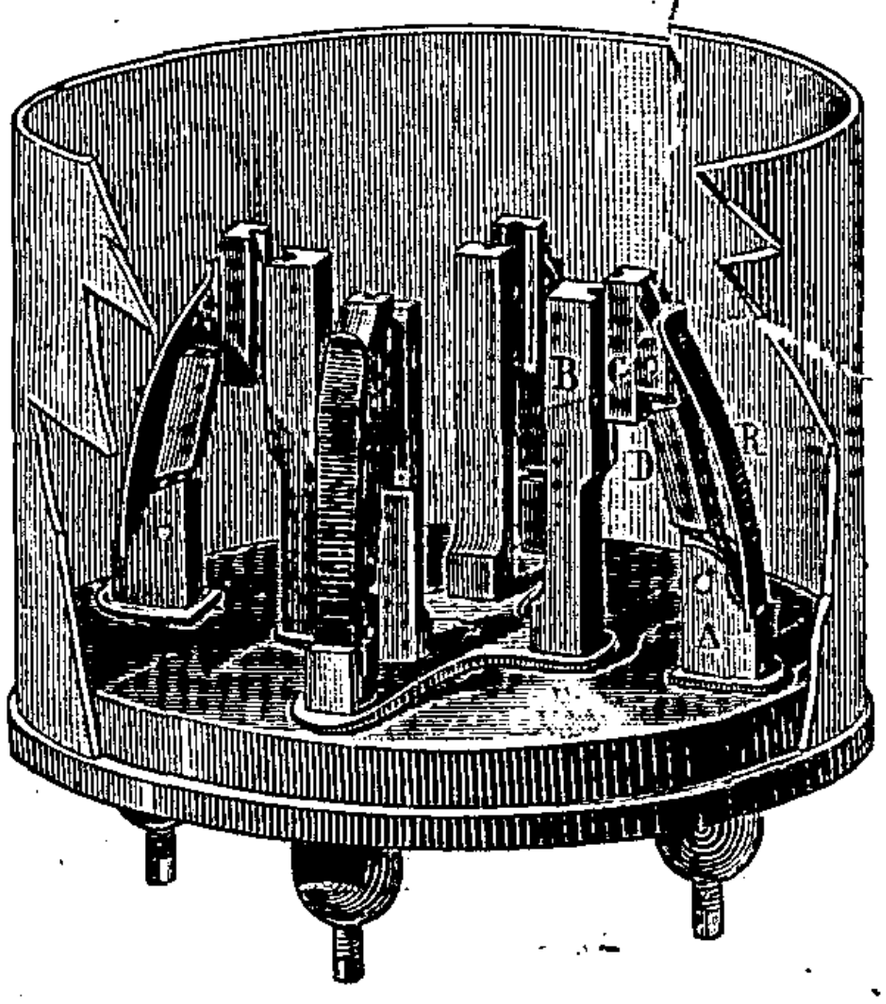


Fig. 52.

cilement mettre les deux charbons en rapport avec le circuit.

Pour obtenir la continuité de l'éclairage, on peut employer plusieurs systèmes : le plus simple et le plus pratique est de relier l'un des boutons de chaque chandelier à un commutateur qui permet, après la combustion d'une bougie, de faire passer le courant dans la bougie voisine par un simple mouvement donné à une mannette. Ce commutateur, dans les appareils de l'avenue de l'Opéra, est placé à l'intérieur du pied du candélabre, et un surveillant vient toutes les heures et demie tourner la mannette. Quelquefois le commutateur est double pour faire une double permutation : c'est quand deux bougies brûlent à la fois dans la même lanterne, comme cela a lieu dans les candélabres de la place de l'Opéra. La disposition de ces appareils ne présente du reste rien de difficile ; c'est un disque de bois sur lequel se trouvent fixées circulairement autant de plaques métalliques qu'il y a de bougies, et une mannette à ressort pivotant sur une colonne métallique placée au centre de ces plaques permet, en établissant le contact de la colonne avec telle ou telle de ces plaques, de faire passer le courant à travers telle ou telle bougie.

En dehors de ce système, on avait imaginé plusieurs dispositifs à l'aide desquels la commutation pouvait se faire automatiquement ; mais ils n'ont pas été jusqu'ici introduits généralement dans la pratique, car on est toujours resté aux commutateurs dont nous venons de parler. L'un de ces dispositifs, représenté fig. 53, consistait dans un levier coudé MO*m*, articulé en O, comme un compas de sonnette qui portait, d'un côté, un fil de platine *f*, appuyé contre l'isolant de la bougie A'B', et, de l'autre, un contact métallique M qui pouvait, en rencontrant un autre P, placé au-dessous de lui, fermer le courant à travers la bougie voisine AB. Une lame de ressort *r*, pressant contre l'un des bras O*m* de ce levier, maintenait le fil *f* appuyé contre la bougie, et alors l'autre bras OM

du levier ne déterminait aucun contact ; mais, quand la bougie venait à être usée au-dessous du fil de platine, celui-ci n'étant plus soutenu, le levier tombait sur le contact P du commutateur qui transportait le courant de

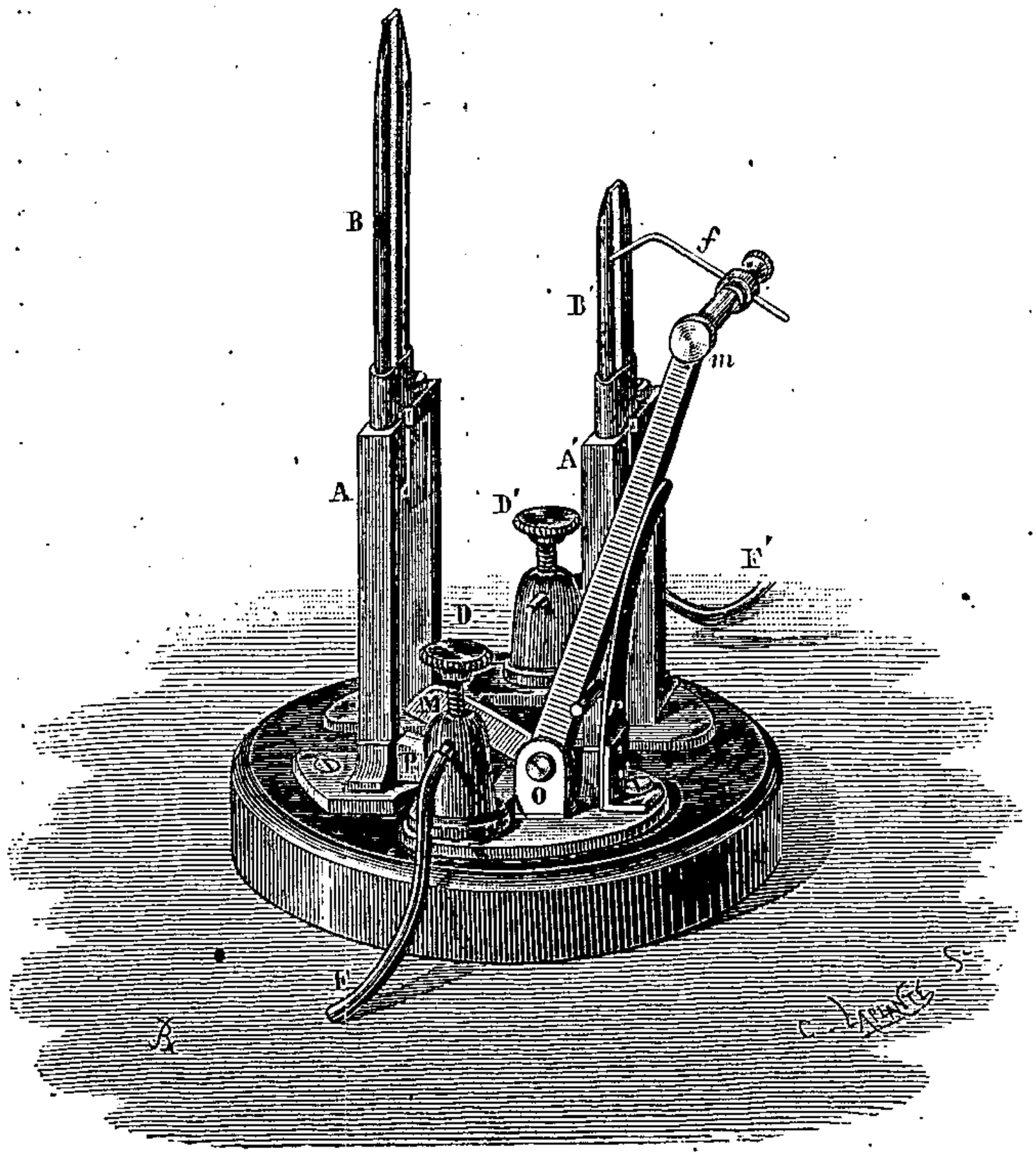


FIG. 53.

la bougie usée dans la bougie voisine. Comme toutes les bougies étaient pourvues d'un dispositif du même genre, le courant se trouvait ainsi transmis successivement d'une bougie à l'autre sans aucune intervention humaine.

Dans un autre système, la permutation s'effectuait par

l'intermédiaire d'un échappement électro-magnétique à mécanisme d'horlogerie qui fonctionnait toutes les fois que le courant était interrompu par suite de l'extinction de l'une ou l'autre des bougies ou par l'effet d'une action mécanique opérée par l'agent chargé de l'allumage.

La lumière fournie par les bougies Jablochkoff présente peu de variations dans son éclat, du moins quand les machines Gramme qui l'alimentent fonctionnent régulièrement. Elle peut être d'une couleur plus ou moins blanche, suivant la nature de l'isolant intermédiaire entre les charbons. Si cet isolant est du kaolin, elle est un peu bleuâtre ; s'il est constitué par du plâtre, la teinte est plus rosée et plus agréable.

La fixité relative du point lumineux, dans les bougies Jablochkoff, tient à ce que les charbons se trouvent maintenus toujours à la même distance sans aucun mouvement, et à la petite dérivation que présente au courant l'isolant fondu qui se trouve interposé entre les charbons et qui établit la stabilité de l'arc. Par suite de cette dérivation, le courant électrique se trouve moins affaibli à travers le circuit qu'avec les charbons séparés par l'air, et il en résulte qu'on peut interposer dans un même circuit un plus grand nombre de foyers lumineux. Il paraît aussi que la lumière fournie, à cause de la flamme qui l'accompagne et qui agrandit le point lumineux, est plus diffuse et projette moins d'ombre que la lumière des régulateurs. Quant à son intensité, les avis sont très contradictoires, généralement on croît que, à intensité électrique égale, la lumière de la bougie électrique est notablement plus faible que celle d'une lampe électrique; mais M. Jablochkoff prétend qu'il n'en est pas ainsi, et que, si dans les expériences comparatives qui ont été faites on est arrivé à cette conclusion, c'est que l'arc voltaïque était placé dans de moins bonnes conditions pour la bougie que pour la lampe qui règle elle-même sa meilleure disposition. Il cite à l'appui de son dire les expériences faites par l'un des

membres du jury de l'Exposition, M. Fichet, qui, pour dissiper ses doutes, a procédé de la manière suivante : ayant mesuré le pouvoir éclairant d'une bougie faite avec des charbons de 10 millimètres de diamètre, il a pris les mêmes charbons et les a placés dans un régulateur Serrin, réglé de manière à présenter la même longueur d'arc; de cette manière, les conditions étaient les mêmes dans les deux cas, et il a trouvé que l'intensité lumineuse était également la même ; il a de plus remarqué que la chaleur employée pour la volatilisation de l'isolant n'était pas dépensée en pure perte, comme on le croit généralement. Avec certains isolateurs et notamment le kaolin, il peut bien, suivant M. Jablochkoff, y avoir affaiblissement de lumière, à cause de la dérivation assez notable du courant par la partie fondue de l'isolateur, mais avec les isolateurs en plâtre, cet inconvénient n'existe pas, et il s'y produit une flamme qui s'élève au-dessus de la bougie et que M. Jablochkoff regarde comme utile. Quoi qu'il en soit, les bougies électriques ne sont pas seules à entraîner des déperditions d'effets électriques : dans les régulateurs de lumière électrique on a bien aussi une perte de courant qui est la conséquence de l'interposition d'une hélice électro-magnétique plus ou moins résistante dans le circuit; mais nous avons vu qu'avec le système Lontin, par dérivation, on pouvait en grande partie éviter cet inconvénient.

Les bougies Jablochkoff exigent, pour fonctionner, des courants alternativement renversés, et nous avons vu que, pour y appliquer les machines Gramme, il avait fallu combiner une machine particulière qui permettait en même temps la répartition de l'action inductrice entre plusieurs circuits. La nécessité de ces courants renversés est facile à comprendre, si l'on réfléchit qu'avec des courants redressés, l'un des charbons de la bougie (le positif) s'usant plus promptement que l'autre, l'intervalle entre les charbons augmenterait successivement et devien

drait bientôt tel qu'une extinction de lumière en serait la conséquence; M. Jablochkoff prétend cependant qu'on pourrait empêcher cet effet en augmentant suffisamment le diamètre du charbon positif, pour qu'il brûlât deux fois plus lentement que l'autre. Mais l'on n'a pas jusqu'à présent eu recours à ce procédé.

Nous avons vu que, pour allumer les bougies Jablochkoff, il fallait faire d'abord passer le courant à travers un conducteur secondaire, pour provoquer la première action calorifique et exciter la décharge. Une fois l'arc formé, ce conducteur secondaire est volatilisé, et il ne reste plus rien dans la bougie qui permettrait un rallumage, si les bougies venaient à s'éteindre. Ce serait un inconvénient, si on n'avait pas à sa disposition des bougies de rechange et un commutateur; mais, grâce à ce système supplémentaire, on n'a pas à craindre les effets de ces extinctions; d'ailleurs M. Jablochkoff a combiné un dispositif qui permet d'obtenir toujours l'interposition d'un conducteur secondaire entre les charbons, après l'extinction de l'arc. Ce dispositif consiste à introduire dans le plâtre de l'isolant interposé entre les charbons de la limaille de cuivre très-fine. Sous l'influence de la volatilisation de l'isolant, les particules de cuivre se vaporisent, et, après l'extinction, elles viennent se déposer sur l'isolant en formant une couche semi-conductrice suffisante pour le rallumage.

Dans leur application à l'éclairage public, les bougies Jablochkoff mettent à contribution un globe en verre émaillé et l'appareil se présente alors comme l'indique la fig. 54 qui le montre moitié en coupe, moitié en élévation. Toutefois, une grande perte de lumière résulte de cette disposition : car 40 pour 100 de cette lumière se trouve emprisonné à l'intérieur du globe. Il est vrai que la lumière ainsi diffusée est favorable à l'éclairage, mais on pourrait satisfaire à ces conditions contraires en employant, au lieu de globes sphériques émaillés, des appareils à

doubles réflecteurs, par exemple, une sorte d'entonnoir

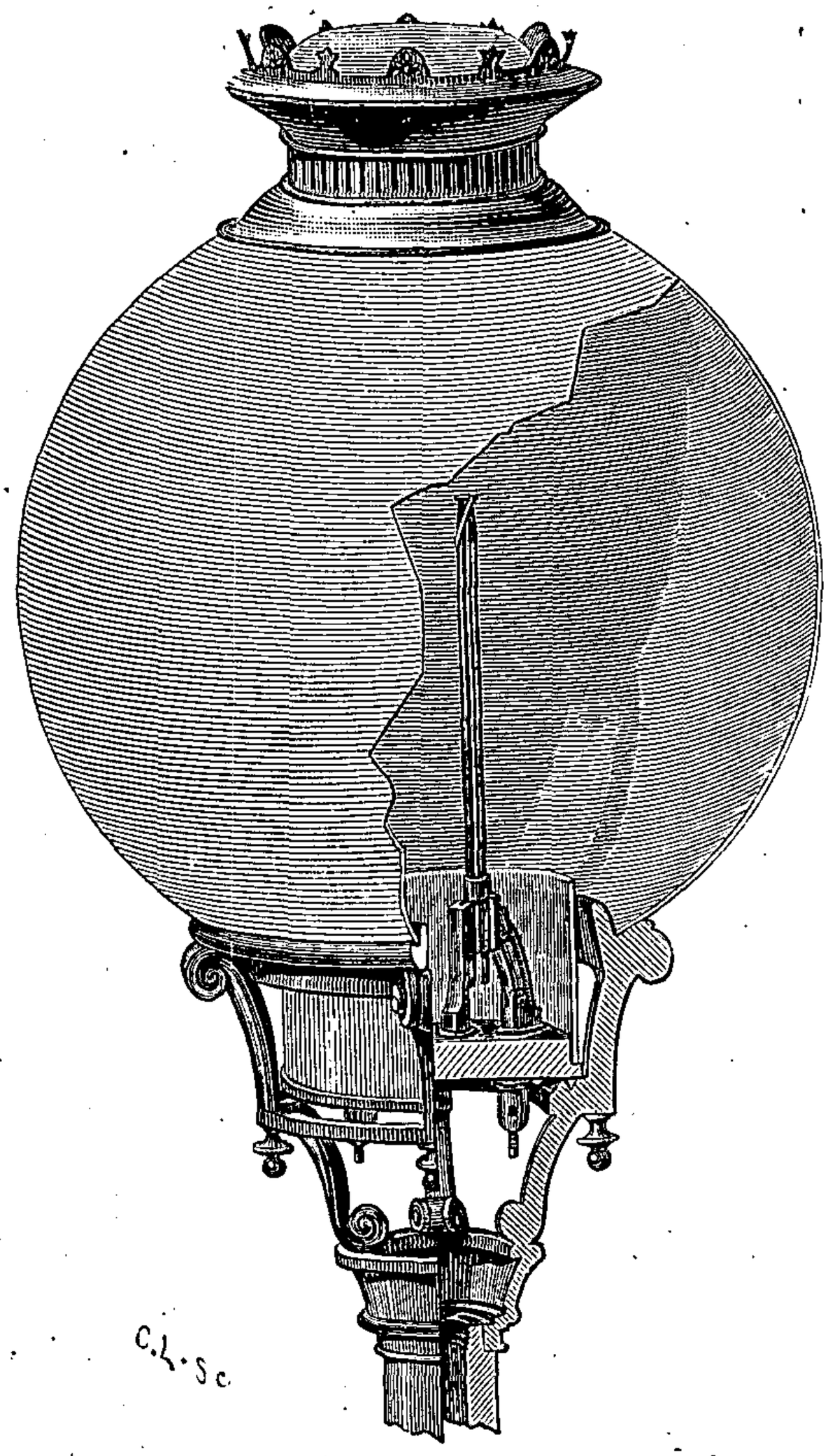


Fig. 54.

en verre dépoli qui envelopperait par le dessous les bougies, et qui serait recouvert supérieurement par un demi-

globe en verre translucide ; au-dessus de celui-ci serait alors placé un abat-jour en verre émaillé ou en porcelaine qui rabattrait les rayons lumineux réfléchis par les parois internes de l'entonnoir.

Pour augmenter la puissance d'éclairage des bougies électriques, M. Jablochkoff a eu l'idée d'employer des condensateurs de grande surface, lesquels ont pour effet d'accroître la tension aussi bien que la quantité des courants alternatifs. A cet effet, il fait partir du générateur un conducteur qui est mis en communication avec les armatures homologues d'une série de condensateurs dont les autres armatures correspondent collectivement ou séparément aux différentes bougies mises, d'autre part, en communication avec le générateur ou la terre. Dans les deux cas, les effets sont supérieurs, sous le rapport de la tension et de la quantité, à ceux résultant de l'action propre du générateur, et on peut s'en assurer de la manière suivante.

Par exemple, si sur le trajet du courant d'une machine à courants alternatifs, susceptible seulement de donner une étincelle d'arrachement équivalente à celle de six à huit éléments Bunsen, on interpose une série de condensateurs dont la surface représente à peu près 500 mètres carrés, on peut produire alors un arc voltaïque de 15 à 20 millimètres ; et des charbons de 4 millimètres rougissent sur une longueur de 6 à 10 millimètres à partir de leur extrémité. D'un autre côté, si, sur le courant d'une bobine d'induction alimentée par un courant alternatif et donnant une étincelle de 5 millimètres, on interpose de la même façon un condensateur d'environ 20 mètres carrés de surface, on produit un arc voltaïque de 30 millimètres, et, dans ce cas, des charbons de 4 millimètres de diamètre rougissent aussi sur une longueur de 6 à 10 millimètres à leur extrémité. Enfin, si, étant donné un certain nombre de condensateurs, on réunit les secondes surfaces d'un ou de plusieurs d'entre eux avec le second

inducteur de la machine ou la terre, on obtient entre les appareils, disposés comme précédemment et l'autre conducteur de la machine des effets qui se rapprochent beaucoup des effets statiques.

Ces effets n'ont du reste rien que de très naturel, et c'est par un moyen analogue que M. Planté, avec sa machine rhéostatique, est parvenu à transformer les courants voltaïques en courants d'électricité statique capables de fournir des étincelles de 4 centimètres de longueur.

Le système des condensateurs de M. Jablochkoff permet, d'un autre côté, d'obtenir de la manière la plus simple les effets d'amoindrissement et d'augmentation de la lumière des bougies dans telle proportion que l'on veut et pendant leur fonctionnement; il suffit pour cela d'un commutateur qui interpose dans le circuit une plus ou moins grande surface de ces condensateurs.

Dans leur application à l'éclairage public, chacun de ces condensateurs, composé de 25 pièces séparées ou éléments, doit correspondre à chaque groupe de quatre bougies; conséquemment, ces quatre bougies sont disposées sur l'un des fils partant d'une des armatures, et leur circuit est, naturellement, interrompu sur le condensateur. On peut en conclure que le courant qui alimente les bougies n'est qu'un courant de décharge en retour, qui résulte de la condensation, et qui par conséquent doit présenter les effets des décharges statiques. C'est pour cette raison qu'au lieu de quatre bougies que l'on peut introduire sur chacun des quatre circuits des machines Gramme à division on peut en introduire huit; mais il faut que le condensateur affecté à chaque groupe de quatre bougies soit disposé en surface, et, à cet effet, chaque élément se compose de 32 feuilles d'étain des plus grandes dimensions que l'on rencontre dans le commerce. Dans ces conditions, il paraît que la lumière de chaque bougie n'est pas diminuée en intensité. Reste à savoir si le générateur ne dépense pas une plus grande force, ce qui

pourrait être ; mais on n'a fait jusqu'ici aucune expérience à cet égard.

D'après M. Jablochkoff, l'emploi de ces condensateurs qu'il appelle, d'après M. Waren de la Rue, *excitateurs*, serait indispensable pour obtenir des becs de lumière électrique par dérivation du courant. Quand on fait l'expérience sans ces organes, celui des becs qui présente le moins de résistance absorbe le courant dans une si grande proportion, qu'au bout de peu d'instants les autres becs finissent par s'éteindre. Si les circuits avaient une résistance parfaitement uniforme, on pourrait peut-être obtenir de cette manière des résultats satisfaisants, mais il existe tant de causes de variations de résistance dans les circuits, qu'il est impossible de compter sur une pareille uniformité pendant un temps un peu long, et il n'y a qu'avec les condensateurs que le problème a pu être résolu, du moins avec les bougies électriques.

Les condensateurs employés par M. Jablochkoff sont de très grande dimension, et occupent une place relativement considérable. Pour une série de quatre bougies ils constituent, comme on l'a vu, une pile de 25 éléments d'environ 75 centimètres de hauteur sur 80 centimètres de longueur et 50 de largeur ; mais ils n'exigent pas une position déterminée, et peuvent être placés en tel endroit qu'il convient. Ils sont d'ailleurs constitués par des lames de papier d'étain, séparées par une légère couche de cire à bouteilles, ou par du taffetas gommé, ou par du papier enduit de paraffine.

Autres systèmes de bougies électriques. — Pour éviter les déperditions de chaleur dues à la fusion de l'isolant, que plusieurs personnes croient inutiles au développement de la lumière, plusieurs inventeurs, entre autres, MM. Rapieff, Siemens, de Méritens, Thurston, Wilde, etc., ont combiné des bougies électriques dans lesquelles le corps isolant est remplacé par une simple

couche d'air. Dans le système de M. Wilde, breveté récemment, et que nous représentons fig. 55, les deux charbons sont fixés verticalement l'un à côté de l'autre dans des supports métalliques; mais l'un deux est légère-

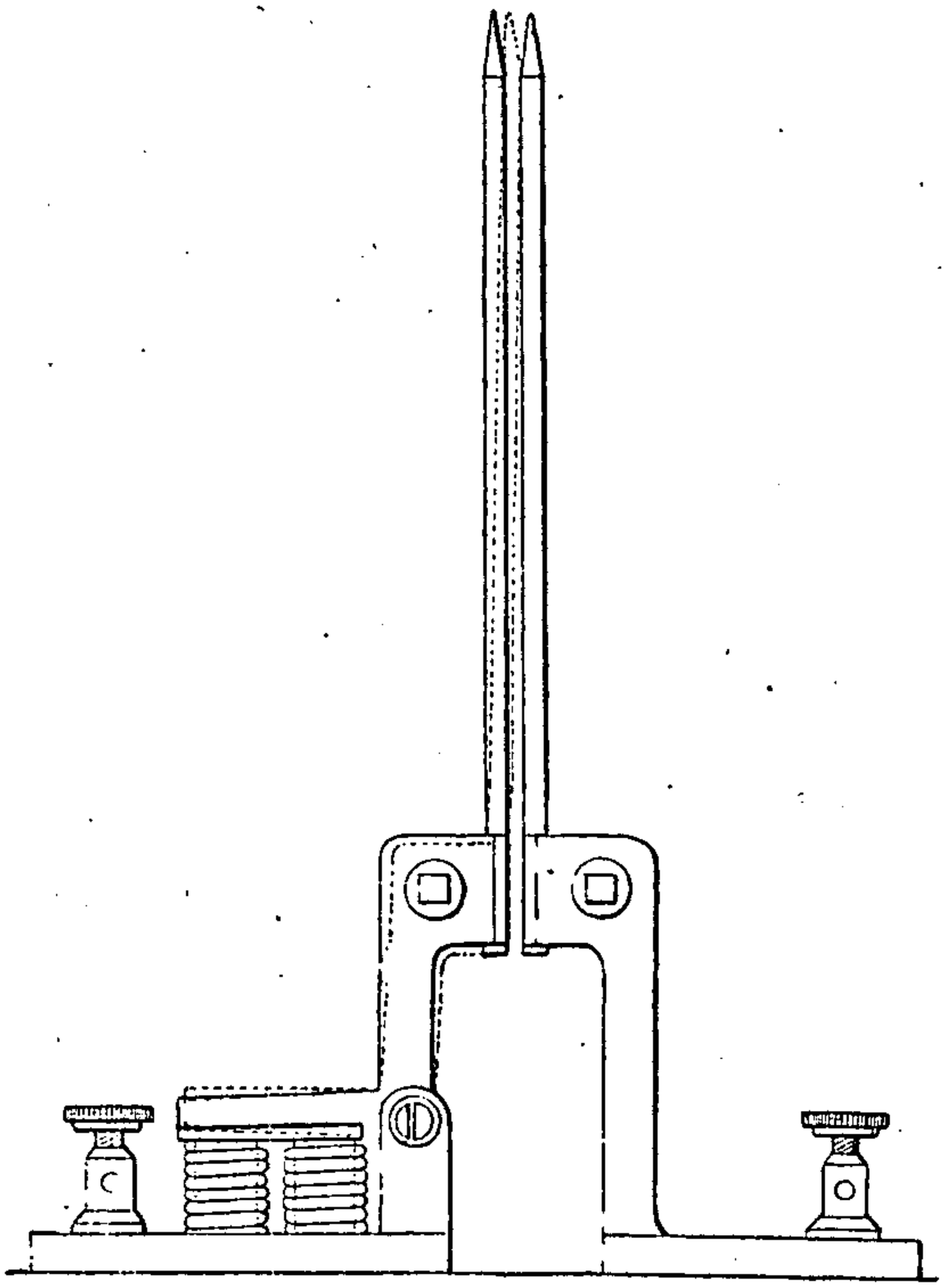


Fig. 55.

ment incliné sur l'autre, et son support articulé sur une pièce fixe est muni latéralement d'une palette de fer qui constitue l'armature d'un électro-aimant. Le ressort antagoniste de cette armature est réglé de manière que l'action électro-magnétique ne soit prépondérante que

quand les charbons viennent à se toucher, et il en résulte alors un écart plus ou moins grand des charbons qui peut se maintenir : car le charbon mobile est soumis pendant tout le temps de sa combustion à deux effets contraires, qui le maintiennent toujours dans une position plus ou moins voisine du charbon fixe, mais qui ne peut varier que d'une très petite quantité. Ce système paraît être exactement le même que celui de M. Rapieff décrit dans le *Télégraphic Journal* des 15 décembre 1878 et 1er février 1879. Reste à savoir à qui la priorité. Quant au système Méritens, il se compose de trois charbons parallèles sans contact les uns avec les autres. Le courant passe dans les charbons extrêmes, et celui du milieu n'agit que comme un intermédiaire favorisant et régularisant la décharge. L'important pour tous ces systèmes est que les deux charbons ne puissent jamais prendre une position tout à fait parallèle, car alors le point lumineux pourrait se déplacer et courir d'un bout à l'autre des charbons.

Dans l'un des systèmes de ce genre qui ont été proposés, les charbons étant inclinés et appuyés l'un sur l'autre s'allument par une séparation mécanique effectuée par une tige en matière réfractaire qui est commandée par une action électro-magnétique, et qui s'introduit entre eux.

Nous avons vu, p. 134, que M. A. Ikelmer avait cherché à diminuer la résistance des bougies électriques en introduisant entre les parois de l'isolant et les charbons des lames métalliques. Or, l'introduction de ces lames présente encore, suivant lui, l'avantage très grand de permettre le rallumage automatique de la bougie; mais il faut alors que l'isolant soit composé d'une matière médiocrement conductrice, dont la résistance est calculée en conséquence. Cette disposition permet, d'ailleurs, au courant de se dériver quand la lumière s'éteint, et empêche la machine génératrice de *s'emporter*, comme cela arrive quand la résistance qui est opposée à son fonc-

tionnement vient à être supprimée subitement par suite de la rupture du circuit. Nous avons vu que M. Jablochkoff avait employé un procédé analogue pour le rallumage de ses bougies; et ce procédé a été breveté, m'a-t-on assuré, un an avant celui dont nous parlons en ce moment.

Pour maintenir fixe le point lumineux avec les bougies électriques, M. l'abbé Lavaud de Lestrade a imaginé un système de porte-bougie, dans lequel la bougie est fixée dans une sorte de chandelier soutenu par une pièce disposée pour former un flotteur. A cet effet, ce chandelier est fixé à trois tiges verticales, dont deux se terminent par deux ampoules cylindro-coniques immergées dans deux tubes remplis de mercure. La troisième sert de guide au système, et une vis à crémaillère permet de disposer les tubes à mercure à telle hauteur qu'il convient. Les ampoules ont pour effet de soutenir à une hauteur donnée la bougie électrique, et leur capacité ainsi que le volume des tiges qui les supportent sont calculés en conséquence. Cette hauteur peut, il est vrai, être modifiée au moyen de la vis de la crémaillère, mais l'équilibre entre le poids de la bougie et la tendance des ampoules à se soulever étant toujours le même tant que la bougie conserve son poids, la profondeur d'immersion des ampoules reste la même, quelle que soit la position du système qui porte la bougie. Il n'y a que quand elle vient à s'user que cet équilibre est détruit et que la bougie tend à monter; elle s'élève alors d'une quantité qui est représentée par le rapport qui existe entre le volume des charbons consumés et celui d'un cylindre de mercure ayant, pour diamètre, celui de la tige des ampoules, et pour poids celui des charbons usés. Si les tiges correspondantes aux ampoules ont un diamètre calculé pour que le poids du mercure qu'elles déplacent corresponde précisément au poids des charbons usés, et que la hauteur dont elles émergent du mercure soit exactement la même que celle dont les charbons se

raccourcissent par le fait de la combustion, le point lumineux déterminé entre les deux charbons restera toujours à la même hauteur, et la bougie électrique pourra de cette manière être employée avec les appareils à projection, comme les lampes électriques à mouvement d'horlogerie. M. Lavaud de l'Estrade indique encore un autre dispositif pour obtenir les mêmes effets avec la bougie de M. Wilde, mais ces appareils ne sont pas encore assez pratiques pour que nous nous y arrêtions davantage.

On a encore proposé bien d'autres systèmes de luminaires électriques, et nous n'en finirions pas, si nous nous arrêtions à toutes les conceptions plus ou moins fantastisques qui ont été mises au jour; il nous suffira, pour qu'on puisse se faire une idée de leur valeur, de rappeler ce moyen mentionné dans certains journaux, de peindre les papiers des appartements avec des substances fluorescentes et phosphorescentes, qui emmagasineraient, suivant eux, dans la journée, la lumière qui servirait à les éclairer le soir. Nous nous en tiendrons à ce simple aperçu pour montrer jusqu'à quel point peut aller l'imagination, quand elle n'est pas tempérée par une sage théorie.

PRIX DE REVIENT DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Les dépenses qui incombent à l'éclairage électrique sont de diverse nature et se rapportent, indépendamment des frais d'acquisition des appareils, 1° à la production du courant électrique qui doit le fournir; 2° à la combustion des charbons qui servent d'organes excitateurs. On n'avait prêté, il est vrai, pendant longtemps, que peu d'attention à cette dernière dépense, parce qu'elle s'effaçait devant l'autre; mais aujourd'hui que, grâce aux machines d'in-

duction; la production de l'électricité peut se faire dans des conditions assez économiques, elle est devenue une question importante, et c'est elle qui paraît atteindre, surtout avec les bougies électriques, le chiffre le plus élevé.

Plusieurs recherches importantes ont été entreprises à diverses époques sur le prix de revient de l'arc voltaïque, soit avec les piles, soit avec les machines d'induction, et nous allons les résumer le plus brièvement possible, bien qu'à vrai dire elles ne soient pas encore assez concluantes pour qu'on puisse s'y fier aveuglément.

Prix de la lumière électrique avec les piles. — Dans un intéressant rapport fait à la Société d'encouragement en 1856, M. Ed. Becquerel annonce qu'une pile de Bunsen de 60 éléments, appliquée à la production d'un arc voltaïque et dont les zincs avaient 20 centimètres de hauteur sur 8,5 cent. de diamètre, et les vases poreux 20 cent. sur 6,5, avait dépensé, en zinc, en 3 heures de temps, 0 kil, 956 gram., et en acide sulfurique 1 kil, 464 gram. Ce qui fait une dépense, par heure, d'environ 1 fr. En estimant la dépense de l'acide nitrique à un équivalent d'acide nitrique par équivalent de zinc, comme l'expérience le lui avait indiqué, M. Ed. Becquerel a calculé que la dépense de ce liquide pouvait être estimée à 1 fr, 46c, ce qui fournirait une dépense totale de 2 fr, 46c. Mais, comme il le fait observer, la dépense réelle est superieure à ce nombre, car, si le zinc qui reste peut servir pour des opérations ultérieures, l'acide nitrique, dont le degré aréométrique est abaissé de 36° à 25°, ne donne plus aux couples une action assez énergique pour obtenir l'arc voltaïque lumineux dans de bonnes conditions. Il faut, en outre, avoir égard à la perte du mercure, à la consommation un peu plus grande de zinc que la théorie ne l'indique, et à la consommation des conducteurs de charbon entre lesquels l'arc se produit,

et dont le mètre courant valait alors 2 fr, 50c. « L'on arrive alors, dit M. Becquerel, à une dépense de 3 fr. par heure pour les 60 éléments, c'est-à-dire à environ 5 cent. par heure et par élément. Du reste, la dépense pour une intensité lumineuse donnée n'est pas la même au commencement et à la fin d'une expérience ; cela résulte de la diminution dans l'intensité électrique des couples, c'est-à-dire du changement dans la composition des liquides qu'ils renferment. Il est toutefois un résultat qui doit être mentionné et qui facilite l'examen du prix de revient d'une pile Bunsen, c'est que, si dans cette pile il est usé pour 1 fr. de zinc, les autres matières employées peuvent être évaluées à 1 fr, 50c, de sorte que la dépense totale ne peut être moindre que de 2 fr, 50c. »

Une remarque curieuse faite par M. Becquerel, c'est que l'intensité lumineuse diminue beaucoup plus rapidement que l'intensité du courant, ce qui tient à ce que l'intensité lumineuse, étant fonction de la quantité de chaleur dégagée, doit varier, ainsi que celle-ci, comme le carré de la quantité d'électricité qui passe à travers le circuit dans un temps donné ; c'est ce qu'indique la loi de Joule (v. p. 7).

« On voit, conclut M. Becquerel, d'après les déterminations que j'ai données, qu'en n'ayant égard qu'au prix de revient des matières consommées et sans y comprendre la main-d'œuvre, l'éclairage électrique, à égalité de lumière, serait quatre fois plus cher que l'éclairage au gaz, au prix de vente du gaz à la Ville de Paris, seulement le double du prix, quand on considère le prix de vente aux particuliers. Il serait le même que celui de l'éclairage à l'huile et le quart de celui de l'éclairage aux bougies ; mais, si l'on estimait la main-d'œuvre nécessaire pour surveiller les appareils, les préparer et renouveler les piles, etc., le prix augmenterait au moins de moitié du nombre indiqué plus haut. »

D'après les expériences faites à Lyon pendant 100 heures par MM. Lacassagne et Thiers, pour l'éclairage

de la rue Impériale, et qui nécessitait une pile de 60 éléments Bunsen, la dépense revenait à 3 fr. par heure pour obtenir une lumière équivalente à environ 50 becs Carcel, en moyenne (75 au commencement, 30 à la fin), et cette dépense était établie de la manière suivante :

Substances.	Consommation en 10[1] h.	Prix partiel.	Prix total.	Prix par heure.	Prix actuel.
Zinc.	72[k],00	104[f] les 100 k	74[f],95	0[f],75	80[f] les 100 k
Acide sulfurique.	154 ,00	24 —	36 ,95	0 ,37	12 —
Acide nitrique. .	247 ,00	70 —	173 ,25	1 ,73	56 —
Mercure.	9 ,00	550 —	49 ,75	0 ,50	650 —
Carbone purifié.	6[m],61	3 le m	19 ,85	0 ,20	2[f],50 le m
		Totaux.	354[f],75	3[f],55	

Ce prix de 3 f[r], 55 [c]. par heure est à peu près celui indiqué par M. Becquerel, en tenant compte des prix actuels.

Prix de la lumière électrique avec les machines d'induction. — Nous avons vu que, d'après les expériences de MM. Jamin et Roger, la force électro-motrice du courant issu d'une machine magnéto-électrique de l'*Alliance*, à 6 disques, dont les bobines étaient disposées en tension et dont la vitesse de rotation était de 200 tours par minute, était équivalente à celle de 226 éléments Bunsen, et seulement de 38 quand les bobines étaient disposées en quantité. Nous avons également vu que la résistance du générateur devait être considérée fictivement, eu égard aux conditions d'application des formules de Ohm, comme équivalente à celle de 665 éléments Bunsen dans le premier cas, et à celle de 18 dans le second. Dans la disposition que ces appareils avaient reçue dans l'origine pour l'éclairage des phares, la lumière produite par cette machine était équivalente à celle qui serait fournie par 230 becs Carcel, et le prix de revient du courant produisant cette

lumière était, d'après les calculs de M. Reynaud, inspecteur des phares, 1 fr, 10 c. par heure[1]. Si on compare ce prix à celui du courant d'une pile de Bunsen de même puissance, calculée d'après les bases établies par M. E. Becquerel, on réaliserait, en employant ces machines, une économie dans le rapport de 1 fr, 10 c. à 11 fr, 30 c., c'est-à-dire de plus du décuple, et le prix de la lumière fournie, comparé à celui de la lumière à l'huile ordinaire, dans une lampe Carcel, serait environ sept fois moindre; mais remarquons qu'il n'a pas été question des charbons de la lampe.

D'après les recherches de M. Le Roux, le prix de la lumière électrique produite par les machines de l'*Alliance* serait, dans le cas le plus favorable, de 0f,024, et dans le cas le plus défavorable, de 0f,034 par heure et par bec Carcel, ce qui correspondrait à peu près à la dépense occasionnée par le gaz d'éclairage pour les abonnés, d'une part, et à celle pour la municipalité de Paris, d'autre part.

Avec les machines nouvelles, la dépense est de beaucoup réduite, et on peut s'en faire une idée d'après les chiffres donnés par différents ingénieurs pour la machine Gramme. Si cette machine n'est employée que dans le cas où il y a un grand espace à éclairer et où on a un moteur suffisamment puissant pour que l'addition d'une ou de plusieurs machines n'entrave en rien la marche régulière

[1] Cette dépense était répartie de la manière suivante :

Intérêts et amortissement du capital dépensé pour l'achat des machines	0f,28
Charbon pour la machine à vapeur	0 ,40
Salaire du mécanicien	0 ,35
Graissage des machines et entretien	0 ,07
Total.	1f,10

On pourra avoir des données complètes sur cette question dans le rapport de M. Le Roux (*Bulletin de la Société d'encouragement*, t. XIV, p. 776), et dans le Mémoire de M. Reynaud sur l'éclairage et le balisage des côtes de France (Paris, Imprimerie nationale, 1864).

de l'usine, le prix de la lumière électrique revient à un bon marché surprenant.

« Dans ces conditions, dit M. Fontaine, une machine Gramme montée sur socle coûte 1600 francs, un régulateur Serrin 450 francs, et les prix des câbles, suivant leur longuenr, varient de 1 à 2 francs le mètre. Les crayons du régulateur coûtent environ 2 francs le mètre, et leur usure est de 0m,08 par heure. Or, avec 500 heures de veillées par an et 4 appareils dans le même établissement, les dépenses annuelles, si l'on emploie une machine à vapeur, sont :

4000 kilog. de charbon à 35 fr. la tonne. . . .	140 fr.
166 mètres de crayons de cornue.	320
Entretien des appareils à 0f,50 par heure . . .	250
Amortissement de 10 000 fr. à 10 pour 100 par an.	1100
Total.	1810 fr.

« Si l'on dispose d'une force hydraulique, ces dépenses sont réduites à 1570 francs.

« Pour un foyer unique, il faut compter 0 fr, 30c d'entretien par heure, ce qui augmente un peu le prix proportionnel. Par contre, pour 8 foyers, l'entretien ne dépasse pas 0 fr, 75c, et le prix proportionnel est réduit. En prenant pour base 525 francs par appareil et par an, pour 500 heures de veillées, on pourra être certain de ne pas éprouver de mécompte.

« Avec les nouvelles machines Gramme (type de 1877) et les charbons Gauduin, le prix de l'unité de lumière par heure est réduit de 40 pour 100.

« Ces chiffres sont le résultat de la pratique, et jamais nous n'avons constaté qu'ils aient été trop forts ; au contraire, dans beaucoup d'applications, il a été reconnu que la dépense par bec Carcel était plus faible que celle que nous indiquons. »

D'après les tableaux que donne M. Fontaine dans son ouvrage, p. 200 et 201, il paraîtrait que, pour une même intensité lumineuse, la machine Gramme, dans le cas le plus défavorable, procurerait une lumière

75	fois moins	chère	qu'avec la bougie de cire.
55	—	—	la bougie stéarique.
16	—	—	l'huile de colza.
11	—		du gaz à 0f,30 le mètre cube.
6 1/2	—	—	du gaz à 0f,15 le mètre cube.

Dans les conditions les plus favorables, cette lumière serait

300	fois moins chère	que	celle de la bougie de cire.
220	—	—	la bougie stéarique.
63		—	l'huile de colza.
40	—	—	du gaz à 0f,30 le mètre cube.
22	—	—	du gaz à 0f,15 le mètre cube.

Si l'on cherche à se rendre compte de l'économie que peut réaliser l'installation des machines Gramme dans une filature de 800 métiers, on arrive à conclure que, comparativement à une installation au gaz, on réalise une économie de 33 pour 100 dans le prix de l'éclairage, et on a 6 fois plus de lumière.

Nous extrayons maintenant d'une notice intéressante que vient de publier M. R. V. Picou, ingénieur des arts et manufactures, les renseignements suivants, qui semblent dégagés de toute exagération en plus ou en moins et qui indiquent le prix de *un franc* comme représentant la dépense d'un bec de lumière électrique par heure.

Suivant M. Picou, un bec de lumière électrique alimenté par une machine Gramme ordinaire pourrait éclairer de 250 à 500 mètres carrés d'un atelier où se feraient des travaux minutieux, 500 ou 1000 mètres carrés des ateliers d'ajustage et de mécanique, 2000 mètres carrés d'un chantier de travaux. La dépense d'installation serait :

Machine Gramme	1500 fr.
Lampe Serrin	400
Accessoires de la dite	50
Fils de communication	50
Transmission	150
Transport, emballage	50
Imprévu	100
Total	2300 fr.

et la dépense courante serait par heure :

Charbon de cornue	0f,21
Charbon pour force motrice.	0,15
Entretien et surveillance.	0,10
Amortissement de 2300 fr. répartis sur 500 heures d'éclairage annuel	0,46
Total.	0f,92

Si l'on éclaire toutes les nuits, c'est-à-dire 4000 heures par an, le prix tombe à 0f,53.

Avec un moteur hydraulique, les prix sont 0f,77 pour un éclairage de 500 heures, et 0f,38 pour un éclairage de 4000 heures.

Pour un atelier de 20 mètres sur 60, il faudra deux foyers de lumière électrique qui entraîneront une dépense de 1f,77 par heure au lieu de 3f,50 que coûterait un éclairage au gaz de 100 becs qui devraient être employés dans ce cas, et qui donneraient une lumière cinq ou six fois moindre en intensité totale.

Si l'atelier travaille toute la nuit, la dépense par heure devient 0f,97 avec la lumière électrique, et 3f,07 pour la lumière au gaz.

A côté de ces indications, nous croyons intéressant de donner les conclusions qui ont été émises en Angleterre, à la suite des expériences de Trinity-House, et nous les résumons d'après un travail lu à la Société des ingénieurs civils de Londres, par MM. Higgs et Brittle, et intitulé : *On some recent improvements in Dynamo-electric apparatus*.

« Quoique sous certains rapports, disent MM. Higgs et Brittle, le gaz et l'électricité puissent rivaliser, ces deux modes d'éclairage ont cependant des applications qui leur sont propres. Si le gaz a été généralement employé jusqu'ici pour éclairer de grands et de petits espaces, parce qu'aucune autre source de lumière ne pouvait lui être opposée avantageusement, il est certains cas où une autre source de lumière pourrait être préférée. Ainsi, par exemple, si pour éclairer un grand espace où la lumière du gaz serait évidemment préférable on

était obligé de créer exprès une usine à gaz, il est certain que le prix de l'éclairage atteindrait un chiffre infiniment supérieur à celui de la lumière électrique ; par conséquent, pour l'éclairage de travaux occupant une certaine étendue de terrain, l'éclairage électrique serait préférable. Si on considère le pouvoir lumineux comme proportionnel à la force motrice, on pourrait admettre que 100 chevaux-vapeur pourraient donner une lumière de 150 000 candles, et si une pareille lumière devait être distribuée sur trois points différents, la dépense de chaque lampe serait, par heure, de 7 schellings et 6 pences, soit 1 livre 2 schellings 6 pences pour les trois foyers. Chacun de ces centres lumineux pourrait donner une clarté suffisante pour que des caractères d'imprimerie assez petits pussent être lus à un quart de mille de ces foyers. Or voyons maintenant ce que coûterait un pareil éclairage au gaz. Chaque bec donnant une lumière de 20 candles et brûlant 6 pieds cubes de gaz par heure, l'éclairage précédent équivaudrait à 7500 becs, et la dépense par heure s'élèverait à 45 000 pieds cubes de gaz, soit 4 livres 5 schellings (à raison de 2 schellings par mille pieds cubes). On aurait donc un bénéfice en faveur de la lumière électrique dans le rapport de 4 à 1. On pourrait donc en conclure que la lumière électrique serait généralement le plus économique des modes d'éclairage ; mais l'importance de cette économie est très-variable selon le prix du gaz et celui du moteur employé. Pour de grands espaces, la dépense de la lumière électrique est, comme on vient de le voir, un quart ou un cinquième de celle du gaz, du moins en supposant que la vapeur est employée comme force motrice et que l'on tient compte de l'usure et des détériorations des machines ; mais, si on emploie un moteur à gaz, l'économie n'est plus que dans le rapport de 3 à 1. C'est avec un moteur hydraulique que les avantages sont les plus importants.

« Dans la fabrique de M. Dieu à Davour, la dépense par heure avec le gaz était de 2 sch. 0,632 d., et celle de la lumière électrique n'était que de 1 sch. 7,2 d. M. Ducommun trouve qu'en tenant compte de l'usure, de la détérioration et de l'intérêt, le gaz coûte 2,25 fois plus que la lumière électrique, et 7,15 fois, quand on met de côté les dépenses d'usure, de détérioration, etc. A la fabrique des télégraphes de M. Siemens, les locaux affectés à la construction des câbles sont imparfaitement illuminés avec 120 becs de gaz, brûlant chacun 6 pieds cubes de gaz par heure, et ne donnant qu'une lumière à peine

équivalente à 2400 candles. Or, en employant trois machines avec lampes électriques, on a obtenu un meilleur éclairage, et les frais des deux éclairages ont été dans le rapport de 2 à 1, l'avantage restant à la lumière électrique [1], et on évitait en même temps les inconvénients de la fumée et du brouillard qui altéraient beaucoup la lumière des becs de gaz.

« Si on ne prenait en considération que les effets physiques produits par les deux systèmes d'éclairage, les avantages seraient encore bien plus grands, et on pourrait les calculer dans le rapport de 20 à 1.

« On peut donc établir comme étant un fait d'expérience que, pour éclairer de larges espaces pas trop subdivisés, l'avantage est grandement en faveur de la lumière électrique, mais que, s'il est nécessaire d'avoir un grand nombre de centres lumineux de faible intensité, ou bien que l'espace soit trop subdivisé, l'avantage revient au gaz. Encore même sous ce rapport, cet avantage n'existera plus quand on aura trouvé un système pratique de subdiviser la lumière électrique.

« Dans les endroits où des cloisons opaques ou des corps avancés ne feraient que détourner la lumière sans la cacher complètement, on pourrait à l'aide de réflecteurs éclairer les endroits dans l'ombre, et la lumière électrique serait alors préférable à toute autre lumière; et nous ne doutons pas que, quand la lumière électrique pourra être fractionnée, elle ne puisse soutenir avantageusement la concurrence avec le gaz, surtout quand les frais d'établissement d'une usine dépasseraient

[1] Voici comment M. Siemens établit ces frais pour 120 becs de gaz :

	Pour 1000 heures par an
Intérêt à 15 pour cent pour l'établissement de tuyaux, becs et robinets, y compris l'usure, les détériorations et les renouvellements se montant à 60 livres.	9 l. 0 s. 0 d.
Dépense de gaz consumé.	135 0 0
Total	144 l. 0 s. 0 d.
Pour lumière électrique :	
Intérêt à 15 pour cent pour l'établissement de machines, lampes, fils conducteurs, montage, entretien, se montant à 250 livres. .	37 l. 10 s. 0 d.
Charbon pour les lampes, suveillant, huile, etc.	35 4 0
Total	72 l. 14 s. 0 d.

ceux qui seraient nécessaires pour fournir la lumière électrique dans tout un district.

« La scintillation de la lumiére électrique, qui pourrait être dangereuse pour la vue, peut d'ailleurs être prévenue par des réflecteurs opalins qui, en projetant les rayons sur d'autres réflecteurs ou sur des plafonds disposés en conséquence, pourraient fournir de la lumière diffuse donnant à l'espace éclairé l'aspect d'un éclairement à la lumière du jour. »

APPLICATIONS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Le bon marché relatif de la lumière électrique et sa puissance de concentration ont fait naître depuis longtemps l'idée de l'appliquer dans un grand nombre de cas particuliers, et, dans ces derniers temps, on a même conçu l'espérance de l'employer comme moyen d'éclairage public; mais, sans parler de cette application qui n'est pas encore complètement résolue, comme nous allons le voir à l'instant, il est une foule de cas où cet éclairage peut être employé dès aujourd'hui dans de bonnes conditions, entre autres pour l'éclairage des grands ateliers, des grands magasins, des travaux de nuit, des gares de bagages aux chemins de fer, des galeries minières, etc., etc. Il est même des applications pour lesquelles nul autre système d'éclairage ne pourrait fournir des effets aussi avantageux et aussi complets. De ce nombre sont les applications qu'on en a faites aux phares, aux opérations militaires, à la navigation, aux travaux sous-marins, aux projections d'expé-

riences de physique, aux représentations théâtrales, aux fêtes publiques, aux signaux maritimes, etc., etc. C'est de ces applications que nous allons maintenant nous occuper, et nous commencerons par l'application la plus générale, savoir l'éclairage public.

Application à l'éclairage public. — Depuis la découverte par Davy du merveilleux pouvoir éclairant de l'étincelle électrique échangée entre deux charbons, on a fait bien des essais pour l'appliquer à l'éclairage public; mais ces essais n'avaient fourni que des résultats très-peu satisfaisants, et il devait en être ainsi, car, outre le prix de cet éclairage, qui était fort élevé, ce n'était pas une lumière intense et concentrée qu'on devait rechercher pour cette application; une pareille lumière, en effet, est insupportable à la vue quand on s'en rapproche, et elle ne peut éclairer une assez grande étendue autour d'elle pour présenter un réel avantage sur les lumières disséminées en grand nombre sur des points différents. On a pu se convaincre de cette vérité lors des expériences qui ont été tentées il y a une vingtaine d'années sur la place du Carrousel, non, il est vrai, avec de la lumière électrique, mais avec une lumière également très-intense, qui projetait autour d'elle une belle sphère lumineuse. On a reconnu finalement que ce bec unique était loin de fournir les mêmes avantages que les becs de gaz ordinaires qui s'y trouvaient placés auparavant. Or, si l'on considère que le caractère propre de la lumière électrique est précisément sa puissance de concentration, on arriverait à conclure que, si cette lumière avait dû rester dans les conditions où elle se trouvait, il y a peu d'années encore, ce n'était pas à elle qu'on devait demander l'éclairage public. Toutefois, l'abaissement considérable du prix de cette lumière et les moyens qu'on a trouvés récemment de la diviser dans d'assez bonnes conditions ont fait changer la question de face, et les importants essais entrepris cette

année par la compagnie Jablochkoff ont fait naître des idées nouvelles qui, étant partagées en ce moment dans presque tous les pays civilisés, promettent d'aboutir à un résultat important ; il n'est donc pas étonnant que les compagnies de gaz s'en soient émues, et que leurs actions aient subi une dépréciation. Toutefois nous croyons cette dépréciation exagérée, car, comme nous le disions en commençant, il nous est difficile de croire que le gaz n'ait pas toujours son emploi, et un emploi d'autant plus important, qu'il peut être appliqué à une foule d'industries.

Nous avons expliqué comment, grâce aux machines d'induction à bobines fixes, aux bougies Jablochkoff, aux lampes Lontin, Reynier, Werdermann, etc., la lumière électrique peut être suffisamment divisée pour les besoins de l'éclairage public ; mais il ne faudrait pas croire que cette idée fût nouvelle. Depuis longtemps la divisibilité de la lumière électrique est cherchée, et plusieurs systèmes ont été proposés ; de ce nombre sont ceux de MM. Wartmann, Quirini, Liais, Deleuil, Ronalds, Lacassagne et Thiers, Martin de Brettes, que nous avons décrits dans notre *Exposé des applications de l'électricité* (t. V, p. 550) ; mais ces systèmes basés, soit sur des dérivations du courant, soit dans une permutation successive et rapide du courant à travers un certain nombre de circuits isolés, soit sur une projection tournante d'un faisceau lumineux, n'avaient pas d'organes excitateurs assez énergiques et assez bien combinés pour résoudre le problème, et ce n'est que quand MM. Lontin, Lodyguine et Jablochkoff eurent fait leurs premières expériences, qu'on pût quelque peu croire à la divisibilité de la lumière électrique. Toutefois un grand doute subsistait encore, c'était sur la possibilité de pouvoir éclairer un espace étendu en longueur. On croyait que la perte d'intensité électrique résultant de la longueur des conducteurs absorberait toute la puissance du générateur et qu'il ne

resterait plus assez de force électrique pour allumer plusieurs becs de lumière : or les expériences de M. Jablochkoff faites sur toute la longueur de l'avenue de l'Opéra, avec une machine seulement pour chaque côté de la rue, ont levé tous les doutes à cet égard, et c'est, comme nous l'avons déjà dit, à partir de ce moment que le problème de l'application de l'électricité à l'éclairage public a été mis à l'ordre du jour chez toutes les nations. Nous devrons, en conséquence, consacrer quelques lignes à ces remarquables expériences qui, du reste, durent encore à l'heure où nous écrivons ces lignes, et qui vont s'étendre à d'autres voies importantes de Paris.

Les candélabres à lumière électrique qui éclairent l'avenue de l'Opéra depuis la place du Théâtre-Français sont au nombre de trente-deux, seize de chaque côté de la rue. Ce sont les candélabres ordinaires de la ville de Paris soutenus sur des piédestaux circulaires en bois de chêne de $1^{m},5$ de hauteur, et terminés par des lanternes semblables à celle de la fig. 54. Chaque lanterne contient six bougies, et sept fils leur arrivent par l'intérieur du candélabre, après avoir traversé un commutateur à six contacts qui se trouve logé dans chaque piédestal. Les machines qui actionnent ces différents candélabres sont logées dans deux caves au milieu de la rue, et les fils se divisent par conséquent en deux faisceaux pour chaque machine ; deux de ces faisceaux vont en amont de la rue sur chaque côté, et les deux autres vont en aval ; ils sont enfouis en terre au-dessous des trottoirs et sont protégés, outre leur couverture isolante en gutta-percha et en toile goudronnée, par des tuyaux de drainage en terre bien emboîtés les uns dans les autres. Des regards sont placés devant chaque candélabre, et c'est là qu'est effectué le raccordement des fils de chaque candélabre avec les fils du circuit. Naturellement les sept fils n'existent qu'entre le commutateur et les bougies ; partout ailleurs il n'y en a que deux pour chaque série de quatre candélabres.

Il paraît qu'on dépense entre les deux machines trente-six chevaux de force pour allumer les trente-deux candélabres des deux côtés de la rue, ce qui entraîne pour la production de lumière de chaque candélabre la force de 1^{ch}, 12 ; mais il faut remarquer que dans cette valeur est comprise la force nécessaire pour vaincre la résistance des conducteurs, laquelle ne laisse pas que d'être considérable, si l'on considère qu'elle est, du fait seul des conducteurs, de près de 1000 mètres de fil pour les circuits les plus éloignés des machines.

M. Jablochkoff prétend que la lumière de chacun des candélabres représente de vingt-cinq à trente becs de gaz ; mais M. F. Leblanc assure qu'elle ne dépasse pas douze becs, et c'est sur cette indication que le dernier marché stipulé entre la Compagnie Jablochkoff et la ville de Paris a été conclu. Toutefois il faut considérer que près de 40 à 45 pour cent de lumière sont absorbés par les verres émaillés des globes ; de sorte que, par le fait, chaque bec pourrait bien représenter une lumière de 50 à 60 Carcel, suivant M. Jablochkoff, ou de 22 à 24 Carcel suivant M. Leblanc. Quant au prix de revient, il était, d'après le marché passé primitivement entre la ville de Paris et la compagnie Jablochkoff, six fois supérieur, pour la Ville, à celui du gaz ; mais il est aujourd'hui considérablement réduit, et si la Compagnie n'est pas en perte dans le nouveau marché qu'elle a passé avec la ville de Paris, on pourrait dire qu'il n'est pas éloigné actuellement de celui du gaz, car il est quatre fois moins élevé que dans le premier marché.

Les discussions qui ont eu lieu au conseil municipal de Paris, lors du renouvellement des marchés dont nous venons de parler, peuvent jeter quelque jour sur le prix de revient de ce système de lumière. En effet, l'éclairage de l'avenue de l'Opéra, joint à celui de la place de l'Opéra, de la place du Théâtre-Français et de la façade du Corps Législatif, coûtait dans l'origine, par bec et par heure,

1ᶠ,25 : or, suivant M. Mallet, on pourrait avoir pour cette somme soixante-huit becs de gaz, ce qui constituerait, lumière pour lumière, un désavantage pour l'éclairage électrique dans le rapport de 1 à 6 ; mais ce chiffre de 1ᶠ,25 s'est trouvé réduit à 0ᶠ,30 dans la dernière délibération du Conseil, et nous ne voyons pas que la Compagnie Jablochkoff l'ait refusé, puisque l'éclairage électrique continue. Nous croyons toutefois que, dans ces conditions, la Compagnie doit être en perte, car, d'après les calculs du rapporteur du Conseil municipal, les frais devraient s'élever à 0ᶠ,73.

Comme cette question présente un certain intérêt en raison des difficultés qu'on rencontre à obtenir des renseignements exacts, il nous semble utile de résumer ce qui a été dit à ce sujet au Conseil municipal.

D'après le rapport de M. Cernesson, le prix de revient de chaque bec de lumière électrique, par heure, peut être déduit de la liste suivante des frais occasionnés pour l'allumage de soixante-deux becs pendant une heure :

Force motrice (frais divers).....	3 fr.	20
Charbon pour alimenter les moteurs.....	6	64
Huile pour le graissage des machines.....	1	23
Salaire du surveillant préposé à l'allumage et aux rallumages périodiques.....	3	20
62 bougies à 50 centimes l'une.....	31	00
Total..... fr.	45 fr.	27

Ce qui donne par bougie 0ᶠ,73.

Toutefois la Compagnie se contentait de 0ᶠ,60 et demandait au Conseil de passer le marché à ce taux ; mais les conclusions du rapport n'ont pas été conformes à ce désir, et il a été admis, en principe, que la Compagnie de la lumière électrique serait payée en proportion de la quantité de lumière fournie.

« Chacune des lanternes électriques, dit le rapport, ayant été considérée comme donnant autant de lumière que onze

becs de gaz débitant 140 litres à l'heure et coûtant chacun environ 2 centimes 1/2, la commission demande qu'il soit attribué à la Compagnie une somme de 30 centimes par lanterne et par heure. D'après l'échelle précédente, la Compagnie n'aurait droit qu'à 27 centimes.

Quant au projet proposé par la Compagnie d'éclairage électrique de prendre l'entreprise pour trois ans de l'éclairage des principales voies de Paris, la commission a refusé nettement de se lier d'une manière définitive ; elle a décidé que, dans l'état actuel des choses, l'électricité, représentée par la bougie Jablochkoff, ne pouvait être considérée comme arrivée à un degré de perfection qui lui permît de supplanter le gaz, mais que les progrès accomplis étaient assez sérieux et assez importants, pour qu'il y ait lieu de continuer les expériences sur une plus vaste échelle. En conséquence, elle pense que l'avenue de l'Opéra devra continuer à être éclairée comme par le passé pendant une année à partir du 15 janvier, et que la Compagnie de l'éclairage électrique pourra encore appliquer son système sur deux nouveaux points de Paris, la place de la Bastille et l'un des pavillons des Halles centrales (Voir le journal l'*Électricité* des 5 et 20 janvier).

L'éclairage de l'avenue de l'Opéra et de la place du Théâtre-Français ne comporte qu'une bougie par candélabre, et il y a en tout quarante-huit foyers lumineux. Sur la place de l'Opéra il n'y a que huit candélabres, mais deux bougies brûlent ensemble dans chacun d'eux ; les deux triples lanternes placées des deux côtés de la façade de l'Opéra n'ont que des bougies simples. Ces deux derniers candélabres sont alimentés par deux machines de l'*Alliance*, mais ceux de la place de l'Opéra sont actionnés par une machine Gramme à division, ce qui entraîne pour l'ensemble de l'éclairage électrique de cette partie de Paris l'emploi de quatre machines employant chacune de seize à dix-huit chevaux de force. La place de la Bastille,

et le pavillon des Halles centrales seront éclairés, chacun de leur côté, par seize candélabres.

Malgré la guerre acharnée que les Compagnies de gaz ont faite, dans les journaux, à ces essais d'éclairage électrique, tous les pays civilisés sont en ce moment en train d'établir la lumière électrique chez eux. Les villes de Stockholm, de Saint-Pétersbourg, d'Amsterdam, ont passé déjà des marchés dans ce but. La ville de Londres s'occupe dès maintenant de réaliser cette belle application, et les nouveaux quais de cette capitale sont aujourd'hui ainsi éclairés. Enfin, l'Amérique elle-même fait essais sur essais pour arriver à une solution immédiate. Aurons-nous le triste courage de n'adopter chez nous cette belle application qu'après tous les autres pays, comme nous l'avons déjà fait pour la télégraphie électrique, les chemins de fer, etc.?... Ce serait dur après avoir fait les premières expériences!!

Jusqu'à présent nous ne nous sommes occupé que de la lumière fournie par les bougies Jablochkoff, mais ce système n'est pas le seul qui puisse être appliqué à l'éclairage public, et ce n'est peut-être même pas le plus économique au point de vue de la lumière produite. Les globes en verre émaillé sont, d'un autre côté, une mauvaise disposition qui empêche de profiter de tout le pouvoir éclairant de la lampe. Déjà on essaye en ce moment les globes de M. Clémandot, qui sont constitués par deux surfaces sphériques de verre transparent entre lesquelles se trouve introduite de la ouate de verre. Ce système, essayé aux magasins du Louvre, n'absorbe, dit-on, que 24 pour cent de lumière au lieu de 40. Avec les systèmes Reynier et Werdermann appliqués aux candélabres actuels, on aurait évidemment, à égalité d'intensité électrique, une plus grande division de la lumière et probablement une moins grande dépense de charbons. Ceux-ci étant logés dans l'intérieur de la colonne du candélabre, ce qui serait facile avec la disposition Werdermann, pour-

raient brûler toute une nuit sans qu'on ait à s'en occuper. D'un autre côté, avec les machines de M. de Méritens, il serait peut-être possible qu'on pût réduire dans un rapport assez élevé la dépense de la force motrice, de sorte que le prix élevé de la lumière électrique qui, dans les conditions actuelles, est le grand cheval de bataille des partisans quand même du gaz, pourrait être assez abaissé pour lutter victorieusement, même à ce point de vue, avec le gaz. Pour l'éclairage local, le problème est, comme on l'a vu, résolu depuis longtemps, et il n'est pas dit qu'en augmentant beaucoup la section des conducteurs et en dépensant pour eux autant qu'on le fait pour les conduites de gaz on ne placerait pas l'éclairage public dans les mêmes conditions d'économie que l'éclairage local. Nous ne voyons donc aucune raison pour que le prix de revient de l'éclairage électrique n'arrive pas à être au-dessous de celui de l'éclairage au gaz ; c'est une question de temps, et le point important était de démontrer que le problème de l'éclairage public par la lumière électrique n'était pas matériellement impossible : or nous savons aujourd'hui à quoi nous en tenir à cet égard.

On a prétendu que la lumière électrique était un éclairage dangereux pour la vue, désagréable d'aspect et susceptible de faire peur aux chevaux. Les expériences faites depuis six mois ne m'ont pas laissé cette impression, et quand, en se plaçant au coin de la rue de la Paix et de l'avenue de l'Opéra, on compare, le soir, l'éclairage des deux voies et surtout des maisons qui les bordent, on croit que l'une est dans l'obscurité. Certainement, quand l'éclairage électrique de l'avenue de l'Opéra cessera, le public éprouvera une grande déception et aura de la peine à s'habituer aux luminaires gazeux qui ne l'éclairent actuellement que la nuit, et pourtant ces luminaires comportent trois becs de gaz là où il n'y en avait qu'un seul il y a peu de temps encore.

Quant à l'aspect blafard de la lumière électrique, il ne paraît froid que parce que nous sommes habitués aux lumières rouges ; mais si on tenait absolument à cette teinte rougeâtre, il ne serait pas difficile de la donner en introduisant dans la composition des charbons certains sels colorants ; mais en vérité il m'est difficile de croire que cette idée soit sérieuse, car une lumière blanche qui est très-analogue à celle du soleil et qui ne dénature pas les couleurs à la vue est, ce me semble, préférable à une lumière qui enveloppe tous les objets d'une teinte fausse. Il est évident que les personnes qui critiquent à ce point de vue la lumière électrique sont ennemies de ces beaux effets de clair de lune si vantés par les poètes et les artistes.

Quand il ne s'agit que d'éclairer une portion de l'espace dans une direction donnée et sous un angle ne dépassant pas 180 degrés, on peut employer avec avantage les projecteurs à diffusion imaginés par M. J. Van Malderen; ce sont des espèces de miroirs paraboliques dont le foyer de lumière électrique occupe le centre, et dont la partie antérieure est fermée, à une petite distance de ce foyer, par un verre dépoli qui, en recevant le faisceau de rayons parallèles renvoyés par le miroir, les diffuse et élargit le faisceau dans des proportions telles qu'il éclaire alors tout l'espace en face de lui. On a prétendu que l'intensité de l'éclairage se trouve de cette manière grandement accrue.

Au sujet de la divisibilité de la lumière électrique dont on a tant parlé dans ces derniers temps, et qu'on a posée comme une découverte nouvelle sans tenir compte des travaux antérieurs de MM. Wartmann, Quirini, etc., je crois intéressant de reproduire ici une lettre que M. Lontin a adressée au journal l'*Électricité* et qui a paru dans son numéro du 5 novembre 1878 :

« Permettez-moi de vous rappeler qu'il y a deux ans environ,

j'ai pris un brevet pour des régulateurs photo-électriques qui divisent parfaitement le courant qu'on leur fournit.

« La machine magnéto-électrique de l'*Alliance* qui fonctionnait à l'Exposition avait alimenté, il est vrai, 4 bougies Jablochkoff; mais cette même machine, sans y apporter aucun changement, a fait fonctionner 12 de mes régulateurs. Voilà, je crois, véritablement la divisibilité de la lumière électrique, divisibilité d'autant plus réelle que chacun de mes régulateurs donnait comme pouvoir éclairant une intensité lumineuse de 19 becs Carcel. Cette puissance lumineuse peut d'ailleurs être encore abaissée, puisque j'ai obtenu des intensités de 4 Carcels seulement. Je crois pouvoir conclure de ces expériences que la machine de l'*Alliance* ou l'une de mes machines dynamo-électriques, disposée convenablement dans ce but, pourrait facilement alimenter 50 régulateurs.

« L'éclairage de la gare des chemins de fer de Lyon, l'année dernière, a été obtenu avec un de mes générateurs électriques donnant 12 courants, et chaque courant alimentait deux ou trois lampes. La nouvelle installation que j'organise en ce moment permettra d'interposer quatre lampes par courant.

« A la gare Saint-Lazare, chaque courant entretient deux et quatre lampes dont l'intensité est mise en rapport avec les besoins du service. »

Application à l'éclairage des phares. — Nous ne sommes plus maintenant dans le domaine des hypothèses, l'application de la lumière électrique aux phares est un fait accompli depuis près de 15 ans (1864), et je ne sache pas qu'aucun accident sérieux soit venu interrompre les expériences. La plupart des phares importants des côtes de France, de Russie et d'Angleterre, sont ainsi éclairés, et c'est à la courageuse initiative de la compagnie l'*Alliance* et de son intelligent directeur M. Berlioz, que le monde civilisé doit cette belle application qui a évidemment prévenu bien des sinistres maritimes. Il est vrai que M. Berlioz s'est trouvé puissamment aidé dans ses expériences par l'administration des phares et entre autres par MM. Reynaud et Degrand qui, après de nombreuses et intelligentes expériences, disposèrent vers

1863 les phares de la Hève dans ce nouveau système. Quelque temps après, l'Angleterre nous imita et employa, comme machines magnéto-électriques, celles de M. Holmes, qui n'étaient qu'une copie imparfaite de celles de l'Alliance. M. Le Roux a publié dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* sur ce genre d'application une très-intéressante étude que nous aurions eu un grand plaisir à reproduire ici, si l'espace ne nous avait manqué, mais que nous devrons simplement résumer, renvoyant le lecteur au tome XIV du bulletin de la Société, p. 762.

Aujourd'hui, ce sont les machines dynamo-électriques qui semblent être préférées, et le *Telegraphic Journal*, dans son numéro du 1er décembre 1877, donne beaucoup de détails sur la manière dont le système est installé aux phares du cap Lizard ; cette installation aurait été intéressante à décrire, mais, faute d'espace, nous nous contenterons, en ce moment, d'étudier la manière dont la lumière électrique est organisée au sommet des phares.

La partie éclairante des phares se compose, comme on le voit fig. 56, d'une cage de verre constituée par un certain nombre de lentilles à échelons de Fresnel et au centre de laquelle se trouve le foye lumineux. Cette cage de verre tourne sous l'influence d'un fort mouvement d'horlogerie, et c'est le passage des zones de séparation des diverses parties lenticulaires qui détermine ces éclipses qui distinguent les feux des phares des feux ordinaires. *Plus le point lumineux est petit, plus son effet est amplifié par les lentilles*, et le point capital pour avoir une lumière qui soit aperçue de loin est que la lampe qui fournit cette lumière ait un foyer lumineux le plus vif et le plus restreint possible. Or la lumière électrique résout ce double problème, et c'est pour cette raison qu'elle semble faite tout exprès pour les phares. Toutefois, comme les régulateurs de lumière électrique sont quelquefois sujets à des extinctions et qu'une extinction prolongée pourrait causer de graves sinistres, les régulateurs de lu-

mière électrique (qui sont le plus souvent du système Serrin ou du système Siemens) sont disposés en double

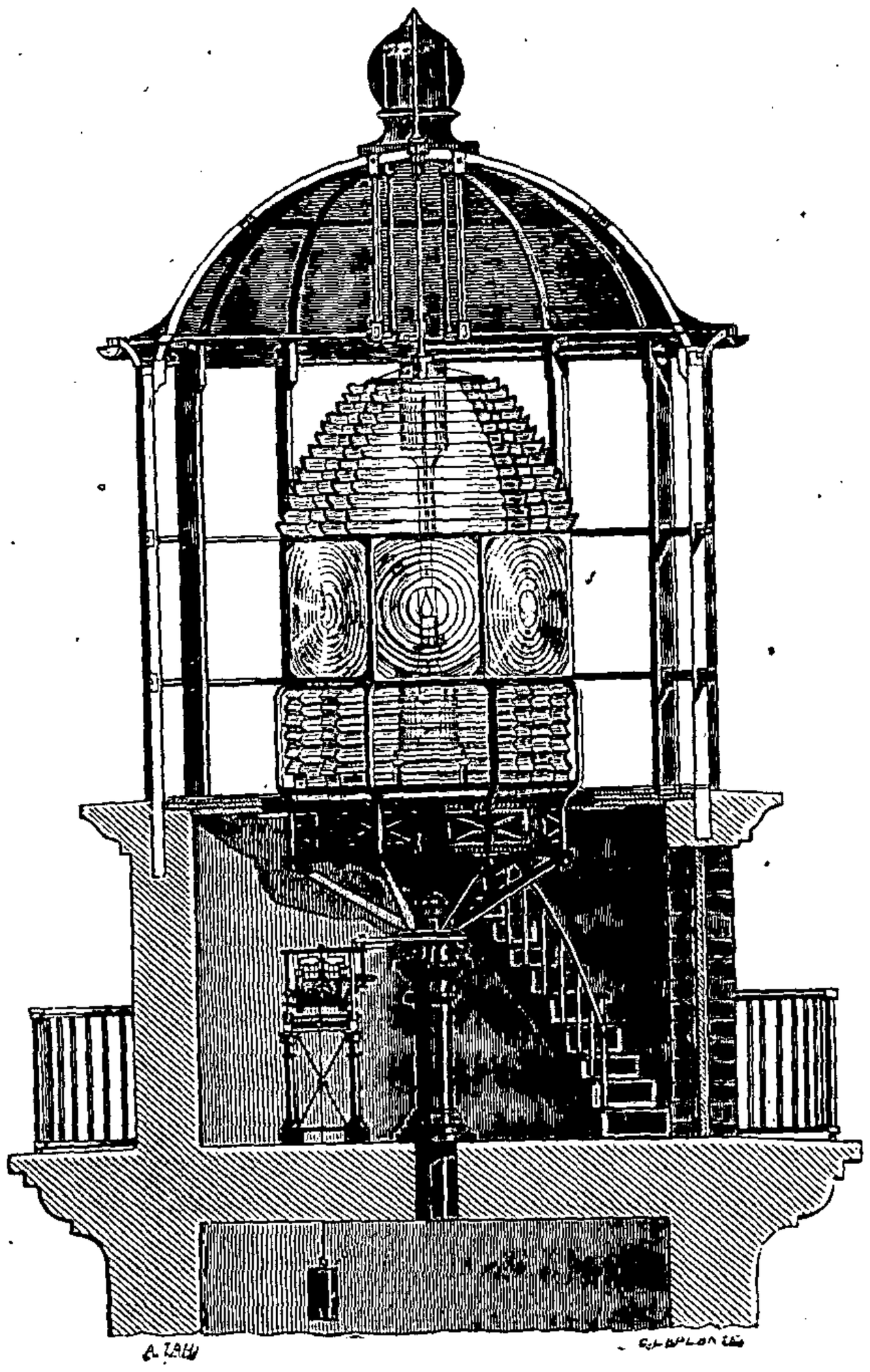


Fig. 56.

pour chaque appareil lenticulaire; ils y entrent en glissant sur de petits rails ménagés à la surface d'une table

en fonte, comme on le voit fig. 57 ; un arrêt les fixe au foyer de l'appareil ; ils s'y allument d'eux-mêmes instantanément, et c'est là encore un des grands avantages que présente la lumière électrique, surtout avec les régulateurs dont nous avons parlé. La communication électrique s'établit d'une part au moyen de la table de fonte, de l'autre par l'intermédiaire d'un ressort métallique qui vient presser sur le dessus de la lampe en un point convenablement disposé. La substitution d'une lampe à une autre n'exige pas plus de deux secondes, celle que l'on retire s'en allant par un des chemins de fer, tandis que celle qui doit la remplacer arrive par le second. On peut encore faire passer plus instantanément la lumière d'un appareil dans l'autre au moyen d'un commutateur qui leur transmet successivement le courant ; mais il y a plus de difficultés pour bien centrer les deux foyers.

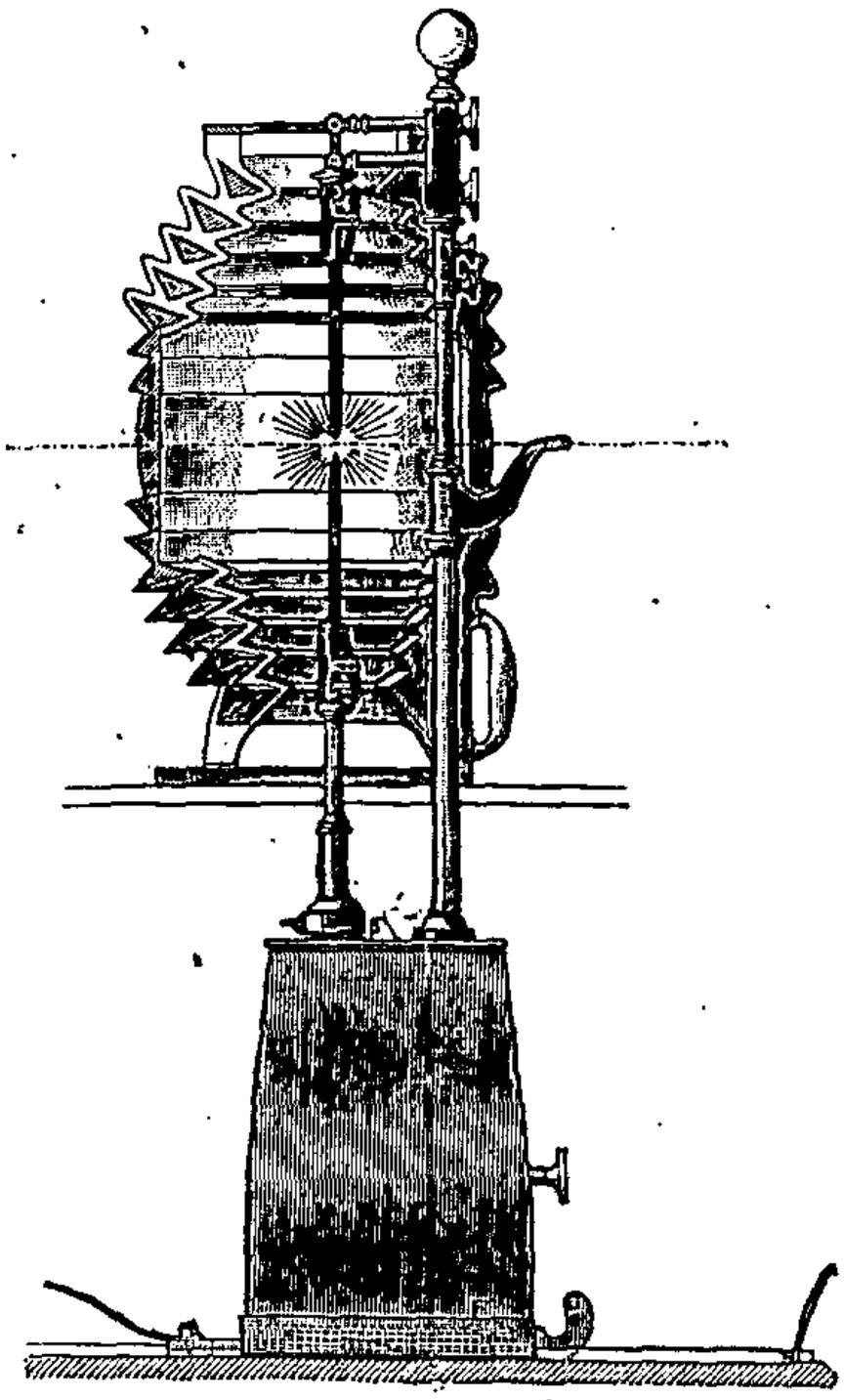


Fig. 57.

Les charbons employés pour les phares ont 7 millimètres de côté et 27 centimètres de longueur, et leur consommation peut être évaluée à 5 centimètres par pôle et par heure, du moins avec les machines à courants alter-

natifs. Malgré cette usure égale, il y a pourtant une petite différence, et le charbon du haut s'use un peu plus vite que le charbon du bas, dans le rapport de 108 à 100. On a bien réglé en conséquence les régulateurs, mais, comme il est important que la variation du point lumineux soit au-dessous de 8 millimètres, sans quoi aucun rayon ne serait renvoyé à la limite de l'horizon, il importe que cette lumière soit toujours l'objet d'une surveillance attentive. Pour permettre aux gardiens de suivre sans fatigue la marche des charbons, on projette sur le mur, au moyen d'une petite lentille à court foyer, l'image des charbons ; un trait horizontal est tracé sur le mur, et les charbons doivent se trouver à égale distance de ce trait. Comme une déviation de 1 millimètre est représentée par une déviation de 22 millimètres sur le mur, on aperçoit aisément les défauts de réglage.

Cette installation a commencé à fonctionner au phare sud du cap de la Hève le 26 décembre 1863, et c'est après 15 mois d'expériences qu'on a décidé d'appliquer le même système d'éclairage au second phare. Depuis cette époque l'éclairage électrique y a été définitivement établi.

Quant aux machines qui, comme les régulateurs, sont installées en double, elles sont généralement placées au bas de la tour du phare avec les machines à vapeur destinées à les faire marcher, et ce sont des câbles bien isolés et d'un assez fort diamètre qui conduisent le courant électrique aux régulateurs, comme il a été dit plus haut.

D'après le travail de M. Le Roux, il paraîtrait que, même avec les machines de l'*Alliance* à 4 disques, le prix de l'unité de lumière coûte en moyenne sept fois moins avec la lumière électrique qu'avec l'huile.

Dans l'état naturel de l'atmosphère, les machines de l'*Alliance* à 4 disques donnent une portée de 38 kilomètres et celles à 6 disques une portée de 50 kilomètres ; mais une chose curieuse à constater, c'est que, en temps

de brouillard, la lumière électrique n'éclaire pas à une distance plus grande que la lumière des lampes.

Aujourd'hui un certain nombre de phares électriques existent en France, en Angleterre, en Russie, en Autriche, en Suède et même en Egypte. Partout on est satisfait de leur fonctionnement.

Application à l'éclairage des navires. — L'une des plus importantes applications de la lumière électrique est celle qu'on en a faite aux navires pour éclairer leur marche, éviter les abordages et éclairer assez les passes des ports pour pouvoir y aborder de nuit. Les premiers essais ont été faits avec les machines magnéto-électriques de la compagnie l'*Alliance*, et, bien que les résultats n'aient pas entièrement satisfait la marine, ils étaient pourtant déjà assez complets pour faire entrevoir dans un avenir peu éloigné la solution de ce grand problème[1]. Les inconvénients qu'on reprochait à ce système pouvaient se résumer ainsi : la lumière électrique développe autour d'elle un nuage blanchâtre qui fatigue la vue, nuit aux observations; le feu fixe électrique, par sa grande intensité, fait disparaître les feux réglementaires vert et rouge, ce qui constitue un vrai danger; près des côtes les bâtiments

[1] Les premiers essais de la compagnie l'*Alliance*, alors dirigée par M. Berlioz, avaient été faits dès 1855 à bord du *Jérôme Napoléon* dont le commandant, M. Georgette Dubuisson, se montrait fort partisan du système. On les répéta ensuite à bord du *Saint-Laurent*, du *Forfait*, du *d'Estrée*, de l'*Héroïne*, du *Coligny* et de la *France*, et l'on peut voir par les rapports qui ont été réproduits dans le journal les *Mondes*, t. XVIII, p. 51, 325, 458, 593, 637, t. XVI, p. 488, 594, t. XIII, p. 177, 405, 493, t. VIII, p. 592, que, si la marine en général attachait peu d'importance à cette application, plusieurs officiers distingués en appréciaient toute la valeur. A cette époque, il est vrai, on n'avait pas encore organisé sur les navires les phares électriques qui ont donné de si bons résultats à bord de l'*Amérique*, mais un fanal de lumière électrique très ingénieusement combiné était installé au mât de misaine, et annihilait par là l'une des principales objections que l'on avait soulevées.

peuvent prendre le fanal électrique pour un phare et faire fausse route; enfin les appareils sont encombrants et leur prix d'installation trop considérable eu égard aux services rendus.

Dans ces derniers temps, on a fait en grande partie disparaître ces inconvénients, en élevant le fanal lumineux à une certaine hauteur, en rendant la lumière intermittente et en employant les machines Gramme, qui sont d'un petit volume et d'un prix peu élevé. C'est à bord du paquebot transatlantique l'*Amérique* et d'après les instructions du commandant Pouzolz que cette nouvelle organisation a été pour la première fois installée, et il paraît qu'elle a parfaitement réussi.

Voici les détails que donne M. Fontaine sur cette installation :

« Le fanal est placé à la partie supérieure d'une tourelle dans laquelle on monte par des échelons intérieurs sans qu'il soit nécessaire de passer sur le pont, car la tourelle surmonte le capot d'un escalier de service. Cette disposition est très-avantageuse, surtout pendant les gros temps où l'avant des navires est difficilement accessible par le pont. La tourelle avait primitivement 7 mètres de hauteur, mais M. Pouzolz l'a fait diminuer de 2 mètres pour lui donner plus de stabilité et pour abaisser le niveau de la tranche lumineuse; de sorte que cette tourelle est aujourd'hui de 5 mètres au-dessus du pont. Son diamètre est de 1 mètre et elle est fixée à l'avant du paquebot à 15 mètres de l'étrave.

« Le fanal proprement dit est à verres prismatiques; il peut éclairer un arc de 225° en laissant le paquebot presque entièrement dans l'ombre. Le régulateur, qui est du système Serrin, est suspendu à la cardan. Un petit siége ménagé dans le haut de la tourelle permet au surveillant chargé du service de régler la lampe sur place. La tranche lumineuse a environ 0^{m},80 d'épaisseur.

« La machine Gramme qui alimente le foyer lumineux a une puissance de 200 becs Carcel et est mise en marche par un moteur à 3 cylindres du système Brotherhood, ce qui réduit l'espace occupé par les deux machines à 1^{m},20 de longueur sur

0m,65 et 0m,60 de largeur et de hauteur. Ces deux machines sont placées sur un faux plancher dans la chambre de la machine motrice à 40 mètres environ du fanal.

« Tous les fils passent par la cabine du commandant, lequel a sous la main des commutateurs lui permettant de faire naître ou d'interrompre, à volonté, la lumière dans chacune des lampes, alternativement ou simultanément et sans que la machine Gramme l'arrête.

« La nouveauté de l'installation de l'*Amérique* réside dans l'intermittence automatique de la lumière du fanal. Cette intermittence est obtenue par un commutateur très-simple fixé à l'extrémité de l'arbre de la machine Gramme et qui a pour effet d'envoyer alternativement le courant dans la lampe et dans un faisceau métallique fermé, de même résistance que l'arc voltaïque, lequel faisceau s'échauffe et se refroidit alternativement. Cette disposition a été prise pour laisser la machine Gramme, qui fonctionne toujours avec une vitesse de 850 tours, dans les mêmes conditions par rapport au circuit extérieur. D'après les calculs de M. Pouzolz, la meilleure relation entre les éclipses et les apparitions de la lumière serait celle que produirait une lumière de 20 secondes et une éclipse de 100 secondes.

« La hauteur du foyer lumineux est de 10 mètres au-dessus de l'eau, et la portée possible de la lumière, eu égard à la dépression de l'horizon, est de 10 milles marins (18520m) pour un observateur ayant l'œil à 6 mètres au-dessus de l'eau.

« Dans le but d'éclairer les huniers et les perroquets, tout en laissant les basses voiles dans l'obscurité, M. Pouzolz a fait construire un tronc de cône en fer-blanc, et l'a placé sur la lampe mobile, la large ouverture en l'air. De cette façon l'*Amérique* était vue de fort loin par les bâtiments et les sémaphores, quand il convenait au commandant de laisser la lumière électrique en fonction continue pendant toute la nuit. »

Comme on le voit par cette description, toutes les objections opposées à l'emploi de la lumière électrique à bord des navires ont été levées par cette nouvelle organisation de lumière électrique, et M. Pouzolz répond à celles qu'on pourrait faire sur l'emploi d'une lumière intermittente, en disant que *la lumière faite par courts éclats n'a jamais gêné la vue d'aucun officier de quart, ni*

des hommes de veille au bossoir, et que l'éclat des feux de côté, verts et rouges, n'est en rien diminué par l'usage du phare de l'avant.

Du reste, depuis les affreux abordages qui ont eu lieu il y a quatre ans, on se montre maintenant plus disposé à revenir à l'éclairage électrique des navires, et nous voyons d'après le livre de M. Fontaine que, en 1877, un certain nombre de machines Gramme ont été installées à bord de plusieurs navires de guerre français, danois, russes, anglais et espagnols, parmi lesquels nous citerons : le *Livadia* et le *Pierre-le-Grand* de la marine russe, le *Richelieu* et le *Suffren* de la marine française, le *Rumancia* et le *Victoria* de la marine espagnole.

Il nous reste à parler du projecteur de la lumière électrique qui, en raison du faible espace sur lequel doit être projetée la lumière, doit être différent de l'appareil lenticulaire des phares. Cet appareil ne diffère pas essentiellement de celui qui avait été établi à bord du *Jérôme-Napoléon*. Celui-ci en effet se composait surtout d'un réflecteur parabolique au foyer duquel était maintenu l'arc voltaïque produit par un régulateur Serrin. Ce réflecteur un peu prolongé en avant était fermé par une lentille de Fresnel, pour transformer le faisceau divergent en faisceau parallèle. Enfin, derrière le régulateur et le réflecteur se trouvait adapté un petit réflecteur sphérique. Le tout était monté dans une chambre mobile sur un pivot qui permettait, au moyen d'un levier et d'une plate-forme tournante, d'orienter le faisceau lumineux dans toutes les directions. De plus, une lunette marine adaptée à l'appareil permettait de distinguer les points de l'horizon que le faisceau éclairait. En plaçant devant ce faisceau des verres colorés, on pouvait teinter en vert ou en rouge la lumière envoyée et la rendre ainsi propre aux signaux maritimes.

Dans le projecteur de MM. Sautter et Lemonier, que nous représentons fig. 58, les réflecteurs paraboliques

et sphériques n'existent pas, et c'est une lentille de Fresnel, composée de 3 éléments dioptriques et de 6 éléments

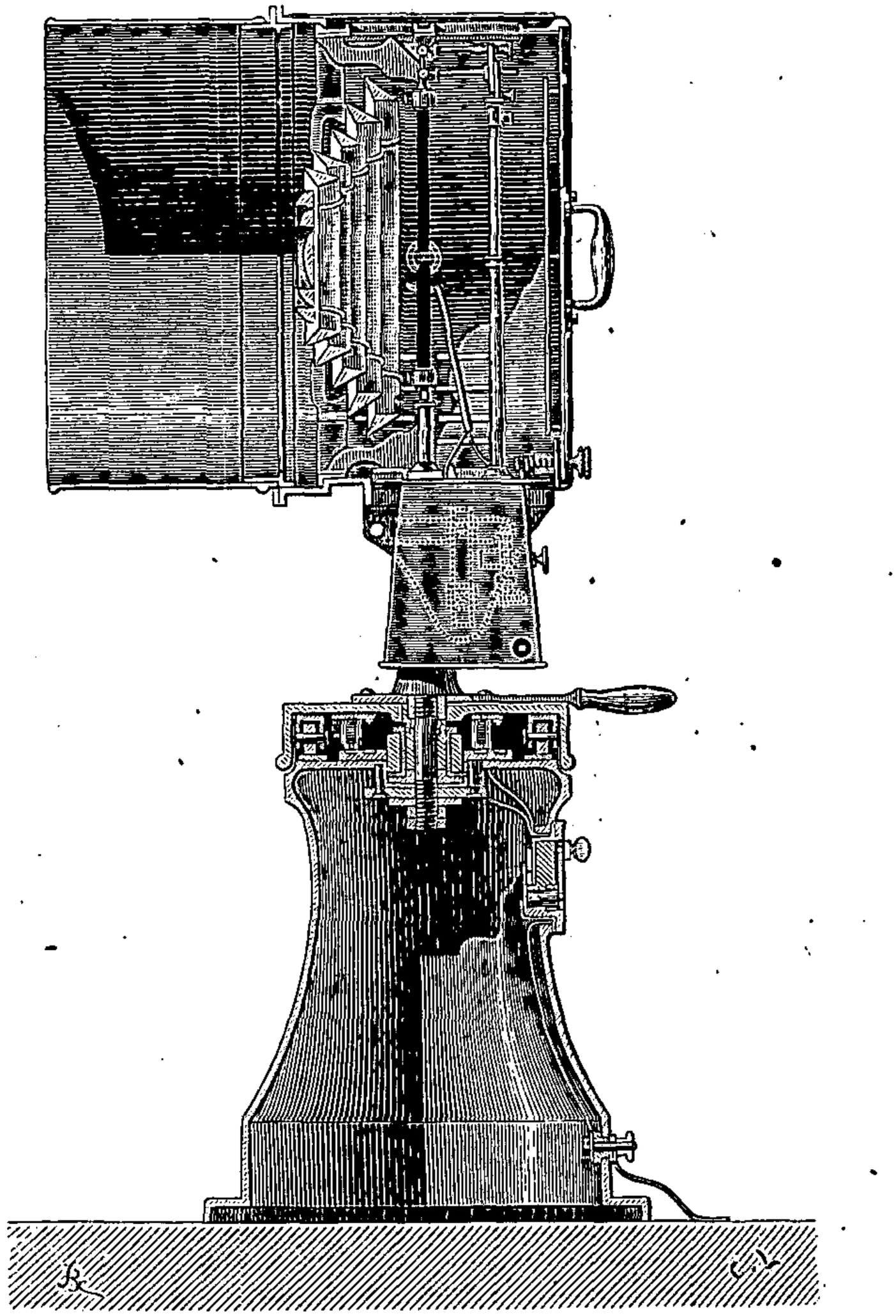


Fig. 58.

catadioptriques, qui constitue entièrement le projecteur ; cette lentille est renfermée dans un large tube cylin-

drique qui, étant supporté avec tout le système électrique sur un pivot, peut être orienté comme on le désire.

Dans le projecteur de M. Siemens représenté fig. 59 le réflecteur parabolique est placé derrière la lampe, et celle-ci est munie en outre de deux appareils lenticulaires pour la projection des charbons sur un écran et pour rendre ainsi le réglage plus facile.

Application aux signaux nautiques de grande portée. — Les signaux de nuit échangés entre les différents navires d'une escadre sont le plus souvent insuffisants à cause de la faiblesse de leur intensité lumineuse, et on pouvait désirer que ces signaux fussent plus nets et visibles de plus loin. Pour résoudre ce problème M. de Mersanne a combiné un système de régulateur de lumière électrique particulier, qui pût non-seulement être gouverné à distance, mais encore être réglé sans exiger la présence d'un surveillant auprès de l'instrument.

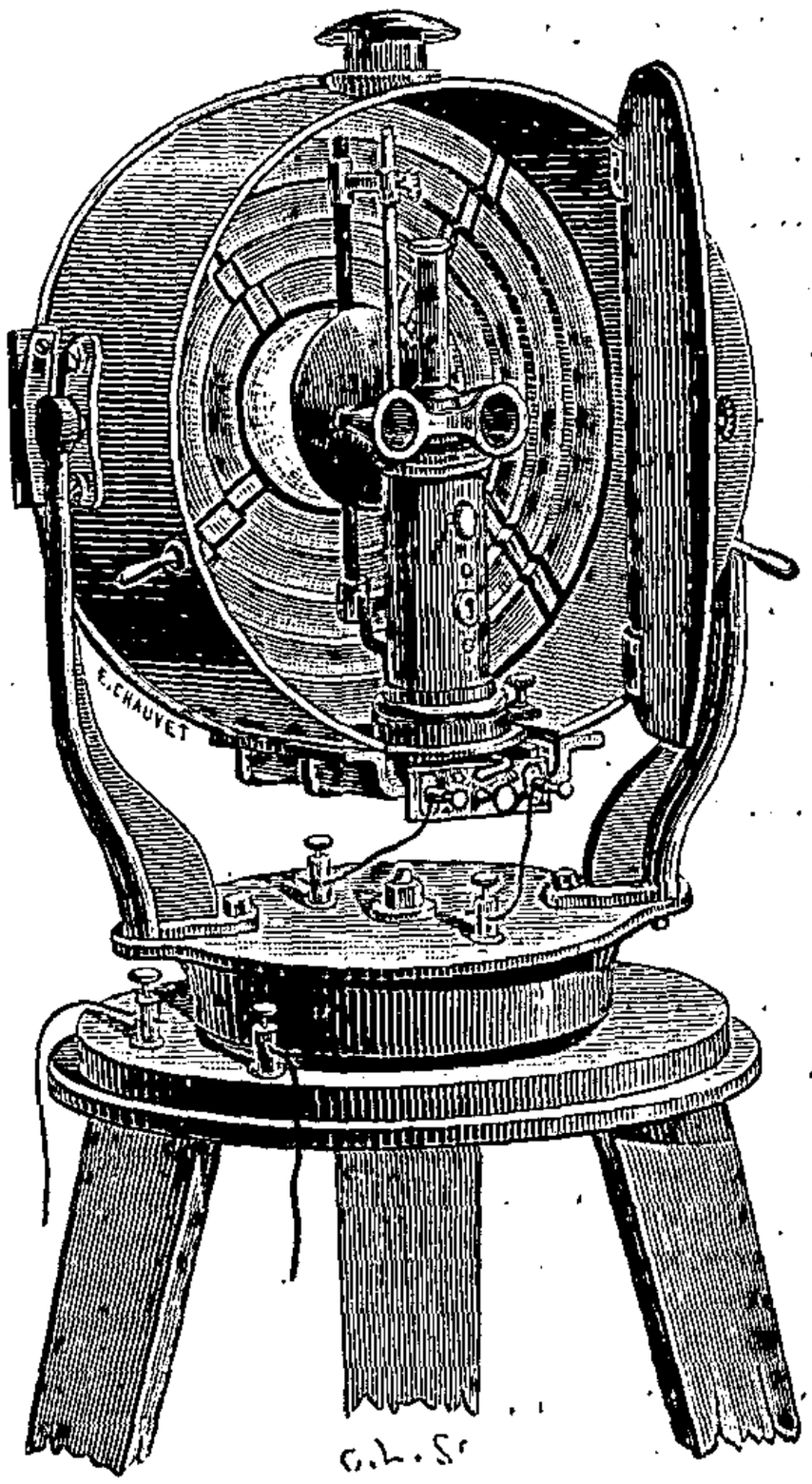


Fig. 59.

Ce régulateur a ses porte-charbons montés sur deux

tiges verticales munies d'un pas de vis, et susceptibles de tourner sur elles-mêmes sous l'influence d'un mécanisme électro-magnétique gouverné par un commutateur. L'appareil est renfermé dans une grande lanterne munie dans sa partie centrale d'un système cylindrique de lentilles à échelons au foyer desquelles est fixé le point lumineux, et qui est disposé de manière à diriger la lumière suivant la hauteur à laquelle la nappe lumineuse doit atteindre. Or, c'est pour toujours placer exactement ce point lumineux qu'a été adapté le mécanisme électro-magnétique dont nous avons parlé et qui se compose de deux électro-aimants droits et de deux électro-aimants en fer à cheval disposés entre eux suivant deux lignes perpendiculaires dans un plan vertical. Au centre de ces quatre organes électro-magnétiques est disposé, sur une armature en fourchette, un levier muni d'une dent d'acier qui se trouve interposée entre deux rochets disposés parallèlement et d'une manière inverse à l'extrémité inférieure des deux tiges des porte-charbons du régulateur. Quand aucun courant ne passe dans les organes magnétiques de l'appareil, cette dent se trouve placée exactement entre les deux rochets; mais, si l'on anime d'abord, au moyen du commutateur, l'un des électro-aimants droits, celui de dessus, par exemple, le levier dont il a été question se trouve soulevé, et la dent qui le termine se place entre deux dents du rochet supérieur, sans produire toutefois aucun effet, et ce n'est que quand on a fait passer le courant à travers l'électro-aimant de droite que celui-ci fait pivoter le levier et pousse la dent d'un cran. La tige à vis du régulateur tourne donc d'une quantité en rapport avec l'échappement de cette dent et abaisse le porte-charbon correspondant. Si maintenant on anime l'électro-aimant droit du dessous, la dent du levier engrène avec le rochet inférieur de la tige du régulateur, et, quand on vient à lancer le courant dans l'électro-aimant de gauche, la tige en question tourne de

l'intervalle d'une dent du rochet, mais en sens contraire du mouvement précédent, ce qui fait relever le charbon d'abord abaissé. Le même effet pouvant être produit de la même manière sur le second charbon, on peut de cette façon placer le point lumineux où l'on veut, à quelque distance que l'on soit du régulateur, et agir au besoin séparément ou en même temps sur les deux charbons.

Quant aux signaux, on peut procéder de deux manières, soit en éteignant au moyen du commutateur la lumière dans ceux des systèmes qui constituent l'appareil aux signaux, soit en masquant celui ou ceux des foyers lumineux qui doivent être éteints, au moyen d'un obturateur que l'on fait descendre électriquement devant les foyers. Les appareils comportent alors l'adjonction de nouveaux systèmes électro-magnétiques au moyen desquels cette fonction s'exécute facilement. M. de Mersanne en a combiné plusieurs modèles qui peuvent d'ailleurs s'appliquer à tout autre système de régulateur; le problème ne comporte aucune difficulté.

L'appareil à signaux précédemment décrit a été construit pour marcher à la main, mais l'on conçoit que, pour ce qui est de la régularisation de la lumière, on peut l'obtenir automatiquement d'une façon très simple, en faisant réagir un mécanisme mis en rapport avec le courant de lumière sur le commutateur dont il a été déjà question.

Il est un petit détail dans la construction du commutateur qui a son importance. C'est un fil de platine qui rougit toutes les fois que la lampe elle-même est allumée et qui s'éteint avec elle. Celui qui envoie les signaux est donc averti, lors même qu'il ne voit pas la lampe, que cette dernière est bien allumée.

Application aux arts militaires. — L'intensité prodigieuse de la lumière électrique et la facilité qu'elle donne de pouvoir la faire apparaître ou disparaître instantanément à distance suivant la volonté l'ont rendue

susceptible d'une application sérieuse dans les opérations militaires, soit pour fournir des signaux, soit comme moyen d'éclairer à longue distance un point qu'on a besoin de reconnaître pendant la nuit, soit pour éclairer les travaux des assaillants dans les sièges. M. Martin de Brettes a publié, il y a quelque vingt ans, sur cette question, un travail intéressant que nous avons reproduit en entier dans la seconde édition de notre *Exposé des applications de l'électricité*, tome III, p. 258, et dont nous ne pourrons citer ici que quelques extraits, en raison de l'exiguïté de l'espace qui nous est réservé.

« Les signaux dans la guerre de campagne ou celle de siège, dit M. Martin de Brettes, ont pour objet principal la transmission d'ordres ou de dépêches urgentes. D'après cela, il est clair que le meilleur système de signaux lumineux sera celui dont chaque feu se produira avec le plus de simplicité, sera vu de plus loin et donnera le plus de régularité à l'apparition des feux combinés, pour créer les signes nécessaires à une correspondance télégraphique.

« D'après la propriété que possède la lumière électrique de pouvoir être aperçue à une distance considérable, on ne peut contester sa supériorité pour créer un bon système de signaux. Toutefois les fusées pourront, en général et dans les circonstances ordinaires, être employées avantageusement à cause de leur simplicité, du peu d'embarras qu'offre leur transport et de la facilité de leur emploi. Mais, quand on aura besoin d'un puissant signal lumineux permanent, la lumière électrique sera d'un secours immense et pourra éviter en campagne l'emploi du ballon captif.

« D'un autre côté, il se présente à la guerre des circonstances où l'on a le besoin d'un éclairage d'une durée plus ou moins longue, par exemple :

« Pour reconnaître une fortification, l'assiégeant a besoin de produire un éclairage momentané suffisant à ses projets et pas assez long pour éveiller l'attention de l'assiégé.

« Pour diriger le tir d'une batterie sur un but déterminé, il faut que ce but soit éclairé assez longtemps pour permettre un bon pointage

« Pour n'être pas surpris lors de l'ouverture de la tranchée,

l'assiégé doit éclairer d'une manière continue le terrain où cette opération a des chances d'être exécutée.

« L'éclairage d'un champ de bataille, d'une brèche, lors de l'assaut, demandent aussi un éclairage d'une durée indéfinie.

« Ainsi, à la guerre on peut avoir besoin de produire ou un éclairage momentané, ou un éclairage de longue durée dont la limite est celle de la nuit. Nous avons vu précédemment que l'on pouvait produire, sans difficulté et à volonté, ces deux éclairages avec la lumière électrique, en fermant ou en interrompant le circuit voltaïque. »

M. Martin développe ensuite les conditions d'application de la lumière électrique pour obtenir les différents effets que nous venons d'énumérer. Toutefois, à l'époque où il a fait son travail, les machines magnéto-électriques ne pouvaient fournir de lumière, et c'est avec le matériel encombrant d'une pile qu'il aurait fallu réagir, ce qui rendait la solution du problème beaucoup plus difficile. Aujourd'hui que, grâce aux petites dimensions des machines magnéto-électriques, on peut obtenir des intensités lumineuses très-considérables, ce genre d'application de la lumière devient très-facile. On peut, en effet, disposer à demeure sur une *locomobile* la machine magnéto-électrique, et la meilleure pour cet usage est celle de M. Gramme : or, cette locomobile peut être transportée aussi facilement que des canons sur les points nécessaires. Le système préconisé en France est celui qui est actionné par une machine à trois cylindres du système Brotherhood. Les électro-aimants de la machine Gramme sont alors plats et très-larges, la bobine possède deux collecteurs de courants, et un commutateur monté sur les armatures permet d'accoupler la machine en tension ou en quantité. Ce système que nous représentons *fig. 60* a du reste été adopté par la *France*, la *Russie* et la *Norvège*.

D'après M. Fontaine, il résulte d'expériences faites au Mont-Valérien avec une machine ainsi disposée qu'un

observateur placé à côté des appareils peut voir des objets placés à 6600 mètres de distance, et distinguer nettement des détails de construction à 5200 mètres. Pour obtenir ces résultats, il faut que la machine Gramme ait une puissance de 2500 becs, et que le projecteur la concentre par réflexion et réfraction, comme dans les pro-

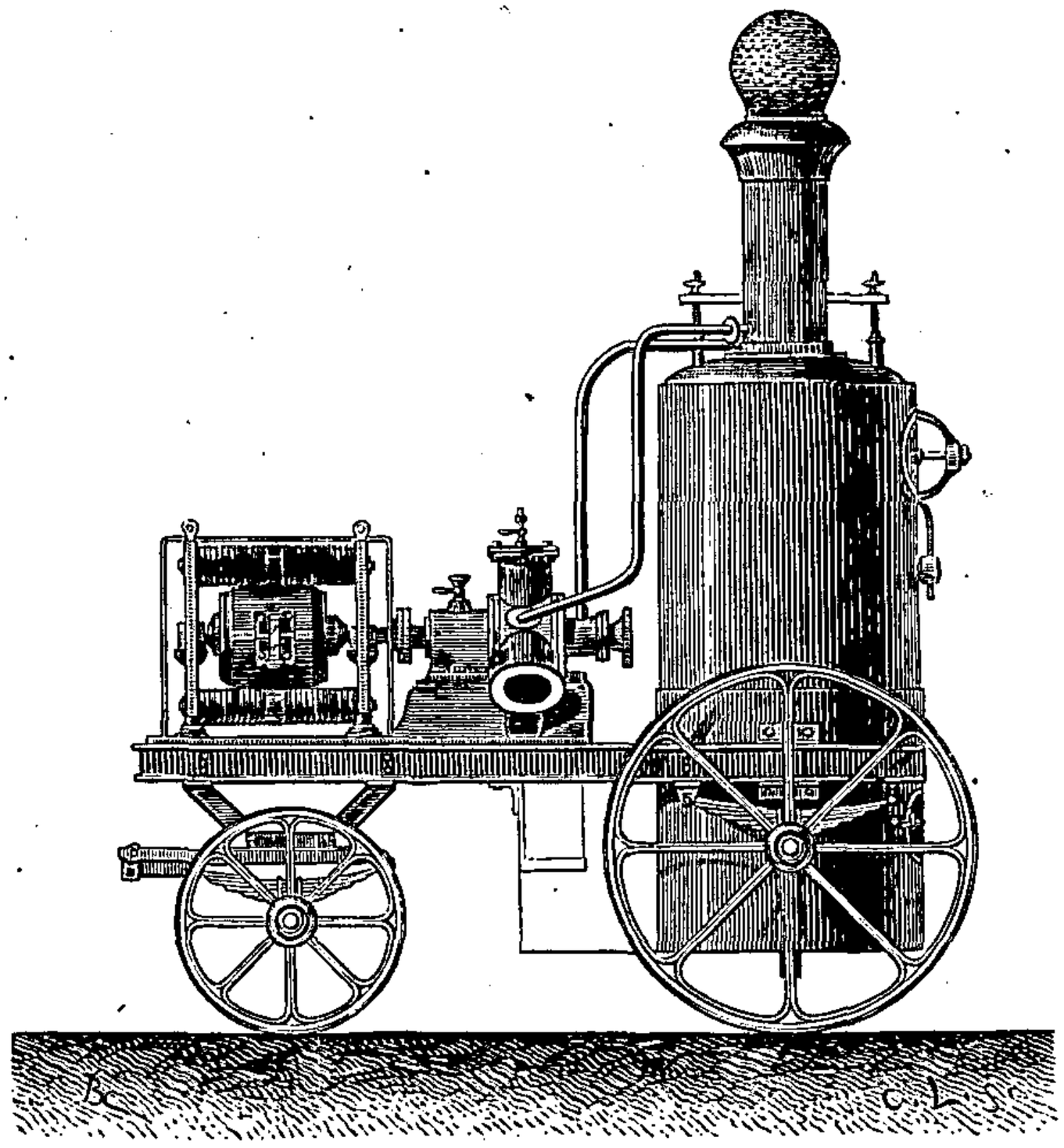


Fig. 60.

jecteurs dont nous avons parlé pour l'éclairage des navires en mer.

Quand la machine a ses organes électro-magnétiques accouplés en quantité, elle tourne à raison de 600 tours par minute et dépense 4 chevaux de force; la lumière produite varie de 1000 à 1200 becs. Dans le second cas,

elle tourne à 1200 tours, dépense 8 chevaux et donne de 2000 à 2500 becs. Quand le temps est clair, on opère avec la machine accouplée en quantité, et la dépense de vapeur est alors faible, la conduite facile, et les crayons se consument lentement. Quand le temps est brumeux ou très-obscur, on dispose la machine en tension; la dépense de vapeur augmente, mais la conduite demande un peu plus de soin, et les crayons s'usent plus vite. Avec le moteur Brotherhood le changement de puissance s'effectue instantanément.

Pour les signaux de guerre, M. Gramme a combiné une machine de petites dimensions qu'on peut faire mouvoir à bras d'homme. Cette machine actionnée par 4 hommes produit une lumière équivalente à 50 Carcel. Le gouvernement français l'a mise en essai dernièrement.

Des expériences avec des machines disposées à peu près de la même manière ont été faites à Berlin en 1875. La lumière engendrée par la machine était assez intense pour permettre de lire à une mille de distance de l'écriture ordinaire, et comme un miroir placé en avant du régulateur était incliné sur l'horizon de manière à réfléchir vers le ciel les rayons lumineux, on a pu projeter sur les nuages une traînée lumineuse qui, de loin, ressemblait à la queue d'une comète, et dans laquelle venaient successivement se dessiner les signaux faits en avant du miroir.

On a pensé aussi à envoyer des signaux au moyen de ballons captifs. Dans ce cas, le régulateur à signaux de M. de Mersanne pourrait être avantageusement employé.

Éclairage des trains de chemins de fer. — L'éclat intense de la lumière électrique et les moyens faciles qu'on a de la projeter dans toutes les directions ont donné l'idée de l'employer pour éclairer les trains de chemins de fer circulant pendant la nuit, et d'annoncer de plus loin leur présence, ne serait-ce que par l'illumi-

nation du ciel à l'endroit où ils passent. On a fait dernièrement au chemin de fer du Nord des expériences qui ont parfaitement réussi, et qui permettent de croire qu'un jour viendra où ce système d'éclairage sera d'un emploi général. En attendant, voici un système imaginé par M. Girouard.

Le générateur électrique employé, qui est une machine de Gramme, est installé sur le tender de la locomotive et reçoit son mouvement d'une roue dentée mue par un petit piston indépendant, fixé sur le socle du bâti. Un régulateur de Watt règle l'admission de la vapeur. Un tube de cuivre vient d'une part s'ajuster sur un robinet fixé à la machine à vapeur et de l'autre se termine par un manchon serre-joint qui le relie à la suite du tube, lequel passe sous le *fourgon pour* s'ajuster d'autre part sur la boîte renfermant la valve d'introduction de la vapeur dans le tiroir du piston moteur. Afin de garantir l'appareil magnéto-électrique de la pluie et de la poussière, on le renferme dans une petite caisse, et seul, le cylindre reste en dehors. Il est facile de voir que cette disposition est très solide, quoique indépendante de la machine; de plus l'entretien des organes peut se faire par celui qui nettoie d'habitude la machine à vapeur.

Sur le devant de la locomotive est fixée solidement une lanterne en tôle renfermant une lampe électrique munie d'un fort réflecteur, et en avant de la lanterne est placée, sous une inclinaison de 45°, une glace demi-transparente en verre platiné. Cette glace est montée dans un cadre ajusté de façon à pouvoir s'incliner un peu à droite ou à gauche. tout en restant toujours sous le même angle. De plus, un châssis contenant trois verres de couleur, un rouge, un blanc et un vert, est maintenu en avant du réflecteur et préserve en même temps la lanterne de la pluie et du vent.

Deux tiges à articulation partent l'un du cadre de la glace inclinée, l'autre du châssis portant les verres de.

couleur, et vont aboutir à deux petits leviers à portée de la main du mécanicien. Deux câbles relient la lampe à la machine magnéto-électrique; aussitôt que le courant passe dans la lampe, les rayons lumineux sont projetés en avant par le réflecteur; mais, comme la glace est légèrement platinée, une partie seulement est renvoyée dans la direction normale, tandis que l'autre est rejetée vers le ciel sous forme d'un faisceau conique. A l'aide du premier levier, on peut renverser obliquement ce faisceau, soit à droite, soit à gauche, tout en éclairant toujours devant soi, et avec le second, on colore les rayons, soit en vert, soit en rouge. Or, en donnant une signification à chaque combinaison, on peut ainsi obtenir un assez grand nombre de signaux. De plus, le faisceau lancé verticalement permet d'apercevoir le train de fort loin, quoique sa présence soit masquée par des ponts et autres obstacles ou qu'il soit engagé dans une tranchée profonde, et cela malgré les courbes et les pentes.

Application de la lumière électrique à l'éclairage des galeries de mines et des travaux de nuit. — Plusieurs savants, et entre autres MM. de la Rive, Boussingault et Louyet, ont revendiqué l'idée première de l'application de la lumière électrique aux travaux des mines. Ce qui paraît certain, c'est que, si cette idée appartient à M. Louyet, comme cela me semble prouvé, l'application n'en a été faite qu'en 1845, par M. Boussingault.

Tout le monde sait le danger que courent les mineurs, lorsqu'un jet de gaz hydrogène, venant à se faire jour à travers les couches de terre, rencontre la flamme des différentes lampes qui éclairent les galeries de mines. Une détonation effrayante se fait entendre, et toute la galerie est mise en feu. Ces funestes accidents sont connus sous le nom de *feu grisou*. Or, la lumière électrique pouvant se produire sans renouvellement d'air, puisqu'elle peut se manifester même dans le vide, on comprend qu'il suffira,

pour éviter le grisou, de renfermer chaque foyer lumineux avec son régulateur dans des globes hermétiquement fermés, que l'on placera dans les différentes galeries où sont les travailleurs. Toutefois, il faudra que le vide soit fait dans ces globes, car la chaleur, en dilatant l'air qui s'y trouverait renfermé, pourrait les faire éclater. Dès lors, il n'y a plus à craindre le moindre danger, puisque ces foyers lumineux sont alors complétement séparés de l'air extérieur.

Pour éviter les frais considérables qu'entraîne l'installation de la lumière électrique, MM. Dumas et Benoît ont eu l'idée d'y substituer la lumière de l'étincelle d'induction dans le vide; ils disposent, en conséquence, le tube dans lequel elle se produit de manière à constituer un multiplicateur, et introduisent ce multiplicateur dans un tube muni à ses deux extrémités des garnitures de cuivre nécessaires à sa suspension. Le vide est fait dans ce tube sur les gaz de M. Morren, afin d'obtenir une belle lumière blanche. J'ai longuement parlé de ces sortes de tubes éclairants dans ma notice sur l'appareil d'induction de Ruhmkorff (5e édition), à laquelle je renvoie le lecteur. La figure 61 représente cet appareil.

La lumière électrique produite par les machines de l'*Alliance* a été appliquée avec succès, en 1863, à l'éclairage des ardoisières d'Angers, par M. Bazin. Une machine à 4 disques a pu éclairer une galerie ayant 60 mètres de longueur sur 50 mètres de largeur et 40 mètres de hauteur. La machine était près de l'ouverture du puits, et le courant électrique était transmis par des fils de 150 mètres de longueur. Malgré l'affaiblissement d'intensité résultant de cette grande longueur de fils, l'éclairage s'est montré si satisfaisant, que les ouvriers de la mine ont exprimé leur joie par de chaleureux applaudissements. Ces résultats avantageux ont été constatés à plusieurs reprises différentes, et on a reconnu, en outre, qu'on augmentait d'un cinquième ou d'un sixième le

travail utile des ouvriers, ce qui constituait un bénéfice net de 15 à 20 % à ajouter à un bien-être pour les ouvriers qu'on devrait acheter fort cher. Il n'y avait pourtant que deux foyers de lumière (Voir les *Mondes*, tome I, p. 691, et tome II, p. 221 et 278).

L'emploi de la lumière électrique pour l'éclairage des

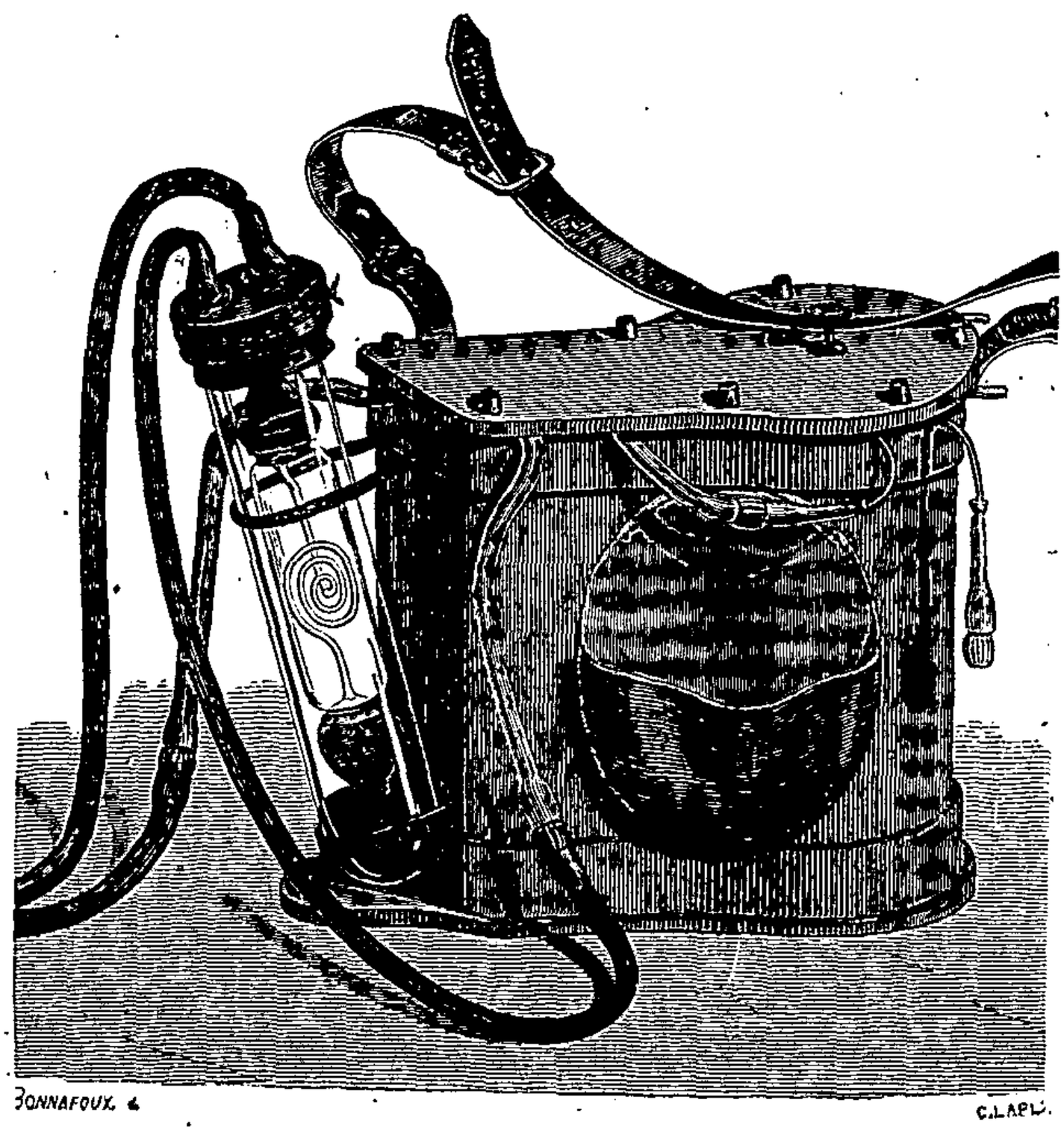


FIG. 61.

travaux de nuit a été une des premières applications utiles qui ont été faites de ce mode d'éclairage, et depuis les travaux du pont Notre-Dame, où elle a été mise en usage pour la première fois, on a toujours employé ce moyen toutes les fois qu'il s'est agi de travaux pressés et importants. C'est ainsi que nous l'avons vue utilisée dans les travaux

des docks Napoléon, dans ceux de la reconstruction du Louvre, dans ceux du pont de Kehl, etc., etc. Dans cette application, le fanal est ordinairement planté au haut d'un poteau de bois et se trouve pourvu d'un abat-jour qui donne à l'atelier l'aspect de la fig. 62. On a aussi songé à appliquer l'éclairage électrique aux travaux des champs pour hâter les travaux des moissons. M. Albaret, chef d'une importante maison de construction d'appareils agricoles à Liancourt, a fait dernièrement des expériences à Mornant et à Petit-Bourg qui ont bien réussi. Le système décrit dans le journal l'*Electricité* du 5 septembre 1878 se compose : 1° d'une locomobile ordinaire; 2° d'une machine dynamo-électrique d'un système quelconque; 3° d'une potence à tringles de fer servant à porter la lanterne et la lampe et adaptée à la locomobile. La locomobile peut d'ailleurs être utilisée, si elle a une force suffisante, à faire marcher une batteuse. Un treuil placé à l'avant de la cheminée permet d'abattre et d'élever la potence.

Application à l'éclairage des gares, des ateliers, etc. — Aujourd'hui l'application de l'éclairage électrique aux grands ateliers industriels et aux gares des chemins de fer est un fait accompli. Depuis M. Hermann-Lachapelle, qui est un des premiers à être entré dans cette voie, il est une foule d'autres industriels qui l'emploient aujourd'hui et qui s'en trouvent fort bien. Le livre de M. Fontaine nous indique que ce sont des machines Gramme qui éclairent maintenant les établissements de M. Ducommun, à Mulhouse; de MM. Sautter et Lemonnier, à Paris; de M. Menier, à Grenelle, Noisiel et Roye; les filatures de Mme veuve Dieu-Obry, à Daours; de M. Ricard fils, à Mauresa (Espagne); de MM. Buxeda frères, à Sabadell (Espagne); les chantiers de M. Jeanne Deslandes, au Havre; les usines de MM. Mignon, Rouart et Delinières, à Montluçon; le port du canal de la Marne au Rhin, à

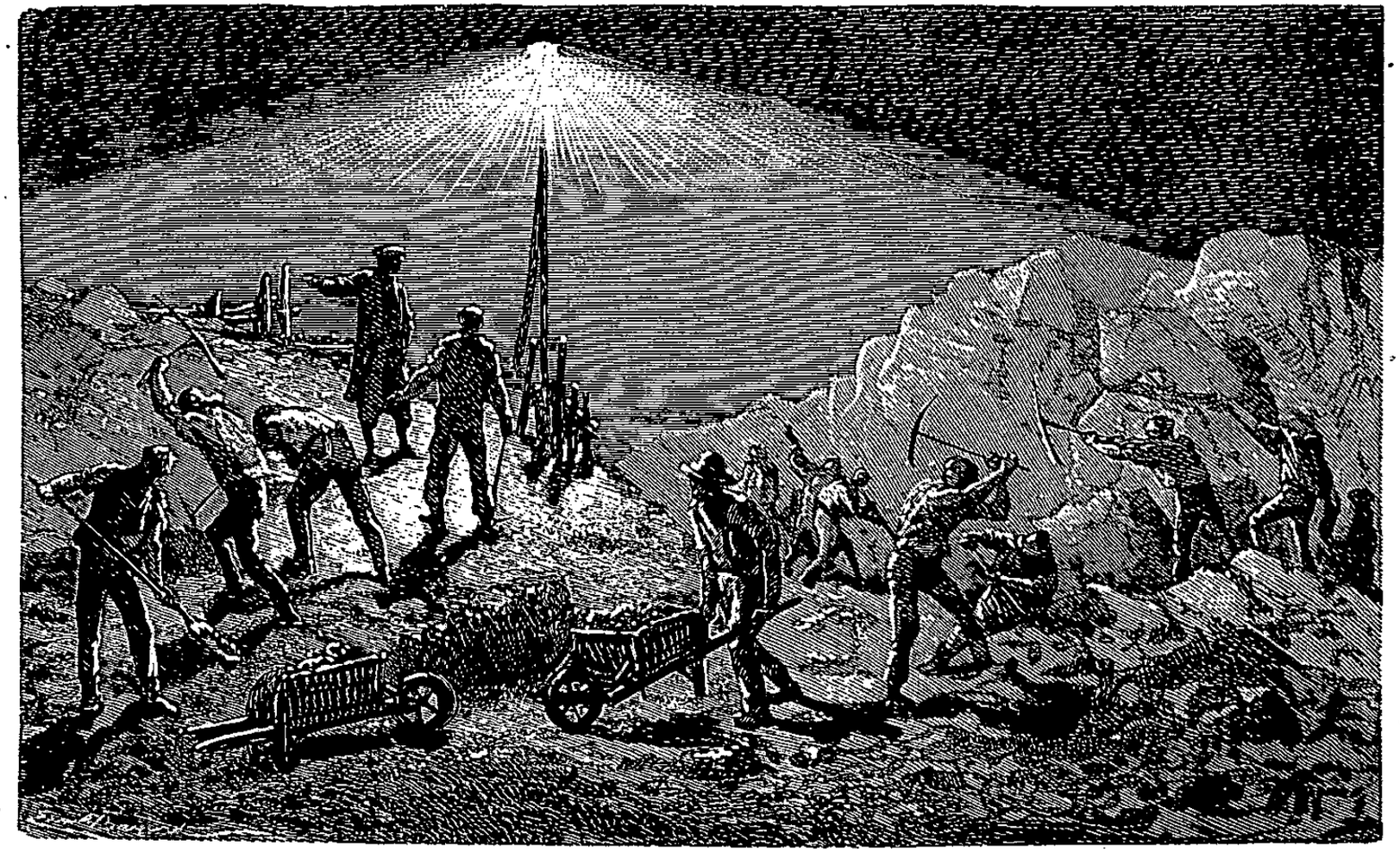


Fig. 62.

Sermaize; la gare des marchandises, à la Chapelle-Paris[1]. Partout on en est très satisfait. On pourra trouver dans l'ouvrage de M. Fontaine des détails sur l'installation de ces systèmes d'éclairage; nous nous contenterons ici d'indiquer celui de la gare du chemin de fer du Nord, à cause du système ingénieux qui a été employé pour obtenir une lumière ne gênant pas la vue et capable d'éclairer par réflexion les différentes parties des salles avec des rayons presque verticaux, ce qui fait disparaître considérablement les ombres portées des colis en les noyant comme dans une atmosphère lumineuse de la zone torride.

Ce système consiste à disposer autour des régulateurs, qui sont suspendus en différents points des salles, une sorte de réflecteur constitué d'une part par le support de la lampe, d'autre part par une sorte d'entonnoir renversé en verre dépoli, disposé de manière que le foyer lumineux ne puisse être vu directement des différents points de la salle. La lumière ainsi en partie arrêtée est réfléchie vers le plafond, ainsi que celle qui émane de la partie supérieure du bec, et comme le plafond est peint en blanc, il peut à son tour former un immense abat-jour qui renvoie les rayons lumineux presque verticalement, ce qui empêche les colis de porter une ombre trop forte. Grâce à ce système, on a pu réduire le nombre des hommes d'équipe pour les services de nuit, et on

[1] En outre de ces établissements, M. Fontaine cite, au commencement de 1877, une foule d'autres ateliers éclairés de cette manière, et entre autres la fonderie de canons de Bourges, les ateliers de la maison Cail, ceux de la compagnie des forges de la Méditerranée au Havre, ceux de MM. Crespin et Marteau à Paris, Beaudet à Argenteuil, Thomas et Powel à Rouen, Ackermann à Stockholm, Avondo à Milan, Quillacq à Anzin, ceux de Fives-Lille, de Tarbes, de Barcelone, les gares du Midi de Bruxelles, les forges de Fourchambault, les fonderies de Bessèges et de Fumel, les teintureries de MM. Guaydet à Roubaix, de MM. Hannart à Wasquehal, la fabrique de tissage de M. Baudot à Bar-le-Duc, la blanchisserie des hospices de Lyon, etc.

a diminué de beaucoup les pertes des menus bagages. M. E. Reynier a perfectionné ce système, en rendant la lanterne portant le régulateur et le système réflecteur beaucoup plus faciles à manœuvrer. Avec sa disposition, le système se déplace comme les suspensions de salle à manger. La place nous manque ici pour donner des détails de cet intéressant arrangement, mais nous en publierons plus tard une description plus complète.

La compagnie Gramme a aussi combiné pour les magasins du Louvre un plafond lumineux qui a également bien réussi. Ce plafond est constitué d'abord par une grande glace sans tain dépolie, qui forme la base d'une grande pyramide creuse en fer-blanc destinée à agir comme réflecteur; un régulateur de lumière électrique suspendu et équilibré au moyen d'un contre-poids, est introduit à l'intérieur de cette pyramide et placé de manière que les différents rayons lumineux réfléchis viennent se projeter le plus également possible sur la glace dépolie. Celle-ci se trouve alors illuminée aussitôt que le courant passe à travers le régulateur. Un second régulateur de rechange peut d'ailleurs être facilement substitué au premier quand les charbons doivent être remplacés.

Le système de réflexion de lumière employé pour la gare des marchandises au chemin de fer du Nord a été utilisé à Vienne, en Autriche, pour éclairer une piste de patineurs ayant une longueur de 133 mètres. Deux machines Gramme et deux lampes Serrin au-dessus desquelles étaient hissés deux grands abat-jour, dont les segments étaient recourbés suivant une surface ellipsoïdale, suffisaient pour éclairer admirablement la piste. C'est l'installation en plein air la mieux réussie.

Application de la lumière électrique à la pêche. — On n'est pas encore fixé si la lumière électrique descendue au sein de l'eau attire ou éloigne les poissons. Suivant certaines personnes, ce serait un moyen de faire

des pêches miraculeuses, et M. Jobard, de Bruxelles, a fait en 1856 un article fort spirituel sur cette application ; mais, hélas ! il a fallu un peu rabattre des illusions qu'on se faisait alors. En effet, à la demande d'un Nabab anglo-français, M. Hoppe, M. J. Duboscq a construit un grand globe foyer de lumière électrique qui a été expérimenté sur le lac d'Enghien un beau soir d'été ; les eaux étaient parfaitement éclairées, mais, au lieu de venir vers la lumière, les poissons effrayés s'enfuyaient ; pas un n'a montré sa queue, de sorte que l'appareil est resté sans destination. C'est M. l'abbé Moigno qui raconte ainsi cette déconvenue ; mais nous voyons que sa conviction n'était pas bien arrêtée, car on lit dans le journal *les Mondes*, t. VII, p. 46 ; t. VI, p. 584, et t. V, p. 374, des articles sur la pêche à la lumière électrique où il en fait plus de cas. Il rapporte en effet un article d'après lequel M. Fanshawe aurait très bien réussi à prendre de cette manière, à l'appât, beaucoup de merlans et de maquereaux. Suivant cet amateur de pêche, « l'aspect de la mer durant cet essai était splendide ; la lumière réfléchie portait la teinte vert bleuâtre de l'eau depuis le fond jusqu'au sommet de chaque vague. Les voiles et les cordages du vaisseau étaient aussi éclairés, et l'on aurait dit qu'il flottait sur une mer d'or. Les poissons argentés s'élançaient à l'entour et montaient à chaque instant vers la surface de l'eau illuminée, offrant l'aspect de bijoux polis dans une mer d'or et d'azur. » Il est vrai que dans un autre article l'auteur des *Mondes* rapporte des expériences faites à Dunkerque avec une lampe sons-marine animée par les courants d'une machine de l'*Alliance*, expériences qui auraient laissé beaucoup d'incertitude sur l'action de la lumière sur les poissons.

On a du reste construit des lampes électriques pour la pêche, et M. P. Gervais, s'il faut en croire le journal les *Mondes* du 30 mars 1865, en aurait construit une assez ingénieuse. Fixée à une bouée, elle aurait

pu descendre à des profondeurs plus ou moins grandes.

Application aux travaux sous-marins. — Depuis que les cloches à plongeur et différents autres appareils propres à entretenir la respiration sous l'eau ont permis de travailler au fond de la mer, plusieurs genres de travaux hydrauliques et de nombreux sauvetages de navires naufragés ont pu être exécutés avec facilité. Quand la profondeur d'eau à laquelle on doit s'enfoncer n'est pas considérable, la lumière du jour peut aisément traverser la couche liquide et éclairer suffisamment les travailleurs; mais, à une certaine profondeur, le jour manque, et les explorations sous-marines, qui doivent toujours précéder les travaux, deviennent impossibles. Sans doute, en adaptant à une lanterne des appareils pour renouveler l'air, on pourrait entretenir une lumière comme on entretient la respiration des hommes; mais cela nécessite une pompe supplémentaire et tout un système particulier pour empêcher le courant d'air d'éteindre la lumière. Avec la lumière électrique, le problème peut être résolu de la manière la plus simple, et l'étendue de l'espace éclairé est beaucoup plus considérable. On peut, pour cela, employer le système de globe à régulateur, dont nous avons parlé précédemment, ou un régulateur particulier pour fournir directement la lumière à travers l'eau. Cependant, comme la lumière produite dans ce dernier cas est beaucoup plus difficile à gouverner que dans le vide, le premier moyen est bien préférable.

Les expériences faites à Dunkerque pour la pêche à la lumière électrique ont permis de voir comment cette lumière se comporte sous l'eau, et on a reconnu que les machines magnéto-électriques, ainsi que la lumière qu'elles engendrent, sont définitivement applicables aux travaux sous-marins. En effet, à 60 mètres de profondeur, cette lumière est restée parfaitement constante, et elle éclairait une très grande surface. La machine était

pourtant installée à plus de 100 mètres de distance du régulateur de lumière électrique. Les parois en verre de la lanterne sont restées complétement transparentes, et l'usure des charbons était bien moins grande qu'à l'air libre.

Applications aux projections des principales expériences de l'optique, des épreuves photographiques sur verre, des photographies microscopiques expédiées pendant la guerre par les pigeons voyageurs, et aux reproductions photographiques. — Il est, comme je l'ai déjà dit, beaucoup de phénomènes physiques qui, pour être rendus palpables aux yeux de tout un auditoire, ont besoin d'être projetés sur un large écran, à la manière des sujets de la lanterne magique. Il est même quelques-uns de ces phénomènes tenant à la nature propre de la lumière, qui exigent pour être perçus une lumière excessivement intense. Sans doute, avec la lumière solaire et au moyen d'un porte-lumière, le problème peut être résolu immédiatement et à peu de frais, mais, la plupart du temps, le soleil manque quand il en est besoin, et l'on se trouve forcément privé de ces expériences qui non-seulement donnent à un cours une plus grande animation et un charme tout particulier, mais encore sont beaucoup mieux comprises et surtout beaucoup mieux retenues quand les yeux ont été frappés. La lumière électrique peut être substituée victorieusement au soleil pour ce genre d'application, et le régulateur de M. J. Duboscq a été disposé, comme nous l'avons vu, tout exprès dans ce but.

Les appareils destinés à projeter la lumière électrique se composent : 1° d'un fixateur de lumière électrique dont les deux charbons en s'usant ne déplacent pas le point lumineux; 2° d'une lanterne hermétiquement fermée dans laquelle on place le régulateur; 3° d'une lentille plan-convexe destinée à rendre parallèles les

rayons convergents issus du point lumineux; 4° d'une série d'appareils d'optique dont nous ne parlerons pas ici, car nous nous écarterions complètement du sujet qui fait l'objet de cet ouvrage [1]. Nous décrirons seulement la lanterne, parce qu'elle est une conséquence du régulateur électrique.

La lanterne de M. Duboscq se compose d'une espèce de boîte de cuivre bronzé, qui enveloppe la partie supérieure du régulateur. Pour prendre moins d'espace, la colonne de ce dernier appareil est enfermée dans une espèce de cheminée qui termine la boîte, et le pied se trouve au-dessous, entre les quatre colonnes qui supportent la lanterne. Pour que cette boîte ferme hermétiquement, de petits volets mus par des crémaillères viennent fermer le dessus et le dessous de la boîte en même temps qu'on en ferme la porte, de sorte que les coupures faites à l'instrument, pour qu'on puisse y introduire le régulateur, se trouvent bouchées. L'intérieur de cette lanterne est muni d'un miroir réflecteur et de deux tiges plongeantes sur lesquelles peuvent s'adapter deux autres miroirs pour renvoyer la lumière dans les lentilles d'un appareil particulier que l'on adapte à la lanterne pour certaines expériences, et que l'on appelle *polyorama*. Enfin sur le côté de la lanterne se trouve un petit œil-de-bœuf muni d'un verre violet par lequel on examine la marche de la lumière électrique. Afin de régler facilement la position du point lumineux qui, dans certaines expériences délicates, a besoin d'être déterminée d'une manière tout à fait rigoureuse, le régulateur se trouve posé sur un socle qui, au moyen de deux vis de rappel, peut être déplacé dans deux directions rectangulaires (de bas en haut et de côté), comme le miroir des porte-lumières.

Les expériences de projection peuvent être faites à toute

[1] Voir ma notice sur le mode de projection des principaux phénomènes de l'optique à l'aide des appareils Duboscq.

distance ; seulement, elles perdent de leur éclat et de leur netteté quand les distances ne sont pas en rapport avec l'intensité lumineuse : cinq mètres représentent ordinairement la distance la plus convenable pour la lumière

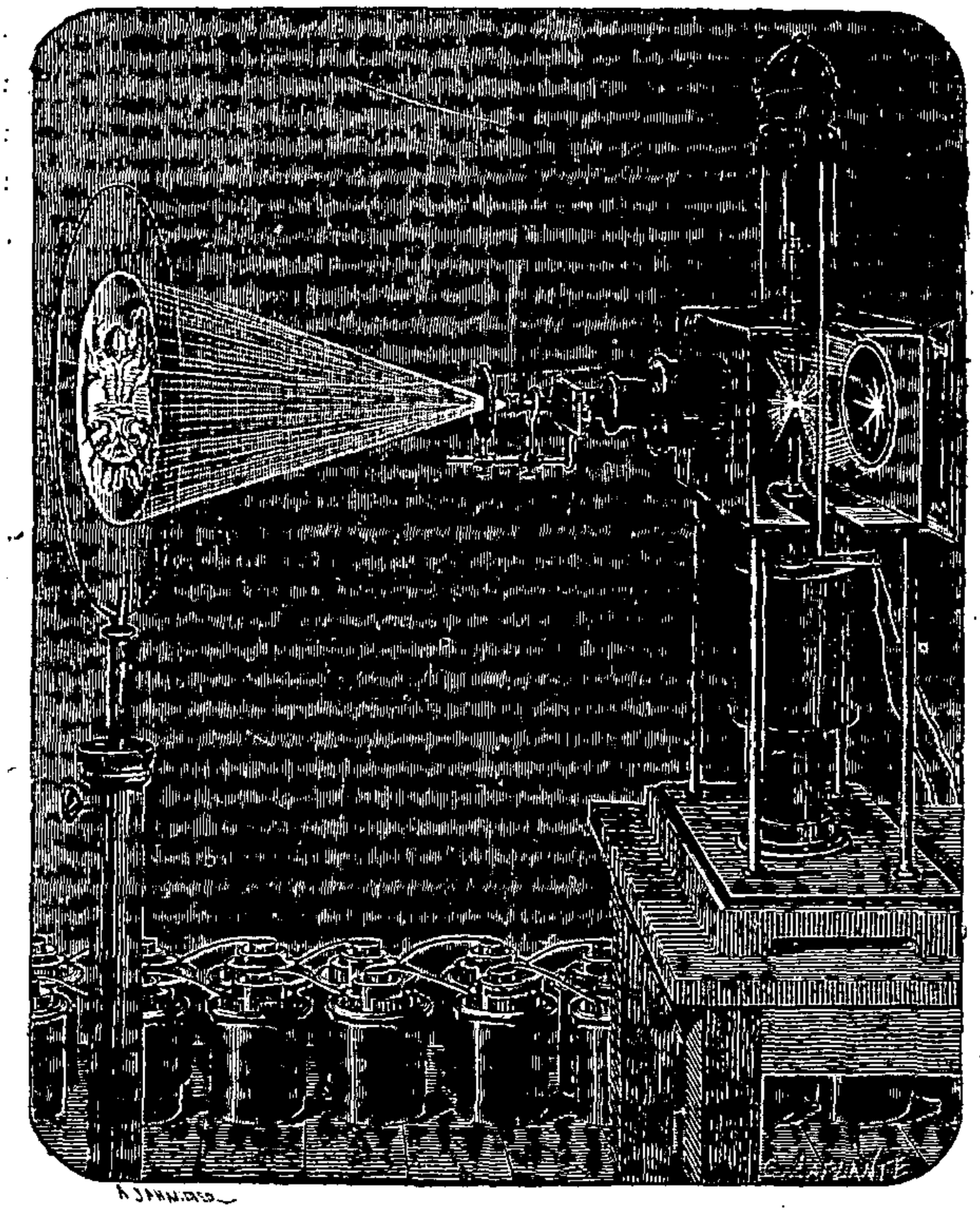


FIG. 65.

d'une pile de cinquante éléments. Nous représentons (fig. 63) une expérience de projection de ce genre.

La lanterne magique, au moyen de la lumière électrique et d'épreuves photographiques sur verre de M. Lévy

ou de MM. Favre et Lachenal, donne des effets tellement saisissants, que souvent on se croirait transporté sur les lieux; on est même aujourd'hui arrivé à une telle perfection d'épreuves, qu'il semble quelquefois que les reliefs s'aperçoivent comme si on employait le stéréoscope. La reproduction des sculptures est sous ce rapport étonnante. Aujourd'hui ce système de projections est très-exploité commercialement; et en dehors des appareils de M. Jules Duboscq, qui s'appliquent à toutes les expériences de l'optique, il y a ceux de M. Molteni, qui sont exclusivement réservés à ce genre d'application.

Parmi les expériences de projections que l'on a entreprises au moyen de ces appareils, nous citerons d'une manière toute spéciale celle qui en a été faite à la lecture des dépêches microscopiques envoyées, pendant le siége de Paris, sous les ailes de pigeons voyageurs; ces dépêches, dont chacune occupait moins d'un millimètre carré, se lisaient parfaitement devant la foule de ceux qui avaient intérêt à recevoir des nouvelles de la province. La fig. 64 représente une expérience de ce genre.

On a encore employé la lumière électrique pour les reproductions photographiques d'objets ou de lieux non éclairés. C'est ainsi que M. Lévy a reproduit d'une manière remarquable cette jolie fontaine du dessous de l'escalier du grand Opéra, et que certains artistes anglais et américains sont parvenus à reproduire l'aspect et les détails de grottes ou de caveaux obscurs dont les images étaient tellement vraies, que rien que par les ombres portées on pouvait les distinguer des enceintes éclairées par la lumière du jour. Plusieurs photographes ont même voulu employer ce moyen pour des reproductions de clichés, et Pierre Petit et M. Liebert ont même installé dernièrement toute une organisation électrique pour exécuter des portraits de cette manière. Nous lisons en effet dans la correspondance scientifique du 14 janvier 1879 la nouvelle suivante :

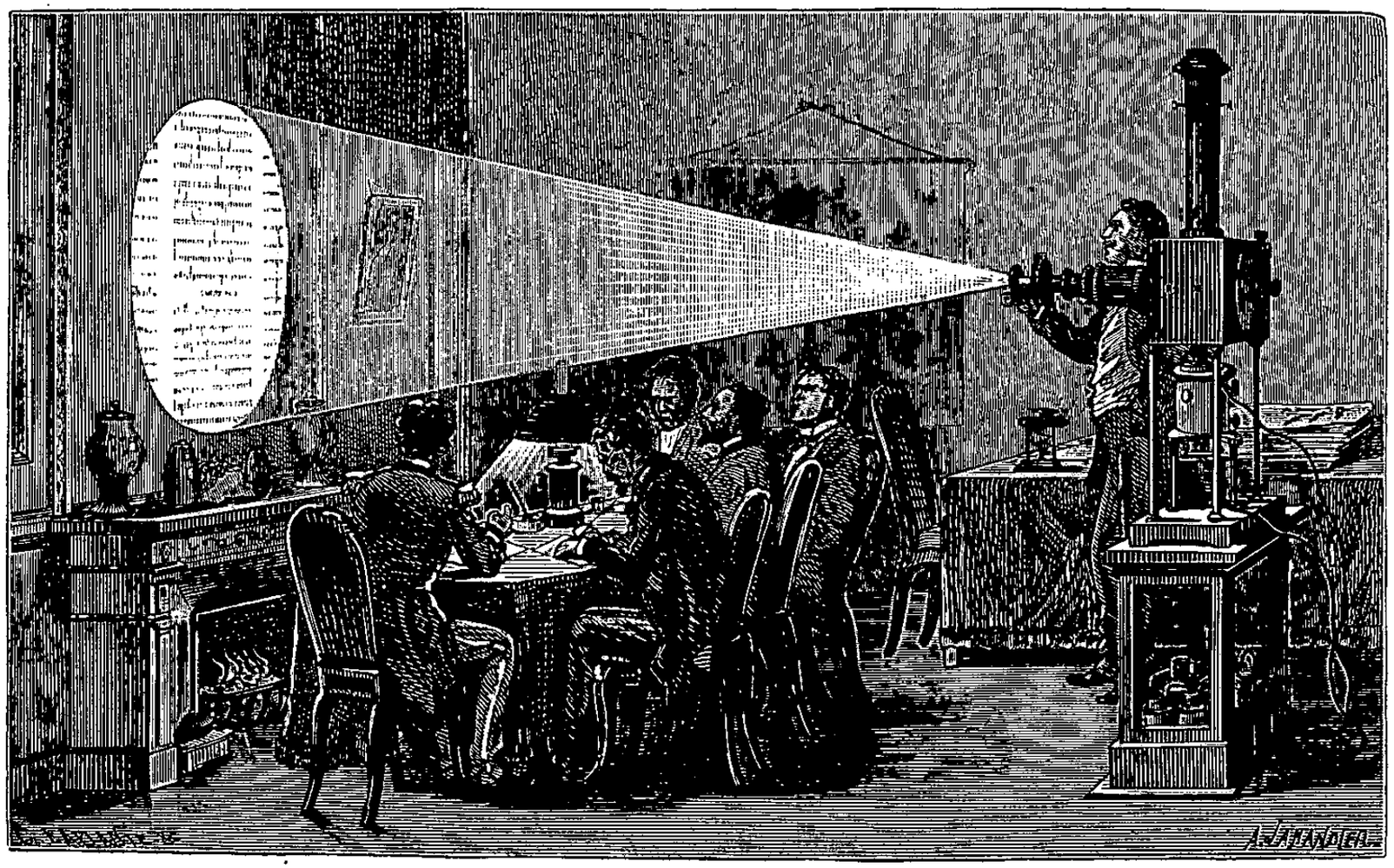


Fig. 61.

« M. A. Liebert, l'artiste si distingué et si connu, avait convié toute la presse, samedi dernier, dans son artistique et élégant hôtel de la rue de Londres, pour assister à des expériences de photographie au moyen de la lumière électrique. En disant expériences, le mot est mal choisi, ce ne sont plus des expériences, mais une application véritable et pratique de la lumière électrique à la photographie. Le soleil n'est plus indispensable; je crois même que M. Liebert l'a remercié complètement. Avec le nouveau système, à minuit comme à midi, la nuit comme le jour, l'atelier de pose peut être toujours ouvert et fonctionner régulièrement et sans interruption.

« M. A. Liebert obtient ces intéressants résultats au moyen d'une installation bien simple. Une demi-sphère de deux mètres de diamètre est suspendue au plafond, de manière à présenter sa cavité en face du sujet qu'il s'agit de photographier. Cette sphère porte deux charbons de lumière électrique dont un est fixe et l'autre est rendu mobile par un pas de vis adapté au porte-charbon qui le soutient. Les charbons sont rapprochés en faisant entre eux un angle droit. C'est en somme un régulateur ordinaire, avec cette seule différence qu'il n'y a pas de mécanisme, que les charbons se trouvent rapprochés à la main au fur et à mesure de leur usure. A chaque pose, il faut mettre les deux charbons au point. La durée de pose est si courte que la lumière ne peut venir à manquer pendant cet intervalle de temps.

« La nouveauté et la perfection du système consistent en ce que la lumière ne vient pas tomber directement sur le modèle. Cette lumière se trouve tout d'abord projetée sur un obturateur qui, à son tour, la renvoie sur les parois de la demi-sphère, qui sont d'une éblouissante blancheur, de telle manière que les rayons lumineux ainsi dispersés, ainsi divisés, viennent positivement inonder la personne dont l'image doit être reproduite. La clarté est superbe; le visage est doucement éclairé, sans duretés et sans ombres exagérées. Les yeux supportent le brillant de cette lumière sans aucune fatigue, sans avoir à souffrir de scintillements désagréables.

« Une douzaine de portraits ont été faits ainsi entre 11 heures et minuit, avec la plus grande facilité, et tous ont été admirablement réussis, au grand contentement des invités si gracieusement conviés par M. et Mme Liebert.

« La lumière électrique, ainsi employée, est produite par une machine de Gramme, qu'un moteur à gaz de quatre chevaux fait marcher à raison de 900 tours par minute. »

Expériences publiques de lumière électrique. — S'il faut en croire une réclamation de M. Deleuil faite au journal *les Mondes* le 26 novembre 1863, ce serait son père qui aurait fait le premier l'expérience en grand de la lumière électrique, et cela en 1841, quai Conti, n° 7. Il employait pour cela une pile de Bunsen de 100 éléments, et produisait la lumière entre deux charbons au sein d'un ballon dans lequel le vide était fait. Parmi les savants qui assistèrent à cette expérience, se trouvait M. Cagnard de la Tour, qui put lire, du terre-plein de la statue de Henri IV, une étiquette dans le fond de son chapeau. Une autre expérience fut faite en 1842, par M. Deleuil père, sur la place de la Concorde. Néanmoins, c'est M. Archereau qui, dans l'origine, a le plus contribué à vulgariser la lumière électrique, et je me rappellerai toujours que les expériences qu'il faisait tous les soirs, soit rue Rougemont, soit boulevard Bonne-Nouvelle, soit rue Basse-du-Rempart, ont fixé mon goût pour la science électrique. C'est donc à ce brave pionnier de la science que je dois de m'être lancé dans la carrière que j'ai suivie sans discontinuité depuis lors.

Depuis ces premières expériences publiques, les essais se sont multipliés; on en a fait de très-intéressantes au moment de l'anniversaire de l'indépendance du Brésil, à Rio-Janeiro; on en a fait souvent à Londres, et on a éclairé pendant deux mois l'avenue de l'Impératrice au moyen de 2 lampes Lacassagne et Thiers montées sur l'arc de triomphe de l'Étoile. On a fait encore de merveilleuses expériences à Boston, en 1863, pour célébrer les victoires des armées fédérales (voir le détail de ces fêtes dans les *Mondes*, t. II, p. 165); on en a fait également de splendides, et c'était M. Serrin qui les dirigeait, lors du bal donné à Paris à l'Empereur de Russie; enfin on en a fait pendant longtemps au Carrousel, au bois de Boulogne, au lac des Patineurs et dans une foule de cas où l'on venait admirer cette lumière comme un feu d'artifice.

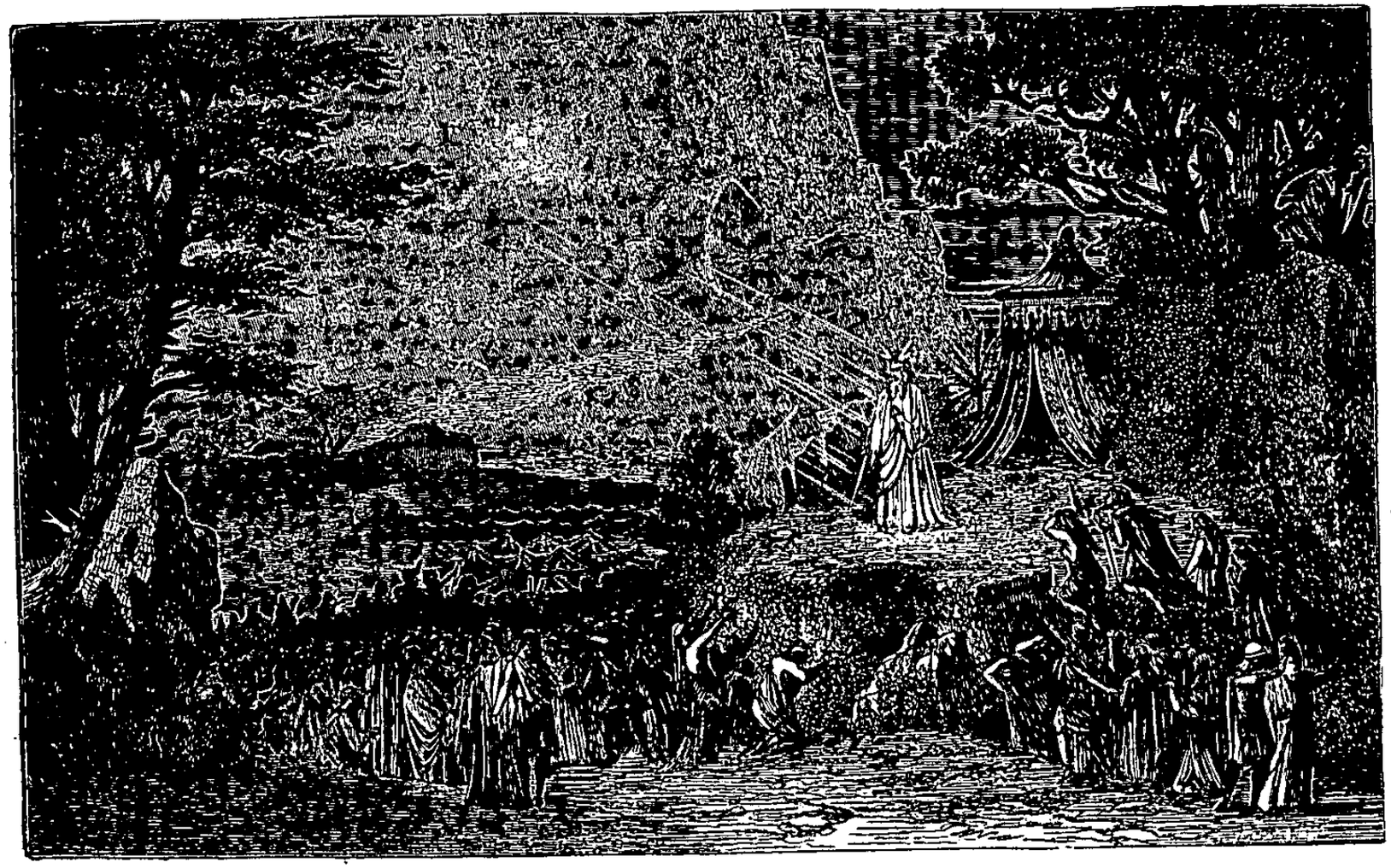


Fig. 65.

Nous sommes aujourd'hui blasés, et nous sommes tellement familiarisés avec tous ces effets, que nous n'y prêtons plus qu'une médiocre attention. C'est encore au théâtre où cette lumière produit tout son effet, et depuis la pièce des *Pommes de terre malades*, où elle apparut pour la première fois sur le théâtre en France, jusqu'aux opéras du *Prophète*, de *Faust*, d'*Hamlet*, et aux ballets de la *Filleule des fées*, de la *Source*, etc., on a pu comprendre quelles admirables ressources cette lumière mettait entre les mains du décorateur.

Application de la lumière électrique aux représentations théâtrales. — Les effets les plus remarquables de lumière électrique qu'on ait produits au théâtre ont été combinés par M. J. Duboscq. Il a organisé pour cela, au nouvel Opéra, toute une salle où sont disposés les piles et engins nécessaires. Sans nous arrêter à l'effet de soleil levant du *Prophète* que tout le monde a admiré dans l'origine, et qui n'était que le résultat d'un mouvement ascensionnel donné au régulateur où se produisait la lumière, mouvement habilement dissimulé par de nombreuses toiles décoratives plus ou moins transparentes et découpées ; sans parler encore de l'application de l'arc voltaïque à la projection d'une vive lumière sur certains points de la scène pour faire ressortir splendidement des sujets de décoration, des groupes, comme on le voit fig. 65, qui représente un décor de l'opéra de *Moïse*, etc., nous pouvons dire que ses rayons intenses ont servi à reproduire sur la scène certains phénomènes physiques sous leur aspect tout à fait naturel, tels que les arcs-en-ciel, les éclairs, les clairs de lune, etc. Cette source lumineuse est également la seule qui ait été assez intense pour produire sur la vaste scène de l'Opéra ces effets de lumière, ces apparitions fantasmagoriques qui impressionnent le public, etc.

Suivant M. Saint-Edme, auquel nous empruntons ces

détails, l'arc-en-ciel a été obtenu à l'Opéra pour la première fois par M. J. Duboscq, en 1860, dans la reprise de *Moïse*. On sait quel est le motif de l'apparition de cet arc dans le premier acte de cet opéra. Dans le principe, on éclairait simplement au moyen de lampions à huile de gros calibre des bandes de papier coloré qui étaient fixées sur la toile figurant le ciel de Memphis. Plus tard vint la lumière électrique, mais il n'y eut que le mode d'éclairage de changé, et ce n'est qu'après bien des essais tentés par M. Duboscq que l'on put obtenir un véritable arc-en-ciel, et voici comment il y est parvenu :

« L'appareil électrique dont l'arc est alimenté par une pile de 100 éléments de Bunsen, dit M. Saint-Edme, est placé sur un échafaudage de hauteur convenable à 5 mètres du rideau, et perpendiculairement à la toile qui figure le ciel sur lequel l'arc-en-ciel doit apparaître. Tout le système optique est adapté et fixé à l'intérieur d'une caisse noircie qui ne diffuse aucune lumière à l'extérieur. Les premières lentilles donnent un faisceau parallèle qui passe ensuite par un écran découpé en forme d'arc. Ce faisceau est reçu par une lentille bi-convexe à très-court foyer, dont le double rôle est d'augmenter la courbure de l'image et de lui donner une extension plus considérable. C'est au sortir de cette dernière lentille que les rayons lumineux traversent le prisme qui doit les décomposer et par suite engendrer l'arc-en-ciel. La position du prisme n'est pas indifférente : il faut que son sommet soit en haut par rapport au faisceau incident, sans quoi les couleurs de l'arc ne s'étaleraient pas sur l'écran récepteur dans l'ordre où elles apparaissent dans les arcs-en-ciel. Grâce à ce système, l'arc-en-ciel paraît lumineux même quand la scène reste en pleine lumière, et c'est l'aspect qu'il présente que nous avons essayé de reproduire dans la fig. 66.

« Imiter les bruits du tonnerre au théâtre n'est pas chose difficile ; les magasins d'accessoires possèdent tous un *tam-tam* et une plaque de tôle élastique destinée à cet effet ; mais ce qui n'est pas aussi aisé, c'est de lancer sur la scène des *éclairs* à peu près vraisemblables. Dans le principe, pour simuler le phénomène, on éclairait par derrière, à l'aide d'une flamme colorée en rouge, la toile du fond dans laquelle était pratiquée une

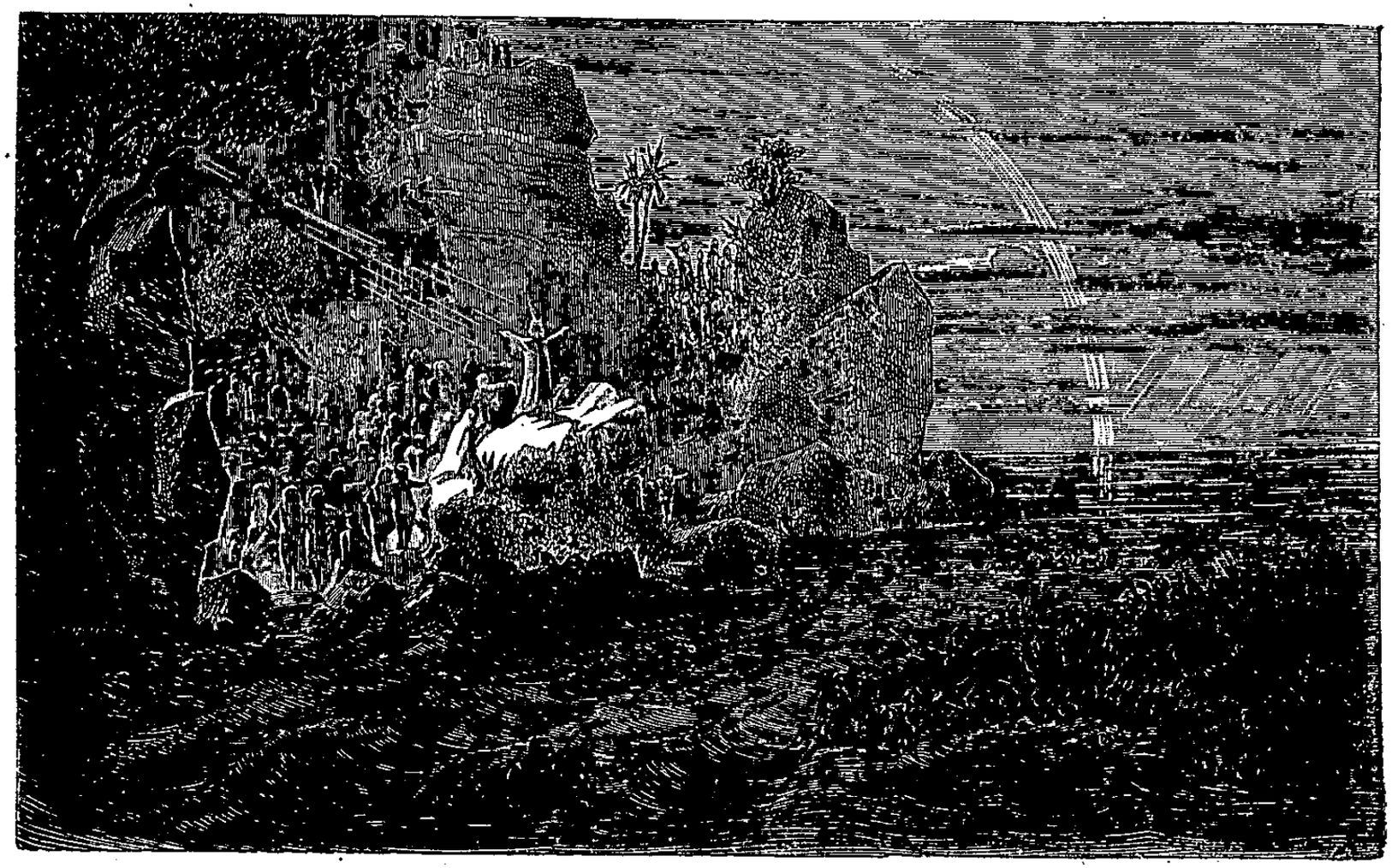


Fig. 66.

fente étroite et sineuse ; l'art de la mise en scène progressant, grâce à la science, il a fallu mieux faire, et on a choisi bien entendu comme source lumineuse l'arc voltaïque dont l'origine est identique à celle de la foudre. Mais ce qu'il fallait trouver de plus, c'était une disposition optique qui permît d'émettre et d'éteindre, à des intervalles rapides, le faisceau lumineux tout en lui imprimant le mouvement en zigzags caractéristiques de l'éclair, et pour cela, M. J. Duboscq a eu recours à une sorte de *miroir magique* au devant duquel était placé un excitateur de lumière électrique. Ce miroir était concave et le point lumineux correspondait à son foyer. Le charbon supérieur de l'excitateur était fixe, mais le charbon inférieur pouvait recevoir, à un moment donné, un effet de recul qui allumait l'appareil. Cet effet pouvait même être effectué au moyen d'une attraction électromagnétique ; et comme le miroir était tenu à la main, on pouvait en l'agitant et en faisant réagir un commutateur, obtenir des émissions de courants dans différents sens qui pouvaient simuler les zigzags des éclairs et leur apparition instantanée. »

L'application de la fontaine de Colladon, éclairée par la lumière électrique, pouvait aussi donner lieu, par suite de l'éclairement complet de la veine liquide et des différentes couleurs qu'elle peut prendre, à des effets bien curieux, et la fig. 67 montre une fontaine à plusieurs jets illuminée de cette manière. Mais des différentes apparitions fantastiques obtenues par l'application des moyens physiques à la scène, celle des spectres apparaissant instantanément au milieu du théâtre et se mêlant aux acteurs déjà en scène, ont produit le plus de sensation. On doit se rappeler encore des fameuses apparitions dans la piéce du *Secret de Miss Aurore* qui ont fait courir, en 1863, tant de monde au théâtre du Châtelet; et les représentations de MM. Robin et Cleverman ne sont pas si éloignées de nous, que l'on ne se souvienne des profondes impressions que produisaient les spectres qu'ils évoquaient et avec lesquels ils se débattaient.

Tout le secret de cette mise en scène consistait dans une glace sans tain placée sur la scène en arrière des

acteurs, et qui étant inclinée à 45° par rapport au plan de la scène, recevait l'image de spectres vivants fortement éclairés par la lumière électrique, lesquels étaient placés dans un trou pratiqué sur le devant de la scène. Cette image étant réfléchie par l'une des faces de la glace, était perçue de tous côtés sans empêcher de distinguer

Fig. 67.

les objets, acteurs ou décors placés de l'autre côté de la glace, et le secret pour bien réussir était de bien combiner la position des spectres de manière que leur image put paraître exactement verticale et en contact avec le plancher du théâtre ; il fallait aussi que les mouvements des spectres fussent calculés de manière à se combiner

avec ceux des acteurs sur la scène. En ouvrant, puis refermant l'appareil éclairant au moyen d'un obturateur mobile, on pouvait déterminer pour les spectateurs, l'apparition ou l'évanouissement de l'image spectrale.

Conclusion. — Nous voici arrivé à la fin de notre travail dont nous avons dû supprimer les détails techniques, en raison du but que nous nous sommes proposé en le publiant; mais ce sont précisément ces détails techniques qui sont les plus intéressants à connaître pour ceux qui veulent s'occuper sérieusement de la question de l'éclairage électrique, et nous engagerons ceux de nos lecteurs que cette question intéresse, à consulter les ouvrages suivants:

1° Le rapport de *Trinity-House* et les correspondances qui s'y rapportent, brochure traduite en français par M. J. Boistel, 11, rue de Châteaudun.

2° Une notice intitulée: *Des récents perfectionnements apportés aux appareils dynamo-électriques* par MM. Higgs et Brittle.

3° Une notice publiée par M. Shoolbred sur l'état présent de la lumière électrique.

4° Les rapports du Comité de l'Institut de Francklin sur les machines dynamo-électriques, dans le journal de cet institut.

5° Le volume de M. H. Fontaine sur l'éclairage à l'électricité.

Comme on peut le comprendre d'après les progrès rapides qu'il a accomplis dans ces derniers temps, l'éclairage électrique pourra bien être appliqué d'ici à peu d'années; mais nous ne croyons pas pour cela que la production du gaz en soit atteinte, et nous croyons qu'autant il serait imprudent de spéculer sur la prospérité future de cette industrie, autant il serait déraisonnable de se dessaisir à bas prix des valeurs qui s'y rattachent. La sagesse pour les détenteurs des actions du

gaz est d'attendre et d'assister sans crainte à cette transformation de l'éclairage qui ne sera jamais assez complète pour qu'il ne reste pas une très large part à l'ancien mode d'éclairage. Il faut toujours se rappeler que les progrès en industrie ne font généralement que changer le mode d'utilisation des produits, mais ils ne les détruisent pas, et les exigences du public en font augmenter la consommation dans les cas où ils doivent être employés. D'ailleurs nous n'en sommes pas là, et nous voyons déjà une tendance à la réaction contre le premier enthousiasme qu'avait fait naître l'illumination de l'avenue de l'Opéra. Nous lisons en effet dans le *Telegraphic Journal* du 15 février 1879, que la question est beaucoup plus complexe qu'on ne l'avait pensé tout d'abord, et que les avantages de la lumière électrique sont moins sérieux qu'on l'avait cru. Ainsi on prétend que cette lumière donne aux figures un aspect cadavérique, qu'elle vicie l'air non seulement par l'ozone, mais encore par la formation d'acide carbonique et nitrique qu'elle produit, et que ses rayons peuvent être dangereux pour la vue. On soutient que ne pouvant être divisée dans des conditions avantageuses, son prix de revient est infiniment trop cher. Il parait aussi que les bougies Jablochkoff installées à Billingsgate Market et Westgate On-Sea n'ayant pas fourni les bons résultats qu'on en attendait[1], ont

[1] A la dernière de ces stations, six lampes Jablochkoff étaient disposées en face de la mer et à 80 pieds l'une de l'autre; chacune contenait 4 bougies. Le courant était alimenté par une machine Gramme à 6 lumières actionnée par 10 chevaux de force, et il était divisé en deux circuits dans chacun desquels étaient interposées 3 bougies; deux surveillants étaient nécessaires pour la marche de ces appareils. Les expériences commencèrent le 2 décembre et continuèrent pendant 24 nuits, et cela pendant 4 heures chaque nuit, donnant, ainsi, un total de 96 heures. On constata que les bougies s'étaient éteintes 8 fois, et quand cet effet se produisait, toutes les bougies du même circuit s'éteignaient à la fois. La dépense pendant les 24 jours se monta à 40 livres 9 schelings et 4 d. tout compris, et chaque lampe ne donnait qu'une lumière de 197 candles; par conséquent le pouvoir

donné beau jeu, en Angleterre, aux détracteurs de la lumière électrique, qui se sont encore trouvés encouragés par les annonces pompeuses mais non réalisées de M. Edison. En définitive, on croit en ce moment en Angleterre que la lumière électrique ne peut être employée industriellement que dans les cas ou le gaz ferait défaut.

Sans partager les idées qui précèdent et qui nous paraissent exagérées, idées qui ont probablement été suggérées par les détenteurs des actions des compagnies de gaz, nous croyons que la question n'est encore qu'à son début, et il nous paraît bien difficile qu'elle en reste là. M. Schwendler a montré d'ailleurs que pour un seul bec de lumière électrique fournie par une lampe Serrin, l'éclairage sur une place de grandeur illimitée était 50 fois meilleur marché que la lumière du gaz, et avec un pareil, chiffre, on peut croire qu'il sera possible, avec quelques sacrifices, d'obtenir dans des conditions encore assez bonnes la division de cette lumière.

En résumé l'éclairage électrique n'est en ce moment économique, par rapport à l'éclairage au gaz, que dans les cas où la lumière peut être appliquée en foyers uniques et puissants; quand on est obligé de la diviser, l'éclairage au gaz est moins dispendieux, et la différence est d'autant plus accentuée que le nombre de lampes est plus considérable et que le circuit est plus divisé. Suivant M. Preece, l'affaiblissement de l'intensité lumineuse, par suite de cette division, serait proportionnelle au carré du nombre des lampes quand elles sont introduites dans

lumineux des six bougies représentait 1182 candles. Pour produire cette même intensité lumineuse avec le gaz (brûlant 5 pieds cubes par heure et par bec), il n'aurait fallu que 16 livres 15 schelings, 4 p. au prix du gaz de Westgate, et seulement 7 livres 18 schelings 9 p. au prix du gaz de Londres. D'après ces chiffres, la dépense des 6 lumières électriques pour une année serait de 1576 livres ou à peu près un scheling 2 d. 1/2 par bec et par heure, tout compris, ce qui fait que la lumière Jablochkoff serait 3 ou 4 fois plus chère que la lumière du gaz au prix de Londres.

le même circuit, et au cube de ce nombre quand elles sont introduites dans des dérivations particulières de résistance égale. Cet effet tient sans doute à ce que l'intensité lumineuse croît, à partir d'un certain degré de température, dans un rapport beaucoup plus rapide que la chaleur développée, et s'il faut en croire M. Preece, la lumière électrique, émise par un fil de platine chauffé à 2600°, serait quarante fois plus considérable que celle produite par ce même fil à 1900° (voir la note C). Il résulte de tout ceci que les recherches ultérieures pour la lumière divisée devront tendre à concentrer sur un point de chaque foyer la plus grande chaleur possible. Le problème n'est pas insoluble, mais il demande encore bien des recherches. Quant à la division de la lumière elle-même, on peut considérer le problème comme à peu près résolu, soit par les systèmes à arcs voltaïques au moyen des machines à division, soit par les systèmes à incandescence. La question est donc réduite aujourd'hui à une question de prix de revient qu'il faut chercher à abaisser le plus possible.

NOTES ET APPENDICES

NOTE A.

SUR LES RÉACTIONS D'INDUCTION PRODUITES DANS LES NOUVELLES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Généralement on ne se rend pas un compte exact des effets d'induction qui résultent des mouvements de l'inducteur et de l'induit, l'un par rapport à l'autre, et à cause de cela on a émis des théories très inexactes sur plusieurs machines dynamo-électriques qui ont été récemment imaginées. Voici une série d'expériences qui pourront fixer les idées à cet égard.

Supposons que sur un fort aimant droit on enroule quelques tours d'un fil isolé, dont les extrémités sont mises en communication avec un galvanomètre éloigné, et que l'hélice ainsi constituée soit assez mobile pour qu'on puisse lui faire prendre facilement différentes positions sur l'aimant. Si cette hélice est placée au pôle sud de l'aimant, et qu'on approche de ce pôle une armature de fer doux, on obtiendra immédiatement un courant dont le sens correspondra à celui d'un courant d'aimantation et qui proviendra de l'accroissement d'énergie magnétique communiqué au barreau par la présence de l'armature. Ce courant fournira une déviation de 12° à droite et, en éloignant l'armature, on aura une seconde déviation de 12° à gauche. Conséquemment, dans les expériences qui vont suivre, une déviation à droite représentera des courants *inverses* et, une déviation à gauche, des courants *directs*[1]. Or examinons

[1] On devra remarquer que le sens des courants dus à la surexcitation magnétique ou à son affaiblissement, sont toujours dans le même sens, qu'ils soient provoqués à l'un ou l'autre des pôles de l'aimant, ou sur les deux à la fois, et quelle que soit la position de l'hélice sur l'aimant. Seulement les courants produits seront d'autant plus éner-

maintenant ce qui va résulter de divers mouvements que l'on fera accomplir à l'hélice si on la dirige des pôles vers la ligne neutre de l'aimant et de la ligne neutre vers les pôles. Voici ce que l'on observera :

1° Quand on ramènera l'hélice du pôle sud vers la ligne neutre, on obtiendra une déviation à droite de 22° et, par conséquent, un courant *inverse* ou d'aimantation.

2° En effectuant le mouvement inverse, un nouveau courant sera produit, et déterminera une déviation de 25° vers la gauche, et, par conséquent, le courant sera *direct*.

3° Si, au lieu de ramener l'hélice de la ligne neutre vers le pôle sud, on continue le premier mouvement en conduisant l'hélice de la ligne neutre vers le pôle nord, on obtiendra un courant de sens contraire à celui qu'on avait obtenu dans la première moitié du parcours et, si l'on arrête l'hélice à moitié chemin, on obtiendra une déviation de 12° à gauche.

4° En ramenant l'hélice de cette dernière position vers la ligne neutre, on obtiendra une nouvelle déviation à droite de 10°.

Il résulte de ces expériences que les courants induits, produits par les mouvements de l'hélice le long d'un aimant, se comportent comme si la ligne neutre représentait une *résul-*

giques que l'excitation se fera plus près de l'hélice. Ainsi en plaçant l'hélice, au milieu de l'aimant, sur la ligne neutre, le courant de surexcitation résultant du rapprochement d'une armature de fer de l'un ou l'autre des deux pôles sera inverse et de 2 degrés, et celui qui résultera de l'enlèvement de l'armature sera direct et de même intensité. En réagissant à la fois sur les deux pôles, et cela en développant l'armature, ces courants se manifesteront dans le même sens et atteindront une intensité représentée par 7 degrés. Si l'hélice est placée à l'un des pôles, au pôle sud, par exemple, les courants de surexcitation et d'affaiblissement seront de 10 à 12 degrés quand on approchera ou on éloignera l'armature du pôle sud, mais ils ne seront que de 1/2 degré quand on réagira sur le pôle nord, et seulement de 9 degrés quand on fera réagir l'armature sur les deux pôles à la fois.

En plaçant l'hélice dans le voisinage du pôle nord à mi-distance de ce pôle et de la ligne neutre, on aura encore un courant inverse quand on approchera des pôles l'armature, mais il ne sera plus que de 5 degrés quand on réagira sur le pôle nord, et seulement de 2 degrés quand on actionnera le pôle sud. Il deviendra de 9 degrés quand l'armature réagira sur les deux pôles à la fois, et les effets seront naturellement inverses quand on éloignera l'armature au lieu de la rapprocher.

tante de toutes les actions magnétiques du barreau. Si cette résultante était représentée par une ligne selon laquelle passerait le courant magnétique tout entier, il résulterait du rapprochement de l'hélice mobile de cette ligne, un courant qui, d'après la loi de Lenz, devrait être *inverse*, et c'est, en effet, ce qui a lieu, puisqu'en ramenant l'hélice du pôle sud ou du pôle nord vers la ligne neutre, on obtient des déviations à droite. D'un autre côté, il devrait résulter toujours de la même loi, qu'en éloignant l'hélice mobile de cette même ligne, on devrait obtenir des courants *directs*, et c'est ce que l'on observe, puisque les déviations sont à gauche.

On comprend donc, d'après ces considérations, qu'une petite hélice mobile autour d'un anneau aimanté, partant de la ligne neutre de l'un des deux aimants semi-circulaires qui le composent, pour se diriger vers l'inducteur qui polarise l'anneau, doit fournir un courant *direct*, et c'est, en effet, ce que l'on observe dans la machine Gramme.

Examinons maintenant ce qui résulte du passage de l'hélice, dont nous venons de parler, devant le pôle inducteur lui-même, qui sera, je suppose, le pôle sud de l'aimant précédent; mais, cette fois, au lieu de prendre la petite hélice, dont nous avons parlé en commençant, nous prendrons une véritable bobine, peu épaisse et capable de glisser sur une longue tige de fer, lui servant de noyau magnétique. Pour savoir à quoi nous en tenir sur le sens des courants que nous observerons, nous commencerons par examiner le sens du courant qui naîtra quand nous approcherons de ce pôle sud de l'aimant inducteur la petite bobine que nous présenterons par son bout antérieur, c'est-à-dire par le bout qui, dans les expériences qui vont suivre, marche en avant. Dans ces conditions, nous obtiendrons une déviation à droite de 25°, et quand nous éloignerons l'hélice, on obtiendra une déviation de 22° à gauche. Comme cette expérience est la reproduction de celle de Faraday, que tout le monde connaît, nous saurons que les déviations à droite représenteront des courants *inverses* et que les déviations à gauche représenteront des courants *directs*.

Or, si nous prenons la bobine en question et que nous la fassions passer de droite à gauche et *tangentiellement* devant le pôle sud de l'inducteur, en ayant soin de produire ce mouvement en deux fois, nous observerons :

1° Que dans la première moitié du parcours, il se développera un courant qui déterminera une déviation galvanomé-

trique de 8° à gauche et, dans la seconde moitié, un autre courant dans le même sens de 5°.

2° Qu'en effectuant le mouvement en sens contraire, les courants seront produits dans un sens inverse.

On peut donc en conclure que les *courants résultant du mouvement tangentiel d'une hélice devant un pôle magnétique*, s'effectuent dans des conditions tout à fait différentes de celles qui résultent d'un mouvement effectué dans le sens de l'axe de l'aimant. Ces deux mouvements se produisent, en effet, non seulement selon deux directions perpendiculaires, mais encore dans des conditions différentes par rapport à la manière dont s'effectue l'induction dans les diverses parties de l'hélice. Dans le cas du mouvement tangentiel, l'induction ne se fait que sur une moitié de la circonférence des spires, et elle agit des deux côtés sur un bout différent de l'hélice. Dans l'autre cas, il n'en est pas ainsi : les positions relatives des différentes parties de l'hélice restent dans les mêmes conditions par rapport au pôle inducteur, et il n'y a que la position de la résultante par rapport au sens du mouvement qui varie.

Il restait à savoir ce qui se produit quand la bobine, effectuant les mouvements dont il vient d'être question, est soumise à l'action d'un noyau magnétique, influencé par l'inducteur, et, dans ce cas, il suffit de faire promener la bobine sur la longue tige de fer dont nous avons parlé, en exposant celle-ci à l'action du pôle inducteur. En procédant ainsi on observe les effets suivants :

1° Au premier moment, quand on approche la tige de fer du pôle inducteur, mais à une distance suffisante pour permettre à la bobine de circuler entre elle et ce pôle, il se produit dans la bobine, placée de côté, un courant induit qui résulte de l'aimantation de la tige et qui donne une déviation de 39° à droite. Les déviations de ce côté correspondent donc aux courants *inverses*.

2° Quand la bobine, placée comme dans la première série d'expériences, est mise en mouvement de droite à gauche, elle engendre, au moment où elle arrive vers le pôle inducteur, un courant de 22° à gauche, qui est, par conséquent, un courant *direct* et, en continuant le mouvement au delà du pôle inducteur, on obtient un nouveau courant de même sens de 30° à gauche.

Les effets produits par le passage de la bobine devant l'inducteur sont donc de même sens avec ou sans tige de fer, mais

beaucoup plus énergiques avec la tige de fer.[1] On peut donc dire que les courants engendrés par suite du déplacement des hélices d'un anneau Gramme, par rapport aux deux résultantes correspondant aux deux lignes neutres, sont de même sens que ceux provoqués par le passage des spires des hélices devant les pôles inducteurs dans chaque moitié de l'anneau.

Pour étudier les effets résultant des *interversions polaires*; on peut disposer l'expérience de la manière suivante : on prend la tige de fer, munie de la bobine d'induction dont il a été parlé précédemment, et l'on fait glisser sur l'une de ses extrémités, perpendiculairement à son axe, un aimant permanent. De cette manière, la tige subit des interversions successives de

[1] Les effets produits dans cette expérience méritent de fixer l'attention, car ils démontrent que les réactions magnétiques sont moins simples qu'on le croit généralement. En effet les résultats que nous venons de signaler ne peuvent être constatés qu'autant que la bobine mobile est placée sur la partie médiane de la tige de fer influencée, depuis le pôle inducteur jusqu'à ses extrémités libres. Au delà de cette partie médiane, les courants produits sont de sens contraire, ce qui démontre que, dans ce cas, la tige de fer est devenue un véritable aimant régulièrement constitué. Naturellement si la tige est exposée au pôle inducteur par un de ses bouts, l'aimant n'a que deux pôles et une ligne neutre, mais si elle est exposée à cet inducteur par son milieu, elle forme un aimant à *point conséquent*, et elle a par conséquent deux lignes neutres. Toutefois, si la tige de fer au lieu d'être à distance du pôle inducteur est en contact avec lui, les effets sont tout à fait différents. Les courants produits par le mouvement de la bobine vers l'aimant sont toujours inverses, et ceux qui résultent de son éloignement sont directs, ce qui montre que la résultante des forces magnétiques est alors concentrée au pôle inducteur, qui joue alors le rôle de ligne neutre, comme si les deux pièces magnétiques n'en faisaient qu'une. Cet effet se produit toujours quelque soit le côté du pôle magnétique où est appliquée la tige de fer. Toutefois si, dans ces conditions, la tige est séparée de l'aimant par un corps isolant magnétique, les effets sans être exactement ceux que nous avons analysés lors du mouvement tangentiel de la bobine, s'en rapprochent un peu, et la différence tient à ce que les courants résultant du mouvement de l'hélice à l'égard de l'aimant, étant de sens contraire à ceux qui résultent de la magnétisation de la tige, donnent lieu à un courant différentiel assez faible qui montre que la dernière action est prépondérante. En revanche les courants produits à partir du milieu de la tige jusqu'au bout libre n'étant plus combattus par l'action directe de l'aimant, possédent toute leur énergie. (Voir mon mémoire sur ces sortes de réaction dans les comptes rendus du 24 février 1879.)

polarité, et l'on reconnaît non seulement qu'il se produit par ce seul fait un courant plus énergique que les courants d'aimantation et de désaimantation qui résultent de l'action d'un pôle de l'aimant, mais encore que ce courant n'est pas instantané et semble croître d'énergie jusqu'à ce que l'interversion des pôles soit complète. Le sens de ce courant varie suivant le sens du mouvement du barreau aimanté et, si on le compare à celui qui résulte de l'aimantation ou de la désaimantation du noyau magnétique sous l'influence de l'un ou de l'autre des pôles du barreau aimanté, on reconnaît qu'il est *exactement de même sens que le courant de désaimantation déterminé par le pôle qui a agi le premier*, il est, par conséquent, de même sens que le courant d'aimantation du second pôle, et comme, dans le mouvement accompli par l'aimant, le noyau magnétique se démagnétise, pour se réaimanter en sens contraire, les deux courants qui résultent de ces deux réactions consécutives se trouvent être de même sens et fournissent, par conséquent, un même courant pendant tout le mouvement de l'aimant. D'un autre côté, le mouvement en sens inverse de l'aimant ayant pour effet de provoquer, en commençant, une démagnétisation en sens contraire de celle opérée dans le premier cas, le courant qui résulte de ce mouvement rétrograde doit être de sens inverse au premier.

Si nous revenons maintenant aux effets produits par notre aimant, agissant sur nos hélices mobiles perpendiculairement à leur axe, on pourra comprendre, d'après ce qui précède, que le déplacement de la polarité magnétique du noyau, la plus directement surexcitée par l'aimant inducteur, ayant pour effet d'intervertir la polarité contraire de ce noyau en avant et en arrière des points successivement influencés, il devra en résulter que les différentes parties du noyau des hélices constitueront successivement une série d'aimants à pôles intervertis, analogues à ceux dont nous avons analysé précédemment les effets et qui pourront provoquer ces courants de même sens dont nous avons constaté la présence, lesquels courants changent de direction suivant que les hélices marchent de droite à gauche ou de gauche à droite.

Si l'on répète les expériences que nous avons rapportées au commencement de cette note, avec une tige de fer devenue aimant sous l'influence de deux pôles magnétiques contraires, adaptés à ses deux extrémités, on constate des effets particuliers qui ont un réel intérêt. Pour obtenir cet effet, j'emploie

une disposition électro-magnétique, semblable à celle que Faraday a employée pour l'étude du magnétisme sur la lumière. Mais, pour simplifier, je prends un électro-aimant dont les branches sont très longues, et dont l'une, étant dépourvue d'hélice magnétisante, peut recevoir la petite bobine voyageuse dont j'ai parlé plus haut. En faisant passer un courant énergique à travers cet électro-aimant et y adaptant une armature contre ses pôles, la branche nue devient un aimant dont les pôles sont excités d'un côté par la culasse de l'électro-aimant, de l'autre, par l'armature. Par conséquent, en promenant la bobine d'un bout à l'autre de cette branche nue, je devais obtenir les mêmes effets qu'avec mon aimant persistant. Toutefois, il n'en a pas été ainsi, et voici les résultats que j'ai obtenus :

1° Au moment où l'électro-aimant est devenu actif, un courant d'aimantation s'est produit dans le système, et la bobine étant placée contre la culasse, ce courant a fourni une déviation de 90° à droite.

2° En déplacant la bobine vers le milieu du barreau, on a eu une déviation à gauche de 5°, et en continuant le mouvement de l'autre côté, c'est-à-dire vers l'armature, la déviation, au lieu d'indiquer un courant de sens contraire, a montré un courant de 5° à gauche dans le même sens.

3° En effectuant le mouvement inverse, on a obtenu pour le trajet, depuis l'armature jusqu'au milieu de la tige, une déviation de 5° à droite et, pour le reste du trajet, depuis le milieu de la tige jusqu'à la culasse, une déviation de 4° dans le même sens.

Or il semblerait résulter de ces expériences que la tige de fer, au lieu d'être polarisée en sens inverse aux deux bouts, devait n'avoir que la polarité de la culasse, et si l'on considère que la seule différence entre les deux modes de communication des polarités résidait entièrement en ce que, d'un côté, la tige était vissée à la culasse, alors qu'elle n'était, de l'autre côté, qu'en simple adhérence avec l'armature, on pourrait conclure que le contact de deux corps magnétiques n'établit pas entre eux une conductibilité magnétique suffisante, pour équivaloir à un contact par forte pression ; c'est, du reste, ce qui a lieu pour la conductibilité électrique entre deux métaux en contact, laquelle n'est parfaite, au point de contact, que sous l'influence d'une forte pression.

Pour m'assurer de la vérité de cette explication j'ai fixé au

moyen de vis de fer l'armature sur les pôles de l'électro-aimant, et dans ces conditions les effets se sont produits comme si la tige constituait un véritable aimant.

En se pénétrant de ces divers principes, tous les effets produits dans les machines Gramme, Siemens et de Méritens s'expliquent très facilement, et je ne saurais trop insister pour que ceux qui s'occupent de machines d'induction répètent ces différentes expériences.

NOTE B.

NOUVEAU DYNAMOMÈTRE DE ROTATION POUR LA MESURE DE LA FORCE DÉPENSÉE PAR LES MACHINES A LUMIÈRE.

M. F. Morin vient de faire construire un dynamomètre de rotation qui permettra enfin de résoudre, d'une manière simple et rigoureuse, toutes les questions qui se rapportent au travail absorbé par les machines dynamo-électriques ou magnéto-électriques employées pour l'éclairage électrique ou dans les applications électro-chimiques.

Le principe du nouveau dynamomètre est fort simple : un plateau de fonte, monté sur un axe indépendant, supporte un système de ressorts destiné à recevoir l'effort transmis par la machine motrice. Cette transmission est produite par une courroie sans fin et une poulie, folle sur l'axe de l'instrument, mais qui entraîne le plateau par l'intermédiaire d'un ruban d'acier. Lorsque la machine est mise en mouvement, la tension de la courroie se transmet d'abord à ce ruban, qui agit directement sur le système des ressorts; le plateau est alors entraîné, et une deuxième poulie, montée à l'autre extrémité de l'axe de rotation, entraîne à son tour, au moyen d'une courroie, le récepteur quelconque, dont il s'agit de mesurer le travail. Un compteur fixé sur le bâti de l'appareil indique le nombre de tours que fait le plateau dans un temps déterminé.

Indiquons maintenant de quelle manière on observe l'effort transmis par la machine motrice. Une plaque d'acier qui comprime les ressorts du plateau, et à laquelle est fixé le ruban, porte une tige très courte terminée par un galet. Derrière le plateau, une douille en fer entoure l'arbre et sert d'attache à une pièce en forme de T renversé, dont la branche horizontale supporte une aiguille longue et large, mobile autour d'une des extrémités de cette branche. Sur la face antérieure de l'aiguille

est pratiquée une rainure formant plan incliné et dans laquelle le galet vient s'engager à frottement à chaque tour de plateau, faisant ainsi osciller l'aiguille de quantités proportionnelles aux efforts transmis. Enfin un limbe divisé permet de lire à l'extrémité de l'aiguille l'effort, exprimé en kilogrammes, qui s'exerce au point de tangence du ruban d'acier et du plateau.

Ce joint est à $0^m,478$ de l'axe de rotation ; la circonférence qu'il décrit est ainsi de $1^m,50$; il en résulte que chaque kilogramme d'effort observé correspond à $1^k,50$ de travail pour chaque tour de plateau.

Si, par exemple, on a trouvé 100 kilogrammes pour une vitesse de 200 tours par minute, on en conclut que le travail absorbé par le récepteur est, par seconde,

$$\frac{1^k,5 \times 100 \times 200}{60} = 500^k, \text{ soit } 6^{ch},66.$$

On peut d'ailleurs très facilement, si on le juge nécessaire, tenir compte de la petite quantité de travail absorbé par le dynamomètre lui-même. Mais l'erreur commise en négligeant cette correction, sera presque toujours négligeable dans la pratique.

Le grand avantage de cet appareil, c'est qu'il mesure le travail non seulement à un instant donné, mais pendant toute la durée de la marche, permettant ainsi d'apprécier les variations de travail que diverses causes peuvent produire, et c'est un point qui nous paraît avoir une importance considérable dans les recherches relatives aux applications de l'électricité. M. Trépied, membre adjoint du Bureau des longitudes, s'est occupé beaucoup de cet instrument et a pu en apprécier l'importance.

NOTE C.

CONSIDÉRATIONS SUR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE PAR M. PREECE.

Nous croyons devoir reproduire ici les passages suivants d'une communication de M. Preece, que nous trouvons dans le *Telegraphic journal* du 15 février 1879.

« La chaleur et la lumière, dit M. Preece, ont des caractères identiques, quoique à un degré différent, quand la matière solide se trouve élevée à une haute température. Dans ce cas, en effet, cette matière solide devient lumineuse, et la quantité

de lumière produite dépend de l'élévation de la température. C'est un fait curieux que tous les corps solides commencent à devenir lumineux à la même température, et cette température a été fixée à 980° par Daniell, à 947° par Wedgwood, et à 977° par Draper. On peut donc, d'après ces chiffres, dire approximativement qu'un corps commence à émettre une faible lumière à 1000 degrés ; toutefois l'intensité lumineuse augmente dans un rapport plus rapide que la température. Ainsi le platine à 2600° émet 40 fois plus de lumière qu'à 1900°. Il est à remarquer, d'ailleurs, que la lumière fournie par les corps élevés à l'incandescence passe par diverses phases spectrales, à mesure que la température augmente, ainsi que le font les rayons réfrangibles de la lumière. Ainsi, quand un corps est à la température :

de 250°, on peut l'appeler chaud.
de 500°, on peut l'appeler très chaud.
de 1000°, on peut dire qu'il donne les rayons rouges.
de 1200°, on peut dire qu'il donne les rayons orangés.
de 1300°, on pent dire qu'il donne les rayons jaunes.
de 1500°, on peut dire qu'il donne les rayons bleus.
de 1700°, on peut dire qu'il donne les rayons indigo.
de 2000°, on peut dire qu'il donne les rayons violets.

« Quand la température a dépassé 2000°, on peut dire qu'il fournit toutes les raies spectrales du soleil, et on a alors de la lumière blanche. D'après cela, on peut admettre que le spectroscope est capable de donner quelques indications sur la température des différentes lumières ; et c'est probablement parce que certaines lumières ne dépassent pas 1300° que nous ne percevons pas tous les rayons spectraux au delà du jaune.

« M. Tyndall a montré que les rayons visibles d'un fil incandescent sont, par rapport aux rayons invisibles, dans une proportion plus petite que dans l'arc voltaïque, et l'on admet généralement que, pour un même courant, l'arc donne au moins deux fois et demie plus de lumière qu'un fil incandescent. D'après M. Tyndall, les rayons visibles, par rapport aux rayons invisibles, seraient pour les différentes lumières comme les nombres suivants :

	Rayons visibles.	Rayons invisibles.
Lumière du gaz.	comme 1 est à	24
Lumière du fil incandescent. . . .	comme 1 est à	23
Lumière de l'arc.	comme 1 est à	9

« Ce qui est nécessaire pour une bonne lampe électrique, c'est d'abord une intensité brillante, en second lieu une grande fixité, en troisième lieu une certaine durée. La lampe Serrin est la plus importante au premier point de vue ; mais les lampes basées sur l'incandescence satisfont mieux au second désideratum, et la lampe de Wallace Farmer est la seule qui réalise la troisième condition. La lampe Rapieff pourrait satisfaire aux trois conditions requises ; mais, en réalité, aucune lampe jusqu'ici ne résout complètement la question.

« Les objections que l'on a faites contre la lumière électrique sont les suivantes :

1° Les ombres qu'elle donne sont trop prononcées ;

2° Les différents charbons jusqu'ici fabriqués pour cet usage donnent des sons désagréables, de grandes variations d'intensité et s'usent très vite ;

3° La distribution en est difficile à obtenir dans de bonnes conditions ; sa grande intensité est confinée dans un espace trop resserré, et elle ne se prête pas, comme la flamme du gaz, à une distribution sur un large espace ;

4° Les irrégularités résultant des variations de vitesse du moteur employé pour actionner la machine génératrice, sont considérables, et il s'y ajoute encore celles qui résultent des variations de l'arc voltaïque lui-même. Les expériences faites en Angleterre et en Amérique, ont montré, en effet, que la résistance de l'arc varie avec l'intensité du courant, ainsi que le montre le tableau suivant :

Courant en webers.	Intensité lumineuse en candles.	Résistance de l'arc en ohms.
10.	440	2.77
16.5	705	1.25
21.5	900	1.07
30.12	1230	0.54

« Une remarque assez curieuse que l'on a faite, est que la lumière ne croît comme le carré de l'intensité du courant, que quand elle est produite par l'incandescence ; avec l'arc, elle ne croît qu'à peu près proportionnellement au courant. Or, il résulte de ces deux effets qu'il devra exister un point où la lumière électrique, par l'incandescence et par l'arc, devra être la même ; mais pour qu'il en fut ainsi, il faudrait des conducteurs assez peu fusibles pour résister aux effets des courants les plus puissants, et l'irridium est le seul métal qui

pourrait produire cet effet. Or, l'irridium est trop rare et trop cher pour qu'on puisse l'employer à cet usage.

« Le système Gramme, à inducteur mobile, qui a été employé pour l'éclairage des quais de la Tamise, afin d'obtenir la division de la lumière, a démontré que pour produire le plus grand effet possible, il ne fallait employer qu'une machine et n'avoir seulement qu'une lumière. Nous avons reconnu par des calculs exacts qu'une machine de ce genre peut fournir une lumière de 14880 candles, et il est possible alors de produire 1254 candles par force de cheval; mais du moment où on veut multiplier le nombre des becs de lumière dans un même circuit, cette puissance lumineuse diminue dans une telle proportion, que chaque lampe des quais de la Tamise ne représente que 100 candles par force de cheval. D'un autre côté, la lumière d'une lampe Rapieff, dans l'office du *Times*, peut équivaloir à 600 candles, et celle d'une lampe Wallace représente 800 candles, et ces lampes sont au nombre de six; mais alors on n'a pas de division de la lumière, mais bien multiplication par la plus grande vitesse qu'on donne à la machine. On peut, du reste, démontrer facilement que dans un circuit où la force électro-motrice est constante, l'addition successive de lampes intercalées dans le même circuit fait varier la lumière qu'elles fournissent à peu près inversement au carré du nombre de ces lampes; mais quand on les introduit sur des dérivations de même résistance, la lumière qu'elles produisent varie à peu près comme le cube de leur nombre. La subdivision de la lumière par ce dernier moyen est donc condamnée par ses propres effets. Il faut d'ailleurs considérer que jusqu'à présent on n'a pu construire une machine capable d'allumer simultanément 20 lampes, que les conducteurs employés pour activer les lampes doivent être en cuivre, ce qui est très dispendieux, et que jusqu'à ce jour aucune lumière électrique n'a réuni les conditions nécessaires pour fournir une bonne lumière. »

Nous croyons cette conclusion un peu prématurée, et nous devons avouer que nous ne ommes pas complètement d'accord, sur ce point, avec le savant électricien anglais.

NOTE D.

SUR LE SYSTÈME DE LAMPE DE M. EDISON.

Le *Standard* du 10 février 1879 publie de la manière suivante le brevet étranger de M. Edison.

« Dans ce brevet sont indiqués les moyens de produire les courants générateurs de la lumière électrique par des vibrations communiquées à de longues et fortes tiges magnétiques, placées devant un système électro-magnétique d'induction. On peut même adapter à l'appareil, pour fournir des courants continus, un commutateur si besoin en est. Les tiges magnétiques peuvent, d'ailleurs, être remplacées par des électro-aimants agissant de la même manière.

« Les électro-foyers ou brûleurs sont constitués par des bandes, des tiges ou fils métalliques en platine, Iridium, Ruthénium, Rhodium, Osmium, Titanium, etc., ou en divers oxydes, tels que oxydes de titanium, de silicium, de Bore, etc. L'intensité de la lumière est régularisée par la dilatation des électro-foyers sous l'influence de la chaleur, et cette dilatation a pour effet de réagir sur un levier qui actionne un système rhéostatique, constitué par un fil métallique ou par un rhéostat de charbon dont la résistance varie avec le degré de la dilatation des électro-foyers. La dilatation des gaz, échauffés par les électro-foyers, peut aussi être mise à contribution pour cette régularisation. Des batteries secondaires donnant des courants continus sous l'influence d'un courant interrompu, peuvent être aussi employées. »

Le *Standard* ajoute : « Ce brevet, pratique ou non, montre l'ingéniosité ordinaire de M. Edison. » Quant à nous, nous ne pouvons partager cet avis, et nous ne pouvons voir dans ce brevet rien de nouveau. C'est une idée à l'état d'ébauche qui ne nous paraît pas devoir conduire à des résultats bien sérieux.

NOTE E.

SUR LA LAMPE DE M. DUCRETET ET AUTRES LAMPES.

Nous avons décrit p. 209 une lampe que M. Ducretet avait présentée à l'Académie des sciences et qui n'avait avec celles de MM. Reynier, Trouvé, Werdermann, etc. d'autre différence que le système de rapprochement du charbon incandescent,

qui s'effectuait sous l'influence d'une pression hydrostatique. Toutefois, le mercure employé pour cela produisait, en s'échauffant, des vapeurs qui pouvaient être dangereuses, et, pour les éviter, il a donné à sa lampe la disposition que nous représentons fig. 68. Dans ce nouveau modèle, le chapeau B à travers lequel passe le charbon incandescent C forme un couvercle.

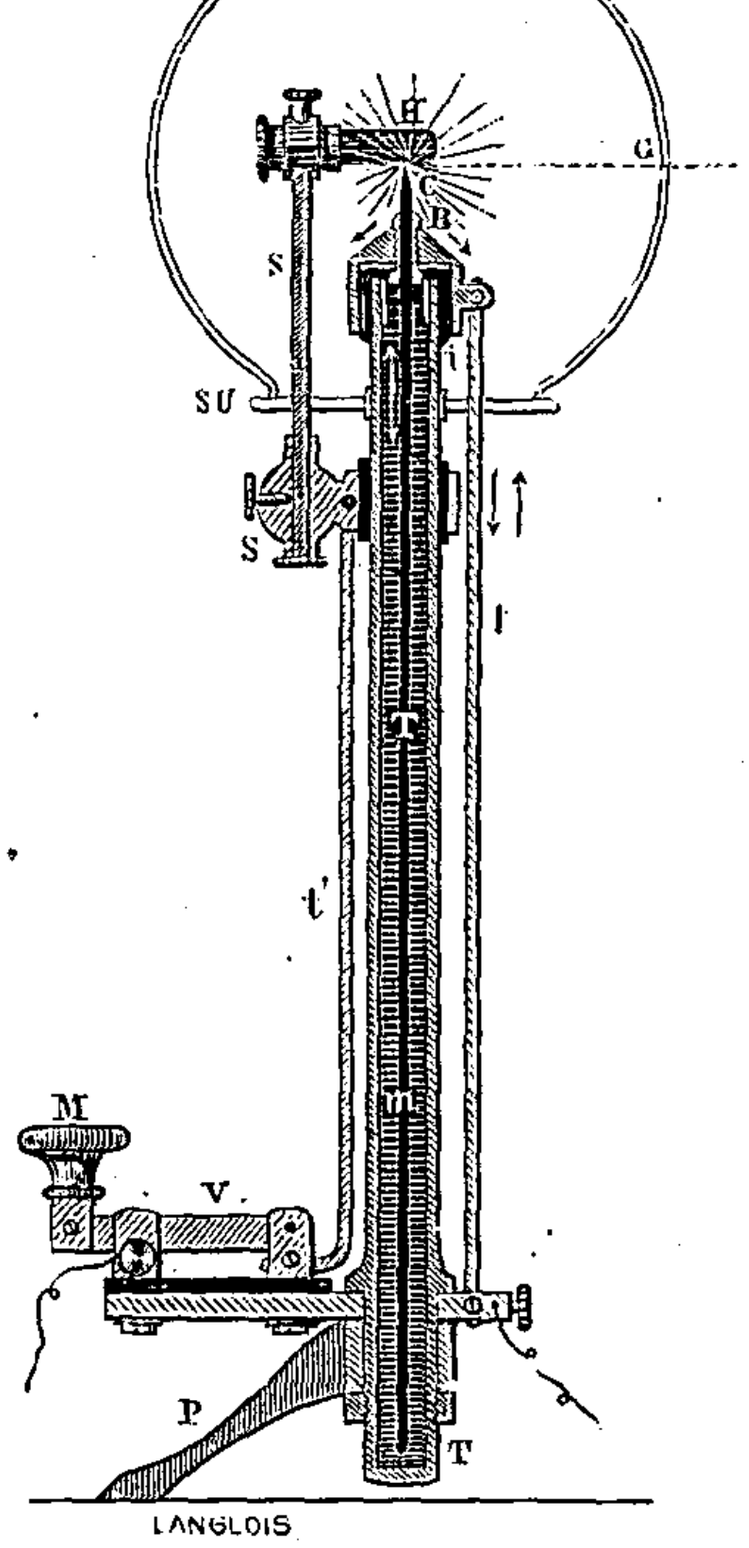


Fig. 68.

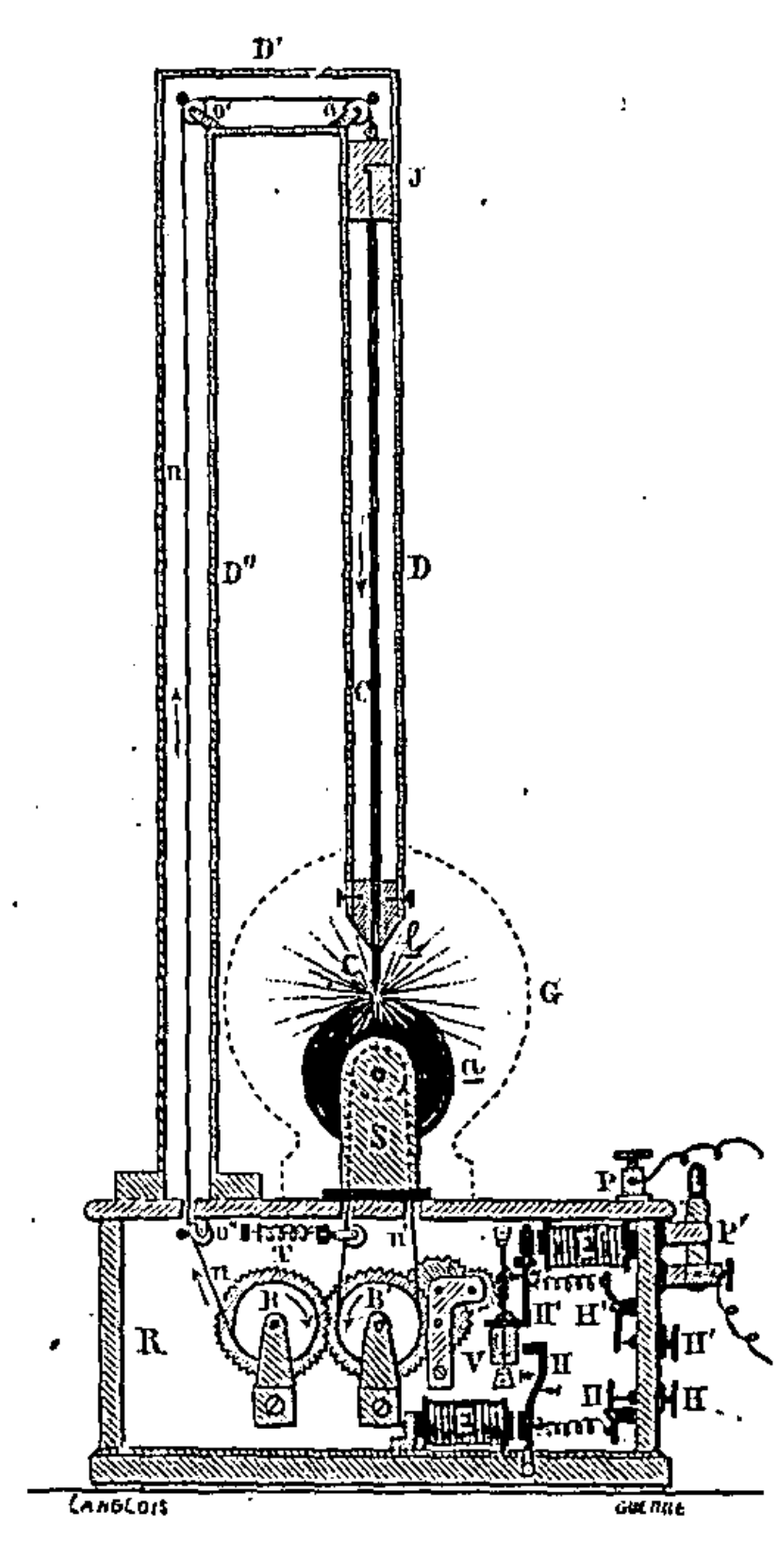


Fig. 69.

isolé du tube T au moyen d'un corps non conducteur de la chaleur, et il communique, au contraire, avec le bas de la lampe par une tige en cuivre *t*, très bonne conductrice de la chaleur. Il en résulte que l'échauffement du charbon est écartée du mercure et se perd par rayonnement sur toute la longueur de

la tige *t*. Cette tige sert en même temps de conducteur au courant.

M. Ducretet a encore établi un autre système de lampe, fondé sur le principe de celle de M. Harisson, dont nous avons parlé p. 189 et que nous représentons fig. 69. Elle produit, à ce qu'il parait, de bons effets.

Nous avons cru devoir aussi reproduire dans la figure 70 le dessin de la lampe mentionnée dans le brevet de M. S. A. Varley, pris en décembre 1876, et qui est décrit ainsi : « Une baguette de charbon T repose *mollement*, par suite de son poids et de sa monture, sur la périphérie d'un galet de charbon de cornue N, d'où *contact imparfait* et, par conséquent, incandescence et combustion de la baguette de charbon par son extrémité. » On remarquera qu'avec cette disposition où la la transmission du courant au charbon mobile n'est pas effectuée, par un contact glissant, à une très petite distance de la pointe, la lumière n'est produite qu'au point de contact avec le galet et ne peut être que très faible, tandis qu'avec le système Reynier où ce contact glissant existe, la partie du charbon comprise entre lui et le galet se trouve portée à l'incandescence.

M. Dubos a combiné dernièrement une nouvelle lampe électrique, très simple de construction, dans laquelle le point lumineux reste fixe sans mécanisme d'horlogerie. Il emploie pour cela deux charbons recourbés, de manière à constituer chacun une demi-circonférence. Ces charbons sont soutenus par deux bras articulés à un pivot qui occupe le centre de la circonférence formée par les deux charbons ; et une sorte de grenouillette, adaptée à ces porte-charbons et à une tige de fer enfoncée dans une hélice électro-magnétique, permet de les éloigner ou de les rapprocher, par leurs bouts opposés, suivant l'intensité plus ou moins grande du courant. Naturellement, l'arc se produit entre ces bouts opposés, et il s'y maintient comme dans les systèmes de Gaiffe, d'Archereau, etc.

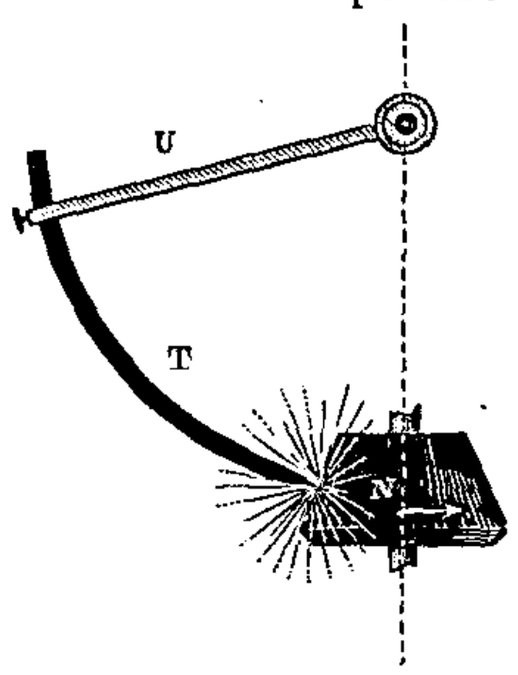


FIG. 70.

NOTE F.

SUR LA BOUGIE ÉLECTRIQUE DE M. JAMIN.

Tout dernièrement M. Jamin a combiné une bougie électrique dans le genre de celle de M. Wilde, dans laquelle le point lumineux est constamment maintenu à l'extrémité des charbons par la réaction sur l'arc voltaïque du courant lui-même, dont le conducteur passe au-dessus de cet arc et se replie quatre fois sur lui-même autour des charbons et suivant une figure rectangulaire. De plus, il place devant l'arc ainsi projeté un morceau de chaux qui en limite l'étendue et forme en même temps réflecteur, comme dans l'un des systèmes Rapieff. Les charbons, dont l'un des supports est articulé comme dans le système de M. Wilde, sont maintenus légèrement inclinés l'un sur l'autre, et ils s'allument et restent, dans les mêmes conditions d'écartement, sous l'influence des attractions latérales exercées par les parties du circuit métallique voisines des charbons. Le courant peut être en effet combiné dans ces parties du circuit de manière à marcher dans un même sens.

TABLE DES GRAVURES

1. Arc voltaïque et pile. 17
2. Projection de l'arc voltaïque. 19
3. Positions des charbons pour la lumière condensée. . . . 21
4. Pile de Bunsen 26
5. Batterie de Bunsen 30
6. Induction par le rapprochement d'un aimant. 41
7. Induction par le mouvement d'une bobine. 42
8. Machine de Clarke 45
9. Bobine de Siemens 53
10. Machine magnéto-électrique de Siemens. 53
11. Machine de l'Alliance 61
12. Figure théorique de cette machine 63
13. Machine de Wilde. 67
14. Machine de Ladd 71
15. Machine de Gramme. 74
16. Figure théorique de cette machine 76
17. Anneau de la machine Gramme. 80
18. Machine Siemens 81
19. Figure théorique de la machine de Méritens 84
20. Machine de Méritens 86
21. Détails de cette machine. 87
22. Machine de Wallace-Farmer 89
23. Détails de cette machine. 90
24. Machine de Brush. 91
25. Détails de cette machine. 92
26. Machine Lontin. 96
27. Machine à division de Lontin. 99
28. Machine à division de Gramme. 103
29. Détail de la machine Jablochkoff 105
30. Lumière avec des charbons d'inégale grosseur 146
31. Lampe Foucault et Duboscq 153
32. Détails de cette lampe. 155
33. Nouveau modèle de cette lampe 157
34. Lampe Serrin. 159
35. Lampe Siemens. 165

36. Lampe de Mersame 170
37. Lampe Bürgin 173
38. Lampe Gaiffe. 176
39. Lampe Carré. 178
40. Lampe Brush. 180
41. Lampe Rapieff 183
42. Lampe Konn 195
43. Lampe Reynier 199
44. Détail de cette lampe 201
45. Autre détail de cette lampe 201
46. Lampe Werdermann 204
47. Disposition en dérivation de ces lampes 205
48. Commutateurs de ces lampes 206
49. Lampe Trouvé 208
50. Lampe Ducretet. 209
51. Bougie Jablochkoff 212
52. Chandelier Jablochkoff. 214
53. Chandelier à commutation automatique 216
54. Lanterne pour bougies Jablochkoff 220
55. Bougie Wilde. 224
56. Intérieur d'un phare 249
57. Phare électrique 250
58. Projecteur Sautter et Lemonnier 256
59. Projecteur Siemens. 257
60. Locomobile avec machine Gramme 262
61. Lampe Dumas et Benoit 267
62. Éclairage des travaux de nuit 269
63. Projection avec la lumière électrique 277
64. Lecture des dépêches microscopiques 279
65. Éclairage des groupes scéniques. 283
66. Reproduction d'arcs-en ciel 287
67. Éclairage d'une fontaine par la lumière électrique. 290
68. Nouvelle lampe de M. Ducretet 308
69. Lampe dans le système Harisson 308
70. Lampe de M. S. A. Varley 309

FIN DE LA TABLE DES GRAVURES.

TABLE DES MATIÈRES

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Histoire sommaire de l'éclairage. 1

DÉFINITIONS IMPORTANTES.

Ce que c'est qu'un courant électrique, la force électro-motrice, la tension électrique, le potentiel électrique, l'intensité électrique, la résistance et la conductibilité électriques, les électrodes, et les effets de polarisation 5

CE QUE C'EST QUE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Comment elle se produit, sa nature et ses caractères. 12

ARC VOLTAÏQUE.

Ses caractères et ses propriétés. 16

GÉNÉRATEURS DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Leur division en deux grandes catégories. 25

GÉNÉRATEURS VOLTAÏQUES.

Considérations sur les piles. — Piles de Bunsen. — Constantes voltaïques. — Groupement des éléments en tension, en quantité, en séries. — Conditions de *maximum*. — Lois des courants voltaïques. — Dérivations. 25
Unités électriques 35
Mode de propagation de l'électricité. 37

GÉNÉRATEURS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES.

Ce que c'est que les courants induits. 40
Historique de la question. 41

Étude des différents modes de génération des courants induits. 47
Lois des courants induits. 49

DES DIFFÉRENTS GÉNÉRATEURS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES DE LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Exposé de la question. 57
Machines de l'Alliance 58
Machines de Wilde. 66
Machines de Ladd. 69
Machines de Gramme. 73
Machines de Siemens. 81
Machines de M. de Méritens. 85
Machines de M. Wallace Farmer. 88
Machines de M. Brush. 90
Machines de M. Trouvé 93
Machines de M. Lontin 95

MACHINES A INDUCTEURS MOBILES, APPLICABLES SURTOUT A LA DIVISION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Système Lontin 97
Système Gramme 103
Système Jablochkoff. 105

EXPÉRIENCES COMPARATIVES SUR LES EFFETS PRODUITS PAR LES DIFFÉRENTES MACHINES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

Rapport de la Commission anglaise de Trinity-house. 107
Rapport de la Commission américaine de Franklin-Institut. . . 109
Expériences diverses. 113
Considérations sur l'influence de la résistance des circuits extérieurs. 116
Cousidérations sur les résultats produits par l'accouplement des machines 118
Tableaux comparatifs. 119-121

ORGANES EXCITATEURS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Lumière produite entre des électrodes de charbon. 122
Historique des électrodes électriques de charbon. 122
Système Jacquelain 126
Système Carré. 127
Système Gauduin 129
Effets résultant de l'addition de sels métalliques aux charbons préparés pour la lumière électrique. 130
Charbons métallisés. 132
Effets de la chaleur sur la conductibilité des charbons 135

Lumière produite au moyen de conducteurs d'insuffisante conductibilité. 136
Système Jablochkoff. 136
Système Lodyguine et Kosloff. 140
Système Edison. 142
Système de MM. E. Reynier, Werdermann, etc. 143

LAMPES ÉLECTRIQUES.

Exposé de la question. 148

LAMPES A ARCS VOLTAÏQUES.

Historique de cette invention. 149
Lampe de MM. Foucault et J. Duboscq 151
Lampe de M. Serrin. 159
Lampe de M. Siemens 164
Lampe de M. Lontin. 167
Lampe de M. de Mersanne. 170
Lampe de M. Bürgin. 172
Lampe de M. Gaiffe. 175
Lampe de M. Carré. 178
Lampe de M. Brush. 180
Lampe de M. Rapieff 182
Lampe de M. Baro. 187
Lampe de MM. Houston et E. Thomson. 187
Lampes de divers systèmes. 188

LAMPES A INCANDESCENCE.

Lampe de MM. Starr, King. Lodyguine. 193
Lampe de M. Konn. 194
Lampe de M. Bouliguine 196
Lampe de M. Sawyer-man 197
Lampe de M. E. Reynier. 198
Lampe de M. Werdermann 203
Lampe de M. Trouvé. 207
Lampe de M. Ducretet. 209
Lampe de M. Edison. 209

BOUGIES ÉLECTRIQUES.

Historique de cette invention. 211
Bougies Jablochkoff. 212
Autres systèmes de bougies électriques (de Wilde, de Rapieff, de Méritens, de Ikelmer, de Lavaud de l'Estrade, etc.). 223

PRIX DE REVIENT DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Exposé de la question. 227
Prix de la lumière électrique avec les piles. 228
Prix de la lumière électrique avec les machines d'induction. . . 230

APPLICATIONS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Considérations générales 237
Application à l'éclairage public. 238
Application à l'éclairage des phares. 247
Application à l'éclairage des navires. 252
Application aux signaux nautiques de grande portée. 257
Application aux arts militaires. 259
Application à l'éclairage des voies ferrées 263
Application à l'éclairage des galeries de mines, des travaux de nuit, des travaux agricols, etc. 265
Application à l'éclairage des gares, des ateliers, etc 268
Application à la pêche. 272
Application aux travaux sous-marins. 274
Application aux projections et aux reproductions photographiques. 275
Expériences publiques de lumière électrique. 282
Applications aux représentations théâtrales 285
Conclusion. 291
Notes et appendices 295
Table des gravures. 311
Table des matières. 313

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

[22657] Paris, Typographie A. Lahure, rue de Fleurus, 9.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES TOMBEAUX

PAR

LUCIEN AUGÉ

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE
R F

Ex tumulo vita.

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 31 VIGNETTES

PAR SYDNEY BARCLAY

DÉPÔT LÉGAL
Seine
n° 9612

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1879

Droits de propriété et de traduction réservés

PRÉFACE

Les tombeaux; sous ce titre, que de choses prendraient place! Ce pourrait être une vaste encyclopédie où l'humanité apparaîtrait avec ses croyances, ses espérances, ses aspirations, ses gloires et ses misères, ses grandeurs et ses défaillances; car la mort raconte la vie. Entre les coutumes funéraires d'un peuple, le style, l'aspect de ses tombeaux et sa foi religieuse, ses mœurs, ses pensées intimes il y a un rapport étroit comme de l'effet à la cause.

Si les générations qui nous suivront ont la curiosité de fouiller nos cimetières, elles y feront peu de trouvailles précieuses et qui puissent leur apprendre ce que nous étions. En effet, nous ne confions plus rien à la terre que des cadavres. Longtemps il n'en fut pas ainsi; les anciens prodiguaient à leurs morts les présents les plus divers. Notre curiosité avide y trouve un butin plein d'enseignements. Certains peuples, certaines civilisations même ne nous sont connus que par leurs tombeaux.

Nous avons voulu ici non pas embrasser tout le sujet, encore moins l'épuiser; mais, parcourant les âges,

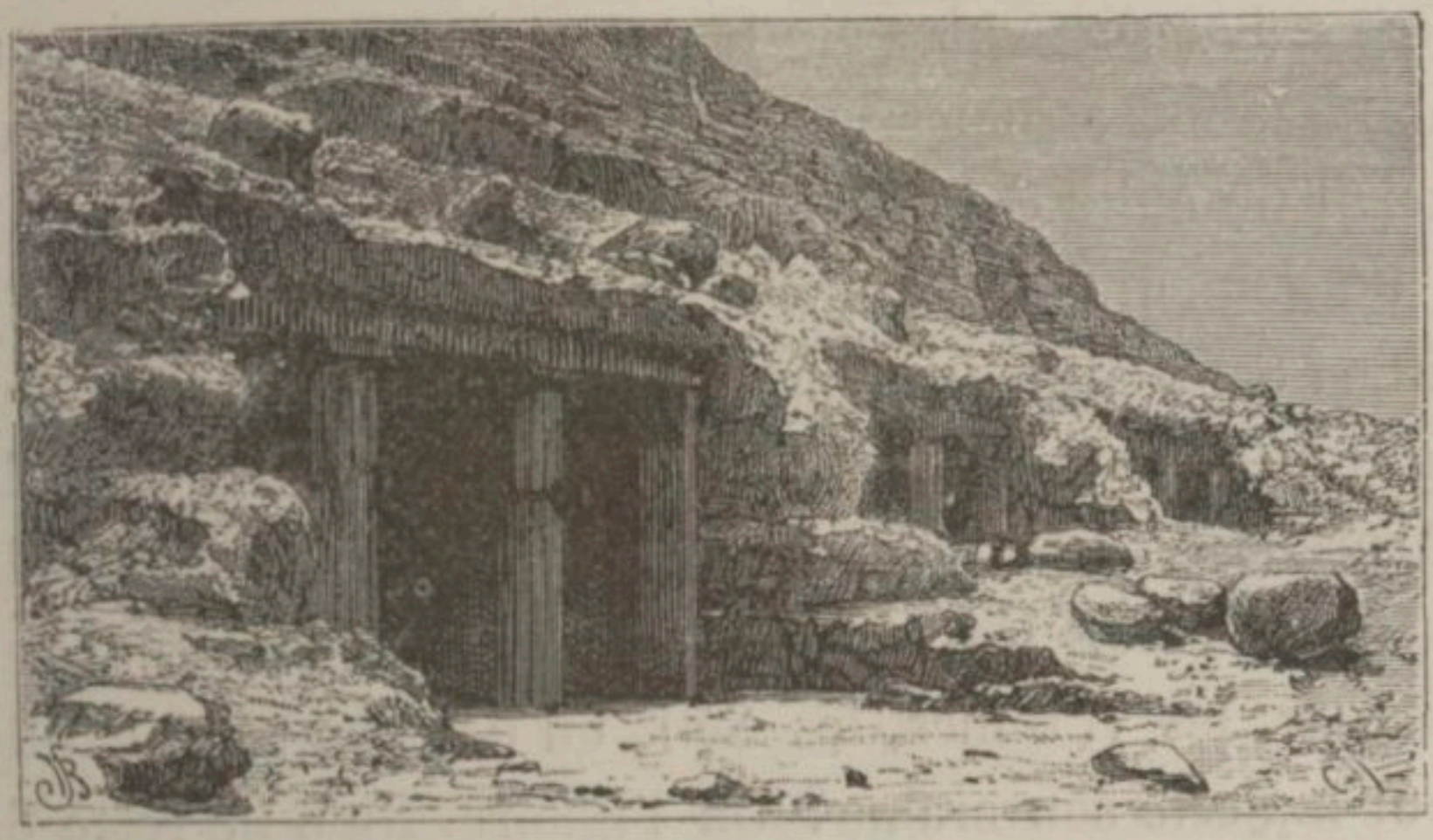
marquer les usages principaux et spécialement caractéristiques qui inspirèrent les constructions funéraires, étudier les tombeaux les plus fameux, provoquer leurs confidences, surprendre enfin dans leur développement les sociétés qui sont plus ou moins directement les ancêtres de la nôtre.

Le Paganisme (sous cette vague expression nous réunissons tous les cultes qui régnèrent en Europe et dans le bassin de la Méditerranée jusqu'à l'apparition de Jésus), le Christianisme, l'Islamisme, telles sont les grandes périodes entre lesquelles se partage ce livre.

Il arrivera que nos souvenirs de voyage envahiront des pages nombreuses; nous parlerons alors non pas seulement des monuments, mais quelque peu du pays. Ce sera à dessein; car l'œuvre de la nature et l'œuvre de l'homme ont souvent une parenté prochaine, et pour bien connaître un monument il faut connaître aussi les lieux qui l'encadrent, le ciel qui l'éclaire.

L'ange pleureur, cathédrale d'Amiens.

LES TOMBEAUX



Hypogées de Beni-Hassan

CHAPITRE PREMIER

PAGANISME

ÉGYPTE

« Les Égyptiens, nous dit Diodore de Sicile, appellent « les demeures des vivants des gîtes, parce qu'on y sé- « journe peu de temps ; les tombeaux, au contraire, ils « les appellent maisons éternelles, parce qu'on y est tou- « jours. Voilà pourquoi ils ont peu de soin d'orner leurs « maisons, tandis qu'ils ne négligent rien pour la splen- « deur de leurs tombeaux. »

Diodore de Sicile est une autorité souvent contes-

table ; mais, cette fois du moins, les faits confirment ses dires. L'Égypte est couverte encore de monuments qui racontent sa longue histoire ; et parmi ces monuments si nombreux, on ne trouve que des temples et des tombeaux. Les dieux, les morts apparaissent partout, souvent réunis, associés, confondus. La pieuse nation leur vouait un culte égal.

Où demeuraient les artisans, les laboureurs, le peuple enfin ? Sans doute, comme les fellahs de nos jours, dans des huttes grossièrement faites de limon séché. Rien de surprenant si ce qui fut de la fange est devenu de la poussière. Mais les rois, si puissants, si glorieux, les Ramsès, les Tothmès, les Séti, où donc enfermaient-ils leur majesté souveraine ? On l'ignore. Rien ne reste de leurs palais. Ils sont pour nous comme des vagabonds sans asile. Les temples érigés par eux étalent l'épopée des conquêtes lointaines, et les murailles semblent parfois trop petites sous l'envahissement de ces fastueuses annales. Mais après les temples, il n'est que les tombeaux qui conservent, et mieux encore, le souvenir des Pharaons.

L'Égypte croyait en l'immortalité de l'âme, et c'est là comme le dogme essentiel, la lumière féconde autour de laquelle gravitent et les mystères profonds, et les sages enseignements, et les superstitions bizarres qui composent la religion si longtemps régnante aux rives du Nil. L'Égypte croyait aussi que, dans la vie d'outre-tombe, le corps aurait encore son rôle, ses épreuves, son avenir. De là la nécessité et l'usage universellement suivi des embaumements, art que les anciens Égyptiens portèrent à sa suprême perfection ; de là l'emploi des

sarcophages pesants et qu'on ne peut ouvrir que par un puissant effort; de là les tombes mystérieuses et qui défendent les morts à elles confiés par la force et la ruse, comme aux pyramides, par la ruse seulement, comme aux nécropoles de Thèbes.

Bien que la pensée première reste constamment la même, durant cette carrière de plus de quarante siècles que fournit la civilisation Égyptienne sans s'éteindre, on peut constater quelques changements remarquables dans le type des tombeaux. A Memphis, les tombes sont apparentes et construites de matériaux rapportés : les pyramides trônent. A Beni-Hassan, à El-Kab, à Tell-El-Amarna, en cent autres endroits moins illustres, les tombes sont excavées aux flancs du rocher; des portes, des colonnades les annoncent cependant. A Thèbes, elles sont aussi excavées, mais rien ne les annonce; la tombe ne se contente plus de cacher ses morts, elle se cache elle-même. Ainsi, trois types résument tous les monuments funéraires de l'Égypte. Ces trois types, nous allons les trouver en trois sites fameux : à Gizeh, à Beni-Hassan, à Thèbes. C'est en remontant le Nil que nous les rencontrerons successivement, et aussi en remontant les siècles de l'histoire, car les tombes de Gizeh sont plus anciennes que celles de Beni-Hassan, celles de Beni-Hassan plus anciennes que la plupart de celles de Thèbes.

Les pyramides sont chose connue même des plus ignorants, et le nom seul de l'Égypte éveille aussitôt leur souvenir. Chacun les voit, dominant le désert, monuments étranges d'une terre où tout est mystère et prodige, confidents silencieux d'un passé si lointain,

que la pensée s'en épouvante, sépulcres formidables et bâtis, semble-t-il, pour des rois qui dépassaient la taille de notre chétive humanité. Le Nil, toujours fuyant devant les explorateurs chaque jour plus hardis, nous dérobe encore le berceau de ses eaux fécondes; il grandit, il s'allonge, il se refuse à nous dire le secret de sa naissance, jaloux de ne se révéler à l'homme que par ses bienfaits; c'est une artère énorme qui donne la vie partout sur son passage; elle finit, mais ne commence pas. Ainsi, tandis que l'archéologie étend sans cesse son domaine, sans cesse les pyramides reculent dans le passé. Bonaparte saluait en elles une antiquité de quarante siècles; c'était trop peu : on leur reconnaît aujourd'hui une existence de soixante siècles. Et qui sait si quelque révélation nouvelle n'approfondira pas encore l'abîme de cet âge vertigineux?

Les pyramides forment, sur la rive gauche du Nil, à la limite extrême du désert, comme une chaîne ininterrompue entre Médinet-El-Fayoum et Gizeh. Meïdoun, Daschour, Saqqarah, Abousir ont leurs pyramides, comme Médinet et Gizeh. Memphis et les cités qui se groupaient alentour ont disparu; mais cette nécropole immense, qui recevait leurs momies, témoigne encore de leur importance. Quel entassement de vivants il a fallu pour faire cet entassement de morts! Vers le nord, les pyramides de Gizeh terminent la chaîne et l'emportent de beaucoup sur leurs sœurs en énormité. Elles ne sont distantes du Caire que de trois lieues environ. La route est aisée, et les voyageurs quelque peu indolents peuvent la parcourir mollement étendus dans une voiture confortable, tandis qu'en avant d'eux, le saïs dis-

paraît dans le nuage de poussière qu'il soulève en courant.

Au sortir du Caire, nous rencontrons un convoi funèbre. Une jeune fille est morte, et les siens l'accompagnent au cimetière. Le corps est porté sur une civière qu'enveloppe une draperie rouge, et cette pourpre éclatante étonne un peu nos yeux habitués à la livrée noire de nos funérailles. Parents, amis, mais aucune femme, suivent, pressant le pas et répétant des chants nasillards. Voilà une pauvre fille à qui l'on ne fera pas l'honneur d'une haute pyramide, elle devra se contenter de quelques poignées de terre. Encore quelques jours, et l'on aura oublié où repose sa cendre; plus une fleur et plus un souvenir. Au contraire, les vieux Pharaons ont jeté un défi au néant; ils ont usurpé à travers les âges comme un orgueilleux privilège d'immortalité, et bien des siècles s'écouleront avant que l'humanité se lasse de faire pèlerinage à leurs invincibles tombeaux.

Nous arrivons au Nil, il faut le franchir. Il y a peu d'années, on devait recourir à un bac ou tout au moins à quelque barque complaisante. Aujourd'hui la route passe fièrement sur le fleuve, portée aux arches de fer d'un gigantesque pont. C'est le seul pont que l'on trouve sur le Nil au-dessus du barrage du Delta. Des ingénieurs et des constructeurs français l'ont exécuté, et avec bonheur; non pas que cela soit une chose belle (les piles peu nombreuses, les arches posées à plat ne composent pas un ensemble harmonieux); mais c'est une chose utile bien faite. Une arche est mobile et s'ouvre, à certaines heures, pour les besoins de la navigation.

A peine avons-nous touché la rive gauche que des constructions nouvelles apparaissent, encore inachevées; ce sont des palais destinés aux princes de la famille vice-royale; il paraît qu'il n'est pas assez de palais au Caire et dans ses environs : ceux-ci promettent d'être aussi laids que leurs aînés.

Nous dépassons la voie ferrée qui longe le Nil et monte vers la Haute Égypte. Des acacias ombreux bordent la route, quelques palmiers jaillissent dans les champs. La terre est encore sans rien qui promette la moisson prochaine; elle s'étale épaisse, brunâtre, grasse, humide des eaux qui l'ont couverte, et n'attend que les semailles pour révéler aussitôt sa merveilleuse fécondité. Quelques corbeaux noirs, aux ailes tachées de gris, perchent sur les mottes; ils s'enlèvent lourdement à notre passage et nous poursuivent de leurs sinistres croassements.

Cependant, notre but reste tout d'abord invisible. Ces pyramides que nous avions découvertes du chemin de fer d'Alexandrie, du barrage du Nil, alors qu'elles étaient éloignées de plusieurs lieues, disparaissent maintenant; quelques mimosas, quelques palmiers, les masures croulantes d'un village suffisent à nous les dérober. La perspective a de ces jeux étranges, et la main d'un enfant peut cacher un colosse.

Enfin les pyramides se montrent; nous dépassons le dernier champ : le sol se relève, aride, rocailleux, fait de sable et de poussière. C'est une sorte de plateau qui commence le désert; là sont groupées les pyramides de Gizeh. Un chacal fuit à notre approche, la queue basse, rasant la terre. Le chacal était consacré à Anubis, dieu

funèbre, qui est le plus souvent représenté avec la tête de l'animal qui lui servait d'emblème.

Les pyramides grandissent. Elles sont au nombre de neuf, deux énormes, une très grande, six petites, celles-ci, dirait-on, sorties des flancs de celles-là : car la mort devenue féconde semble avoir enfanté et s'être complue à faire une famille formidable. Les pyramides commencent le désert ; elles sont les gardiennes solennelles des solitudes immenses, les pylônes qui marquent l'entrée du grand inconnu. Le Nil, en ses crues les plus fortes, s'arrête au pied du plateau de Gizeh et n'atteint pas les pyramides ; quelque divinité toute-puissante lui interdit de les effleurer. Durant quelques jours il peut cependant les refléter dans ses eaux. Partout le sable, les décombres ; des blocs informes y sont gisants qu'autrefois peut-être on adora ; mais le rocher qui fut roi, qui fut dieu, est redevenu rocher. Pas une touffe d'herbe qui verdoie aux joints des pierres. Pourtant, en cherchant bien, on trouve au ras de terre quelques petits arbrisseaux, tous de la même espèce, rudes, secs et qui aiguisent leurs feuilles en pointes menaçantes ; leurs fleurs aux pétales bleus sont bien défendues. Et en effet, une fleur épanouie au pied des pyramides, quel trésor ! On peut sans doute imaginer chose plus précieuse, mais non chose plus rare.

L'éloignement dissimule souvent bien des imperfections, efface bien des outrages ; c'est ainsi que les pyramides, aperçues aux limites lointaines de l'horizon, paraissent intactes. De près leurs blessures se révèlent, blessures graves et qui ont altéré sensiblement l'aspect du monument. Les pyramides étaient primitivement

revêtues de blocs parfaitement polis, et en escalader le faîte constituait un prodige d'adresse et d'agilité que des gymnastes de profession pouvaient seuls réaliser. Nulle ouverture apparente, rien qui indiquât où il fallait faire brèche pour pénétrer les mystères de ces citadelles de la mort. En avant de chaque pyramide était un temple consacré au culte du roi défunt; puis, selon l'usage cher à l'ancienne Egypte, se déployaient des voies grandioses, avenues solennelles, chaussées énormes qui exigèrent, dit Hérodote, un travail aussi long que les pyramides elles-mêmes. Là s'alignaient sphynx, béliers, colosses, d'autres monstres encore formant double haie, et le profane qui venait fouler cette terre sacrée, marchait environné de leurs grands yeux de pierre.

Les colosses ont disparu, et les chaussées qui les portaient, tout au plus la crédulité complaisante des archéologues en peut-elle reconnaître quelques vestiges. Les pyramides elles-mêmes, si longtemps inviolées, furent dépouillées de leur revêtement, au douzième siècle, au temps du fameux Saladin. Les ouvriers, serviteurs des Pharaons, aussitôt que les prêtres eurent accompli autour de la momie royale tous les rites prescrits, s'étaient retirés, dressant des dalles à l'entrée des chambres sépulcrales, obstruant les passages par des blocs, fermant derrière eux hermétiquement toute issue. Tous ces obstacles si laborieusement accumulés ne purent cependant lasser la patience des pillards; les Arabes de Saladin surent se frayer une route aux entrailles de ces montagnes de pierre qu'ils rêvaient pleines de merveilleux trésors; ils découvrirent les chambres funéraires,

les sarcophages ; le granit fut brisé, les cercueils furent ouverts, les bandelettes arrachées, et les profanateurs, faisant œuvre de hyène, s'entre-déchirèrent les cadavres sacrés. Pauvres Pharaons, ils trouvaient enfin leur maître. Les pyramides avaient cependant conservé sans outrage, durant près de cinquante siècles, le dépôt confié à leur garde ; la tombe ne fut jamais plus fidèle.

Des trois grandes pyramides, la première, haute, lorsqu'elle était complète, d'environ cent cinquante mètres, renfermait le corps de Chéops ; la seconde, presque aussi haute, renfermait le corps de Chéfren ou Schafra, dont la statue a été retrouvée ; la troisième, haute seulement de soixante-six mètres (les tours de Notre-Dame n'ont qu'un mètre de plus) était consacrée à Men-ka-ré (donné au soleil) ou Mycérinus, prince qui régnait vers 4136 avant l'ère chrétienne.

Nous entreprenons de visiter successivement les arcanes de ces trois sépulcres, exploration pénible, dangereuse même, et que l'on ne saurait accomplir heureusement sans l'aide de quelques guides Bédouins. Là du moins ils sont utiles, s'ils sont comme toujours insupportables.

Les dispositions intérieures des pyramides varient peu. Ce sont des couloirs très bas, souvent d'une pente très rapide ; impossible presque toujours de s'y tenir debout. Le granit est peu moelleux, et sous peine de chocs très rudes, les fronts les plus superbes doivent s'incliner. Pas une entaille où assujettir le pied, pas une saillie où accrocher les ongles ; les Bédouins cependant trouvent moyen d'y cheminer sûrement, et qui plus est

d'y hisser, sans autre dommage que quelques déplaisantes bousculades, le voyageur qui leur est échu. Les couloirs montent, puis tout à coup descendent et souvent sont interrompus par des chausse-trapes perfides : car tout a été ingénieusement disposé pour rompre les os des profanateurs et dérouter toute recherche. La mort a, pour se défendre, comme une tactique savante. Ces couloirs s'enfoncent parfois au-dessous même de la pyramide et sont entaillés au vif du rocher. Puis viennent les chambres sépulcrales de dimensions médiocres, carrées, toutes construites de granit rose ; les blocs sont appareillés avec le plus grand soin. Au reste tout accuse ici, non pas seulement la fantaisie orgueilleuse de faire une chose énorme, mais une science consommée, la recherche attentive de la perfection dans toutes choses, dans la taille, le poli, la disposition des assises, enfin une connaissance profonde des meilleurs procédés de construction. C'est ainsi que les plafonds forment souvent l'angle et que les blocs arc-boutés ont été placés de façon à résister sûrement à l'écrasante poussée qu'ils devaient subir. Quelquefois le plafond est plat, mais au-dessus on a ménagé des vides, dans le même but selon toute vraisemblance.

Les pyramides sont construites d'un calcaire fort dur, que l'on trouve dans les montagnes qui avoisinent le Caire. Le granit, plus belle matière, était réservé aux couloirs, aux salles intérieures, aux sarcophages. La pyramide de Mycérinus cependant paraît avoir été entièrement revêtue de granit rose. C'est là une matière que l'on ne rencontre qu'aux limites extrêmes de l'Egypte, auprès de l'antique Syène. Nul doute qu'en ces âges

lointains où régnaient Chéops, Chéfren, Mycérinus, l'autorité de ces princes ne s'étendît déjà jusque-là. Les blocs que nous touchons, avant de prendre leur place définitive, ont dû descendre le Nil sur une longueur de neuf cents kilomètres.

Les sarcophages qui ont enfermé les momies royales, sont restés là où on les avait fixés ; pour les emporter, il eût fallu éventrer les pyramides, car les couloirs sont trop étroits pour leur livrer passage. Ces cuves formidables furent portées dans leurs chambres avant l'achèvement du monument. Pas d'inscriptions, ni de peintures, ni de sculptures ; la pierre est nue et muette, silence austère et qui ajoute encore à la majesté de ces sanctuaires ténébreux. Nous verrons bientôt aux nécropoles de Thèbes, cité plus récente que Memphis, comme aux nécropoles des villes environnantes, les peintures, les sculptures se multiplier ; l'Egypte des premiers âges était plus discrète, et plusieurs siècles devaient s'écouler avant que la mort apprît à bavarder sans fin.

Nous montons sur la grande pyramide, ascension laborieuse et rude. Un escalier haut de cent quarante-cinq mètres peut suffire à essouffler les plus vaillants poumons. Les degrés très élevés et en même temps très étroits condamnent à des enjambées surhumaines ; nos reins se souviendront douloureusement de Chéops durant plusieurs jours. Les Bédouins s'empressent, et leur assistance vainement refusée n'est rien qu'une fatigue de plus. La cime n'est pas aiguë comme elle le fut primitivement et comme elle le paraît encore vue de loin, elle forme une sorte de plate-forme encombrée de blocs dé-

placés, restes confus des assises détruites. Les dégradations ont du raccourcir la pyramide de sept à huit mètres.

Quel amoncellement prodigieux ! Deux millions cinq cent soixante-deux mille cinq cent soixante-seize mètres cubes de pierres. Tout cela pour dire à l'avenir qu'on a été le roi Chéops et qu'on n'est plus qu'une poignée de poussière !

La vue est magnifique et telle que la fait espérer la hauteur du poste d'observation. La pyramide de Chéfren apparaît tout près, égalant presque sa cime à celle que nous dominons ; celle-là est restée pointue, et le revêtement subsiste au moins aux assises supérieures. Les autres pyramides se groupent tout alentour ; mais ce ne sont que des collines, des buttes auprès de ces deux montagnes qui les écrasent. Le sol est partout criblé de trous noirs, ce sont des puits funéraires : car les rois, jusque dans la mort, avaient nombreuse cour, et la populace obscure de leurs serviteurs, de leurs sujets, s'empresse autour de leurs tombes comme elle s'empressa autour de leurs palais. Le sable a de vagues ondulations qui furent peut-être des monuments. Une dépression plus forte nous révèle le temple de granit et d'albâtre que notre grand archéologue Mariette-bey découvrit, il y a quelques années, sanctuaire contemporain des pyramides, austère comme elles, sans images, où Dieu n'était présent que par la pensée et la prière. Près de là le sphynx élève sa tête, monstre digne par sa masse des monuments dont il est le gardien. Sa face mesure neuf mètres, l'oreille seule deux mètres, on l'a taillé dans le rocher et complété par des blocs super-

Pyramide de Chéops.

posés. C'est le dieu Armachis, divinité solaire ; il existait déjà au temps du roi Chéops, une inscription en fait foi ; de tous les dieux que l'homme a adorés, voilà sans doute le plus ancien. Les siècles l'ont balafré ; il est beau cependant, calme, effrayant en son implacable sérénité; il regarde l'espace et propose une énigme qu'aucun Œdipe ne devinera plus. Plus loin, vers le sud, s'échelonnent d'autres pyramides, et celles d'Aboukir, et celles de Saqqarah et celles de Daschour, toutes marquant la limite de toute fertilité, de toute vie : car le désert est là, autour d'elles, sous nos pieds, fauve, ardent et déployant à l'infini ses mornes solitudes. La mort règne et sur cette terre aride qui ne nourrit rien, et sur ces monuments mystérieux qui lui pèsent si lourdement. Mais l'orient oppose un saisissant contraste ; là une ligne de palmiers dérobe le Nil. Le Caire apparaît, rose, souriant comme une belle jeune fille; il a ses coupoles blondes, ses tours scintillantes. Au faîte de la citadelle, la mosquée de Méhémet-Ali élève au ciel ses deux minarets : ainsi l'homme qui prie élève ses bras vers Dieu. Une vapeur légère enveloppe la cité, atténuant la netteté des contours, harmonisant les lignes, adoucissant les teintes, et tout s'encadre au rayonnement immense de l'azur.

Beni-Hassan, dont le nom antique n'est plus exactement connu, se trouve à 25 kilomètres au-dessus de Minieh, sur la rive droite du Nil. De la ville, rien ne subsiste; les tombes seules attestent quelle fut son importance. Ces tombes remontent presque toutes aux règnes des premiers princes de la douzième dynastie, c'est-à-dire à vingt-cinq ou trente siècles avant l'ère

vulgaire. Elles sont placées aux flancs de la chaîne Arabique, et, selon l'usage constant, à l'abri des inondations les plus fortes. Du fleuve, pour les atteindre, la course est d'une demi-heure environ. Des trous noirs apparaissent dans les rochers ; on dirait des nids d'oiseaux de proie : ce sont les tombes. Toutes sont taillées au vif de la pierre.

La première que nous visitons présente un vestibule bordé de petits réduits carrés ; deux salles y font suite, la première plus grande que la seconde et décorée de bas-reliefs fort endommagés.

Nous cheminons sur la limite, toujours nettement tracée, des champs fertiles et de l'aride désert ; à notre gauche sont des blés verdoyants, à notre droite des pierres grises, du sable, des rochers énormes. Bientôt nous dépassons le misérable village de Beni-Hassan, puis nous nous élevons péniblement aux pentes rocailleuses. Elles accusent comme les degrés d'un gigantesque escalier. Le premier porte un village, dont le vent soulève et emporte les dernières poussières. Au second degré commence le domaine de la mort. Des entailles régulières apparaissent et des puits où dorment les momies. Les parois, formant le carré, superposent à distances égales de petits trous qui sans doute aidaient à la descente. Mais c'est là où le rocher s'élève en falaise et présente un banc plus compacte, que s'ouvrent les tombes les plus remarquables. Les portes n'ont souvent aucun ornement qui les encadre ; mais la salle intérieure, toujours carrée, accuse parfois sur ses murailles une fausse porte bordée de moulures. Un puits est béant, quelquefois plusieurs ; les débris amoncelés

en interdisent l'accès. Ces puits descendent aux caveaux réservés aux momies, et sans doute autrefois des dalles en masquaient l'ouverture. En effet, les morts étaient placés à l'abri de l'outrage, une sollicitude jalouse multipliait autour d'eux les moyens de protection. Les salles supérieures, d'un accès facile, formaient sanctuaires; les parents, les amis s'y réunissaient, célébrant certains rites sacrés et entretenant avec ceux qui leur avaient été chers comme un commerce affectueux. En effet, dans les idées religieuses de l'ancienne Égypte, la mort était un repos, long peut-être, qui prenait fin cependant, une étape solennelle, un passage redoutable, mais non pas une complète et irrémédiable destruction.

Souvent les tombes présentent tout un appartement, quelquefois même à deux étages, et des pentes rapides, ménagées dans le rocher, réunissent les salles les plus hautes aux salles les plus basses.

Les sculptures sont rares, les peintures abondent; elles couvrent des parois mesurant jusqu'à vingt-cinq ou trente pas de long. Peu de divinités, peu d'allégories religieuses, de mystères sacrés; et c'est là une particularité qui témoigne d'une haute antiquité; nous verrons aux monuments datant de ce qu'on appelle le Nouvel Empire, du dix-huitième siècle au quatrième avant notre ère, les divinités se multiplier et presque partout supplanter l'homme. Il n'en est point ainsi à Beni-Hassan. Ce sont presque toujours des scènes familières, empruntées à la vie du soldat, du laboureur, du citadin. Une piété ingénieuse et touchante réunit autour du défunt tout ce qu'il a vu, traversé, aimé, et la tombe,

animée par le pinceau, fait partout un joyeux étalage de vie.

Voici des jeux gymnastiques : celui-ci lève la jambe et s'exerce à la savate ; celui-là saute. D'autres dansent et rhythment fortement le pas. Plus loin sont des lutteurs, et la muraille nous déroule tous les épisodes de leurs nobles combats. Les adversaires se prennent la main, démonstration amicale qui aujourd'hui encore précède toute lutte courtoise, puis ils s'enlacent et se tâtent, cherchant quelque ruse, préparant quelque attaque subite ; les voilà aux prises, ils se pressent à s'étouffer ; enfin une suprême étreinte, une secousse violente décide la victoire ; l'un des deux est jeté bas.

Plus loin, nous voyons des vendangeurs battant sous leurs pieds le raisin dans les cuves, des bateliers sur leur cange, des cuisiniers trônant dans leur cuisine et d'opulents garde-manger. Nul doute que l'on festoyât abondamment et délicatement aux siècles des Pharaons.

Voilà un retour de chasse. Les serviteurs défilent, portant des oies suspendues à des bâtons, poussant devant eux des antilopes, des gazelles captives ; cependant quelques chasseurs, jaloux d'exploits plus glorieux, poursuivent les bêtes fauves et les transpercent de leurs flèches. Puis on rentre au logis, et dans la basse-cour les canards battent joyeusement des ailes ; il me semble entendre leur concert retentissant. Travaux ou plaisirs, jeux ou combats, le défunt préside à tout ; il apparaît grave, immobile, toujours de plus grandes proportions, et dominant de haut ces figurines mignonnes.

Ce ne sont pas ici, comme aux nécropoles de Memphis et dans la plupart des monuments égyptiens, des sculptures d'un faible relief et relevées par des couleurs ; ce ne sont que des peintures, ou, pour mieux dire, des enluminures, une sorte d'imagerie un peu naïve et toute charmante. Nulle perspective ; tous les personnages s'alignent sur le même plan et se présentent de profil ; les mouvements cependant, les attitudes sont d'une extrême justesse. Il y a là une grâce aimable, de l'aisance, j'oserais dire de l'esprit. Souvent au-dessous du plafond règne une frise composée d'ornements symétriques ; au reste, toute cette décoration est pleine d'une harmonieuse originalité.

Nous visitons des chambres que partage en plusieurs nefs une double, une triple et même une quadruple ligne de colonnes taillées dans le rocher. Quelquefois les fûts ont disparu, mais les chapiteaux, restés en place, forment comme de bizarres pendentifs. Ces colonnes simulent un faisceau de minces tiges que des cordages relient. Elles étaient peintes, quelques-unes, semble-t-il, d'une couleur imitant le granit rose.

Les proportions des hypogées varient à l'infini, sans doute selon le rang plus ou moins élevé des familles dont elles éternisent la mémoire. Quelquefois, à la paroi du fond, une niche est ménagée, que des peintures décorent ; peut-être la statue d'une divinité protectrice s'y dressait. Certaines chambres ont été abandonnées avant complet achèvement.

Nous atteignons des tombes qui présentent une façade monumentale. Des colonnes s'y dressent, parfois très petites, excédant à peine la taille d'un homme, par-

fois de beaucoup plus fortes proportions. Elles appartiennent au même ordre, et cet ordre rappelle, par une analogie singulière, l'ordre Dorique, qui si majestueusement porte les frontons des temples grecs. Le fût est sillonné de cannelures, non pas creusées en courbe, mais plates, et le chapiteau ne se compose que d'un tailloir d'une faible saillie. N'importe, ces colonnes semblent bien les aïeules lointaines des colonnes et plus belles et plus nobles qui s'alignent au stylobate du Parthénon. Ainsi les Égyptiens, en des âges bien reculés, auraient trouvé le type premier; les Grecs l'auraient reçu d'eux. Mais comme ils surent l'embellir, d'une ébauche brutale dégageant une œuvre exquise! Leur génie, soleil joyeux, faisait splendidement épanouir toutes choses : perfectionner ainsi, c'est créer.

Deux tombes, bordées de colonnes, sont particulièrement remarquables. La porte de l'une comme de l'autre est grande, de belles proportions, et s'encadre d'inscriptions hiéroglyphiques. Deux lignes de colonnes robustes et semblables aux colonnes extérieures partagent la salle intérieure en trois nefs. Le plafond accuse une courbe légère, et de petits compartiments coloriés l'égayent. D'innombrables figurines se déploient sur les murailles, et leur cortège interminable se perd aux incertitudes de l'ombre, comme se perdent aux incertitudes du passé les souvenirs qu'elles consacrent. Le dieu reste, assis dans une niche au fond du sanctuaire, et lui aussi taillé dans le rocher; mais les hommes, las de lui prodiguer leurs prières, lui prodiguent leurs outrages, et de hideuses balafres sillonnent son visage.

Une de ces deux tombes renfermait la momie d'Améni-Aménenha, fonctionnaire considérable qui vivait au temps du roi Ousertasen Ier, prince de la douzième dynastie, vers 2800 ans avant l'ère vulgaire.

Selon un usage généralement suivi dans l'ancienne Égypte, l'inscription prend la forme d'un récit, d'une confidence personnelle ; le défunt parle lui-même et ne laisse à personne le soin de prononcer son panégyrique. Il était, paraît-il, général d'infanterie, et avait fait campagne en Éthiopie. A son retour, on lui confia le gouvernement d'une province. « Toutes les terres étaient « ensemencées du nord au sud, poursuit-il ; des remer- « ciements me furent adressés de la part de la maison du « roi pour le tribut amené en gros bétail. Rien ne fut « volé dans mes ateliers. J'ai travaillé, et la province en- « tière était en pleine activité. Jamais petit enfant ne fut « affligé, jamais veuve ne fut maltraitée par moi ; jamais « je n'ai troublé de pêcheur ni entravé de pasteur. Ja- « mais disette n'eut lieu de mon temps, et je ne laissai « jamais d'affamés dans les années de mauvaise récolte. « J'ai donné également à la veuve et à la femme mariée, « et je n'ai pas préféré le grand au petit dans tous les « jugements que j'ai rendus. »

Combien de moudirs vice-royaux pourront-ils parler ainsi devant la mort, à l'heure où l'on ne ment plus ?

De la onzième à la vingt et unième dynastie, c'est-à-dire de 3000 à 1000 ans avant Jésus, Thèbes fut presque constamment la capitale de l'empire Égyptien. Dans ce rôle de métropole, Thèbes avait remplacé Memphis ; Alexandrie devait remplacer Thèbes. Thèbes fut la capitale des âges de prospérité inouïe, de gloire retentis-

sante. Là nous trouverons, comme dans une sublime apothéose, les Séti, les Ramsès, de tous les Pharaons les plus puissants et les plus fameux.

La nécropole de Thèbes, digne de la cité dont elle reçoit les morts, se partage en plusieurs groupes, le plus souvent nettement distincts ; ces groupes correspondent à des époques diverses ou à des classes de citoyens particulières. La pieuse Égypte ne connut jamais la promiscuité de la tombe. C'est ainsi que les collines de Gournah-Murraÿ, d'Abd-el-Gournah, d'Assassif, paraissent avoir été réservées aux sépultures des prêtres ou des fonctionnaires importants, tandis que les pentes rocailleuses qui s'étendent alentour étaient abandonnées au profane vulgaire. Les dépouilles plus précieuses encore des rois, des reines, étaient enfermées aux profondes vallées de la chaîne Libyque. Les singes, tenus sans doute pour des personnages non moins considérables, avaient aussi leur nécropole particulière. Dans son ensemble, la nécropole de Thèbes couvre une superficie de quatre kilomètres de longueur environ sur deux kilomètres dans sa plus grande largeur. Quelle énorme population ! quel entassement de générations il a fallu pour peupler ce dortoir éternel !

Il est, sur la rive gauche du Nil, un rempart de montagnes dont Thèbes s'environne, cherchant, dirait-on, derrière cette enceinte, un refuge contre les envahissements du désert ; c'est vers ce rempart qu'il faut se diriger. Là, aux défilés de Bab-el-Molouk, se dérobent les sépultures des rois.

La piété jalouse des sujets exilait, loin des tombes vulgaires, les tombes royales. Il y a ici comme une

sévère étiquette jusque dans la mort : le maître qui n'est plus reste le maître; il ne saurait souffrir le voisinage de quelqu'un de ces pauvres humains que foulaient ses sandales.

Bab-el-Molouk est comme le Saint-Denis des Pharaons de la dix-neuvième et de la vingtième dynasties. Ces dynasties présidèrent aux destinées de l'Égypte, du quinzième au douzième siècle avant notre ère.

La chaîne Libyque apparaît comme une barrière, qu'on ne saurait franchir sans une escalade aventureuse. Une brèche cependant se découvre, puis une vallée étroite. Cette vallée incline, serpente; à peine y sommes-nous entrés, qu'elle se referme derrière nous. On ne voit aucune issue. Est-ce un piège perfide où nous aurait pris quelque divinité jalouse de punir notre curiosité impie? Quelle enceinte désolée! Les montagnes se dressent formidables, affreusement arides. Tantôt ce sont des falaises taillées à pic, tantôt des entassements confus. Des blocs se sont écroulés des cimes les plus hautes et encombrent le sentier, d'autres se découpent sur le ciel en créneaux dentelés, puis s'arc-boutent, surplombent et menacent nos têtes d'un effroyable écrasement. Les rocailles font de larges traînées, comme si les eaux d'un torrent tari depuis des siècles les avaient charriées. Pas un brin d'herbe qui germe en quelque petit coin, pas un lichen qui s'accroche à quelque rocher, pas un insecte qui bourdonne, pas un reptile qui se glisse sur le sable. Il semble que la nature ait oublié de peupler ces solitudes. Le soleil flamboie d'aplomb; ses rayons furieux nous enveloppent, et la terre et les rochers se renvoient des

reflets embrasés. Tout est blanc ou jaunâtre et d'un éclat qui fait pleurer les yeux. Nous sommes enfermés en d'étroites limites; nous avançons, il est vrai, mais notre prison marche avec nous. Plus d'horizon lointain où se perde librement le regard, et avec l'horizon a disparu toute pensée de joie et de vie. Quelle avenue grandiose cependant, majestueuse, sublime comme ne le fut jamais avenue que l'homme flanqua de sphinx et borda de colosses! Nous allons au mystère, à l'inconnu, et l'âme est émue de ce calme implacable. Quel étrange et magnifique spectacle ce dut être que celui des funérailles royales, pompeusement promenées dans l'horreur de ces gorges funèbres! Quelles voix mystérieuses s'éveillaient aux flancs des rochers! Qnels échos répondaient aux hymnes sacrés! Puis le grandsilence retombait. Il ne sera plus de bruits glorieux qui le troublent jamais. Seule la mort encadre la mort.

La vallée change de direction, mais sans changer d'aspect; toujours les mêmes rochers abrupts, les mêmes montagnes qui croulent en ruines, les mêmes sommets chauves. Nous cheminons ainsi durant plus de trois kilomètres. Puis des trous noirs apparaissent, faisant brutalement tache sur les falaises blanches et les rocailles jaunâtres : ce sont les tombes royales. Ces tombes, bien que dissimulées avec soin aux entrailles des montagnes, avaient été en grand nombre violées à l'époque des Ptolémées. Les Grecs les connaissaient, les visitaient en touristes curieux et les comptaient au nombre des merveilles de l'Égypte. Ils les avaient surnommées les syringes, de *syrinx*, flûte, et par extension couloir, corridor.

Strabon prétend que les tombes royales étaient au nombre de quarante ; on n'en connaît que vingt-cinq. et non pas toutes accessibles jusqu'en leurs dernières profondeurs. Les quinze qui nous sont inconnues, ont peut-être disparu sous des éboulements relativement modernes; peut-être aussi sont-elles inviolées, et quelques Pharaons ont-ils échappé jusqu'à ce jour aux visites sacrilèges. Les tombes, en effet, n'ont pu être aisément découvertes. Dès que le roi avait pris place dans son sarcophage, on bouchait avec soin toute issue; le sable, les débris obstruaient l'entrée, et rien n'annonçait plus, sous la montagne refermée, la présence d'une tombe royale. On peut supposer sans invraisemblance que la rapacité des pillards a laissé encore aux chercheurs de l'avenir quelque chose qu'ils puissent découvrir.

Toutes les tombes répètent des dispositions analogues; elles correspondent, en effet, à une même période de la civilisation Égyptienne. On a cru remarquer qu'il y avait corrélation entre l'étendue des galeries et la durée du règne du roi enseveli, et on a voulu conclure de là que le Pharaon, à peine monté sur le trône, faisait commencer l'excavation de sa tombe, que les travaux se poursuivaient tant qu'il régnait et que sa mort seule les interrompait. C'est là une hypothèse fort incertaine.

Séti Ier que l'on voit à Abydos, trônant au cortège des dieux, a laissé ici sa tombe. C'est l'une des plus vastes et peut-être la plus belle. Le seuil franchi, nous descendons les degrés d'un escalier rapide. Le rocher, taillé et revêtu de stuc, déroule d'interminables ins-

criptions hiéroglyphiques et des sculptures relevées de couleurs. Puis commence un véritable appartement. Le défunt est traité, non comme un cadavre qui reste à jamais couché sous les dalles de son sarcophage, mais comme un être qui doit vivre encore de je ne sais quelle vie mystérieuse. Toujours cette protestation obstinée contre le néant, toujours cette espérance audacieuse planant sur l'au delà, traits essentiels qui caractérisent les dogmes de la pieuse Égypte.

On dispose pour le mort un palais souterrain; il peut en toute aisance y promener sa majesté royale, se faire un trône de son cercueil et présider l'assemblée des serviteurs descendus dans la tombe avec lui. Les dieux qui jugent les rois viendront-ils le juger? On leur a fait large place; ils pourront tenir là leurs assises solennelles.

Quelques salles sont très vastes, et des piliers carrés, ménagés dans la masse du banc de rocher, en supportent les plafonds. Ils répètent, sur chacune de leurs faces, un groupe de deux personnages; c'est Séti lui-même qu'accompagne une divinité protectrice. La décoration des murs est sculptée et peinte, et les couleurs, soustraites dans ces profondeurs à l'action toujours un peu destructive de l'air et de la lumière, conservent toute leur fraîcheur.

Ici pas de scènes familières, plaisantes, joyeuses même, comme aux hypogées de Beni-Hassan et de Saqqarah; pas de moissonneurs la faucille à la main, pas de bœufs qui labourent les opulentes campagnes, pas de vendangeurs qui foulent en cadence le raisin, pas de chasses que suivent de longs festins, et, bien

que nous soyons dans la tombe d'un conquérant, pas de scènes guerrières, de chars triomphants, de mêlées sanglantes, rien enfin de ce qui peut réjouir le cœur de l'homme ou hausser l'orgueil du souverain. Dieu est partout, environnant le mort et lui imposant son redoutable tête-à-tête, Dieu qui se diversifie, se transforme en un panthéon étrange, mais reste toujours l'esprit suprême qui fait trembler les rois. Les murs proposent l'énigme des emblèmes fantastiques, des dogmes obscurs. Sekket est là avec sa tête de lionne ; Anubis, divinité funèbre, avec sa tête de chacal ; Toth, dieu de sagesse et d'éloquence, avec sa tête d'ibis. Puis auprès des corps humains qui portent des têtes d'animaux, viennent des corps d'animaux que termine une tête humaine. L'épervier, personnification de l'âme, a souvent une tête de femme coiffée d'une haute tiare. Sculptés et peints d'une teinte verdâtre, de grands serpents se déroulent, rampent tout autour des salles, puis près des portes, se redressent et menacent le profane de leur tête sifflante.

Auprès des grandes salles, que l'on pourrait dire de réception et de parade, se cachent des cabinets très petits, boudoirs du maître de céans.

Les hiéroglyphes couvrent des espaces immenses. Que la mort est bavarde dans cette vieille Égypte!

Il est une salle dont la décoration reste seulement ébauchée, la mort de Séti ayant sans doute interrompu les ouvriers dans leur travail. On voit là, et c'est chose curieuse, comment on procédait. Toutes les sculptures que le ciseau devait découper dans le rocher sont indiquées par des traits noirs. Ce ne sont que des contours,

des silhouettes, mais nettement accusées, et l'effet est déjà d'une puissance singulière. La main qui a passé là a fait sa tâche avec une fermeté, une assurance, une précision admirables ; et cependant elle mérita certaines critiques : car une main plus habile encore est venue imposer ses corrections, accentuant quelques saillies, repassant sur quelques traits pour les assouplir, rectifiant quelques contours, modifiant même le texte de quelques inscriptions.

Combien est profonde l'impression que laissent ces retraites ténébreuses! Tout à coup, sous la lumière blafarde des bougies, les divinités surgissent, s'animent, dirait-on, puis, un instant après, retombent dans la nuit. L'incertitude de l'ombre agrandit encore les perspectives et ces abîmes semblent sans fin. Comme autant de géants, piliers et colonnes s'alignent, et le regard ne sonde pas sans effroi ce grand vide noir que nous sentons partout béant.

Dans une dernière salle, un plan incliné que deux escaliers bordent, descend plus profondément encore dans la montagne ; les degrés sont taillés dans le rocher, mais les blocs éboulés, les décombres entassés interrompent bientôt cette exploration. Peut-être la tombe royale n'a-t-elle pas encore révélé tous ses mystères. Ce qui est aujourd'hui aisément accessible ne fut pas toujours découvert sans peine. Lorsqu'il y a cinquante ans environ, Belzoni entreprit ses fouilles, il eut à déjouer maintes ruses que la sollicitude de la pieuse Égypte avait partout multipliées. Il trouva un puits sans issue et sans doute destiné à égarer les profanateurs sur une fausse piste ; puis, dans la salle qui semblait termi-

ner la tombe, en comparant la résonnance plus ou moins claire de chaque partie de la muraille, il reconnut une entrée dissimulée. Rien cependant n'interrompait la décoration ; il fallut, martelant sculptures et peintures, s'ouvrir une brèche de vive force. Aussitôt une nouvelle série de salles apparut.

On appelle vulgairement tombe de Bruce (Bruce est un voyageur anglais) ou des harpistes, la tombe où dormait ce Ramsès III qui fut roi en 1311, batailla beaucoup, et qui encombre encore du récit de ses victoires les murailles du grand temple de Médinet-Abou. Cette tombe est moins vaste et moins belle que celle de Séti. Sur la galerie qui conduit aux grandes salles, s'ouvrent de mignonnes chambrettes que l'on suppose avoir servi de sépulture aux principaux officiers ou serviteurs du prince. Là, dans les sculptures peintes, plus rien qui rappelle les épreuves, les mystères de la vie future ; nous restons dans le réel de la vie présente. Victuailles les plus diverses qui encombrent les garde-manger, cuisiniers affairés aux préparatifs de quelque immense festin, bouchers qui abattent et dépècent les bœufs, voilà qui éveille l'appétit dans l'estomac et non pas la terreur dans l'âme. Il est aussi des armes, des meubles précieux, des éventails, des cassettes, des sièges richement ciselés, trophées sans doute des conquêtes lointaines ou présents de quelque prince allié. Puis nous trouvons les fameux joueurs de harpe, si pittoresques, si curieux qui, dans notre âge dédaigneux des rois, ont ravi à Ramsès III l'honneur de nommer sa tombe. Les harpes, de grandes proportions et terminées à leur partie inférieure par une tête, sont d'une admirable élé-

gance. Peut-être ainsi était la harpe dont David berçait la folie furieuse de Saül. Le sarcophage de Ramsès III est maintenant au Louvre.

La tombe improprement dite de Memnon, en réalité de Ramsès VI, est fort étendue et renferme encore un sarcophage de granit renversé et brisé. Les décorations très intéressantes, dit-on, au point de vue scientifique (il est de curieuses représentations astronomiques) sont d'un style et d'une exécution médiocres. Au reste, il n'est aucune tombe qui égale la splendeur et la perfection de celle de Séti.

Pour sortir des gorges de Bab-el-Molouk, il ne semble pas que nous puissions prendre une autre voie que celle du défilé déjà parcouru par nous ; mais nos ânes sont agiles comme des chèvres, ils se lancent à l'assaut. Nous ne tournerons pas les montagnes, nous les escaladerons. Il n'est pas de chemin, pas même de sentier, tout au plus une piste que l'on devine vaguement sur le rocher.

Nous atteignons la cime. Aussitôt, et le contraste est saisissant, plus de vallée farouche et de roches calcinées, plus d'abîmes : la plaine de Thèbes apparaît. C'est la vie, c'est la joie. Nous sommes ainsi que des captifs échappés à quelque sombre cachot, et nous saluons d'un regard charmé cette libre campagne qui s'étend à nos pieds. Nous descendons. Autour de nous, quelques entailles au vif du rocher nous révèlent encore des tombes. Plus bas s'étale tout ce qui fut Thèbes, beaucoup de champs, quelques ruines, mais qui, vues de si loin, semblent pour la plupart de confus entassements. On distingue, assis sur leur trône de pierre, les deux co-

losses graves et soucieux de Memnon, dit la légende, d'Aménhotep III, prince qui régnait au seizième siècle, dit l'histoire, colosses qui chantaient, qui se sont tus maintenant comme la cité elle-même. Plus loin, c'est le Nil fauve, puis Louxor et ses colonnades, Karnak enfin dressant ses hauts pylônes. Le ciel en fête verse sa plus splendide lumière à cette terre si longtemps féconde en renommées, et à ces monuments les plus magnifiques que l'homme ait élevés.

Nous ajouterons ici quelques indications sommaires sur le mobilier des tombes égyptiennes. Les Égyptiens, en effet, étaient prodigues de présents envers leurs morts, et des nécropoles proviennent la plupart des innombrables menus objets que le hasard ou les recherches des archéologues ont fait découvrir dans la vallée du Nil.

Les Égyptiens, avons-nous dit, maintenaient entre eux, au delà même de cette vie terrestre, une sévère hiérarchie. Il y avait, sinon des fosses communes, ainsi que chez nous, des puits communs où le profane vulgaire allait s'entasser confusément. Nous-même, dans nos visites curieuses, nous avons plus d'une fois piétiné des momies couchées les unes sur les autres, encombrant des corridors, envahissant jusqu'aux salles d'édifices plus anciens, souvent même montant presque au niveau des plafonds. C'est comme un matelas moelleux, doucement élastique, où le pied enfonce quelque peu. Si grand que fût notre désir de voir et de connaître, nous n'avons jamais foulé sans quelque hésitation ces ancêtres si lointains de notre humanité, et nous marchions d'un pas plus assuré aux plus cruelles rocailles du désert.

C'est de ces charniers le plus souvent aisément accessibles, que sont sorties la plupart des momies qu'une profane curiosité exilait en Europe. Lamentables débris dont les anciens apothicaires composaient un remède bizarre et coûteux (l'anthropophagie était érigée en traitement), et dont les fabricants de couleurs composent encore une couleur bitumineuse. Les fellahs, moins respectueux s'il est possible, se sont fait plus d'une fois des tanières des chambres funéraires ; plus d'une fois aussi, ils ont fait cuire leur très misérable repas sur un feu qu'entretenaient des fragments de momies, la momie étant un combustible commode et mis à portée de la main.

Mais ces morts vulgaires n'ont pu livrer de bien intéressantes trouvailles, et des bandelettes en haillons sont tout ce qu'ils possèdent. Pour ceux qui avaient tenu dans la vie quelque rang important, il n'en est pas ainsi. Nous avons dit ce qu'étaient leurs tombeaux quant à l'architecture ; un soin aussi grand, une sollicitude aussi attentive, un semblable goût de faste présidaient à l'ameublement.

Dès la plus haute antiquité, on trouve l'usage du sarcophage. Les pyramides gardent leurs sarcophages, et le musée de Boulaq, près du Caire, en a recueilli un de granit rose où dormait un haut fonctionnaire de la cinquième dynastie. Ces sarcophages toutefois, souvent complètement nus, ne présentent jamais qu'une très sobre ornementation. Plus tard, le ciseau multiplia ses caprices ; et de préférence au granit rose, sur lequel les sculptures ne se détachent pas très bien, la basalte noire fut employée, matière parfaitement compacte,

très dure, mais que la vieille Égypte savait tailler, découper, ciseler avec une merveilleuse habileté. On s'étonne d'autant plus de cette exquise perfection, qu'en Égypte comme partout ailleurs, le fer ne fut connu et employé que dans un âge relativement moderne. Le cuivre, le bronze, trempé peut-être par quelque procédé oublié, devait suffire à tout.

Les Musées ont recueilli en grand nombre ces belles cuves monolithes sur lesquelles se déroule le poème mystérieux des épreuves, des purifications qui attendent le défunt dans sa vie nouvelle. Les hiéroglyphes minuscules courent tracés avec une parfaite netteté.

Parfois, et cette particularité apparaît surtout au temps des dernières dynasties, le couvercle des cuves sépulcrales présente, à sa partie supérieure, une tête humaine ouvrant ses grands yeux fendus en amande et suivant dans l'espace je ne sais quelle fantastique vision. L'expression est douce et grave.

Le sarcophage de pierre est une première enveloppe où venait s'enchâsser, au moins le plus souvent, une caisse de bois de sycomore. Ces caisses, que le climat chaud de l'Égypte a merveilleusement conservées (tout est conservateur en Égypte, surtout le ciel), étalent à leur tour en éclatantes enluminures les emblèmes d'un symbolisme compliqué. Bois, pierre, tout ce qui touche le mort, affirme un dogme, chante un hymne, murmure une prière.

Ces coffres funéraires figurent fréquemment une personne couchée. La tête, encadrée de la coiffure qu'une mode constante maintint en Égypte au cours de bien

des siècles, s'immobilise dans une éternelle sérénité. Les bras, s'ils sont indiqués, ce qui n'arrive pas toujours, se croisent dévotement sur la poitrine, les pieds sont réunis l'un près de l'autre. On croirait voir de grands enfants précieusement emmaillotés ; le cercueil imite le berceau.

Les momies, nous entendons celles qui furent des personnages considérables, ne sont pas seulement enveloppées de bandelettes. Le visage dissimule sous un masque d'or la navrante grimace des chairs imprégnées de goudron. Sur la poitrine tombent de riches colliers. Les mains portent des bagues, des amulettes saintes. C'est chose inouïe ce que l'on a recueilli d'objets de ce genre dans les tombes : tout le Panthéon mystérieux de la religion Égyptienne, les dieux qui sur un corps humain portent une tête d'animal, ceux qui sur un corps d'animal portent une tête humaine, et les animaux sacrés, crocodiles, grenouilles, cynocéphales, hippopotames, apis, vautours, puis par centaines l'œil symbolique qui préserve du mauvais œil, puis l'inévitable scarabée, emblème d'immortalité. Aucun peuple, au même degré que les Égyptiens, n'eut la manie de ces breloques sacrées. La matière employée est très variable. Les statuettes de divinités sont de bronze, de basalte, d'or, de porcelaine, d'albâtre ; de porcelaine le plus souvent les figurines chargées d'hiéroglyphes qui simulent des momies, de porcelaine encore, de cornaline ou de quelque autre matière précieuse, les innombrables scarabées.

A ce même mobilier qu'ont livré la plupart des tombes de quelque importance, quelques tombes privilégiées

ajoutaient de plus rares merveilles : des papyrus comme si les morts avaient dû se distraire de leur long repos par la lecture, des palettes de scribe avec tous leurs accessoires, et combien d'autres objets familiers de la vie courante, enfin quelquefois des bijoux précieux.

Une des plus brillantes découvertes qu'ait faites l'infatigable chercheur Mariette-bey, a été celle de la tombe de la reine Aah-hotep. Cette reine fut mère du roi Ahmès, qui compléta l'expulsion des Pasteurs déjà entreprise et heureusement poursuivie par son prédécesseur Kamès. Ahmès commence la dix-huitième dynastie vers seize cents ans avant notre ère. Les bijoux d'Aah-hotep sont un des plus célèbres trésors du musée de Boulaq. Il y a là un poignard, une hache d'armes, des colliers, des bracelets, des chaînes, un chasse-mouches, une barque garnie de son équipage, un chariot à quatre roues, jouets ou plutôt joyaux ciselés avec une exquise délicatesse, un miroir, des anneaux de jambe. Tout est en or ; mais l'habileté du travail l'emporte sur la richesse de la matière. Le couvercle de la caisse qui renfermait la momie royale, disparaît sous une couche d'or toujours scintillante après plus de trois mille ans. C'est un prodige dont l'esprit toujours s'étonne : entre les terres que la civilisation a illustrées, l'Égypte est la plus ancienne, et, par une contradiction étrange, c'est elle aussi qui apparaît la plus vivante, la plus jeune dans ses antiquités tant de fois séculaires. Le moyen âge est souvent plus délabré que l'Égypte des Pharaons.

L'Égypte, par ses embaumements savants, n'imposait

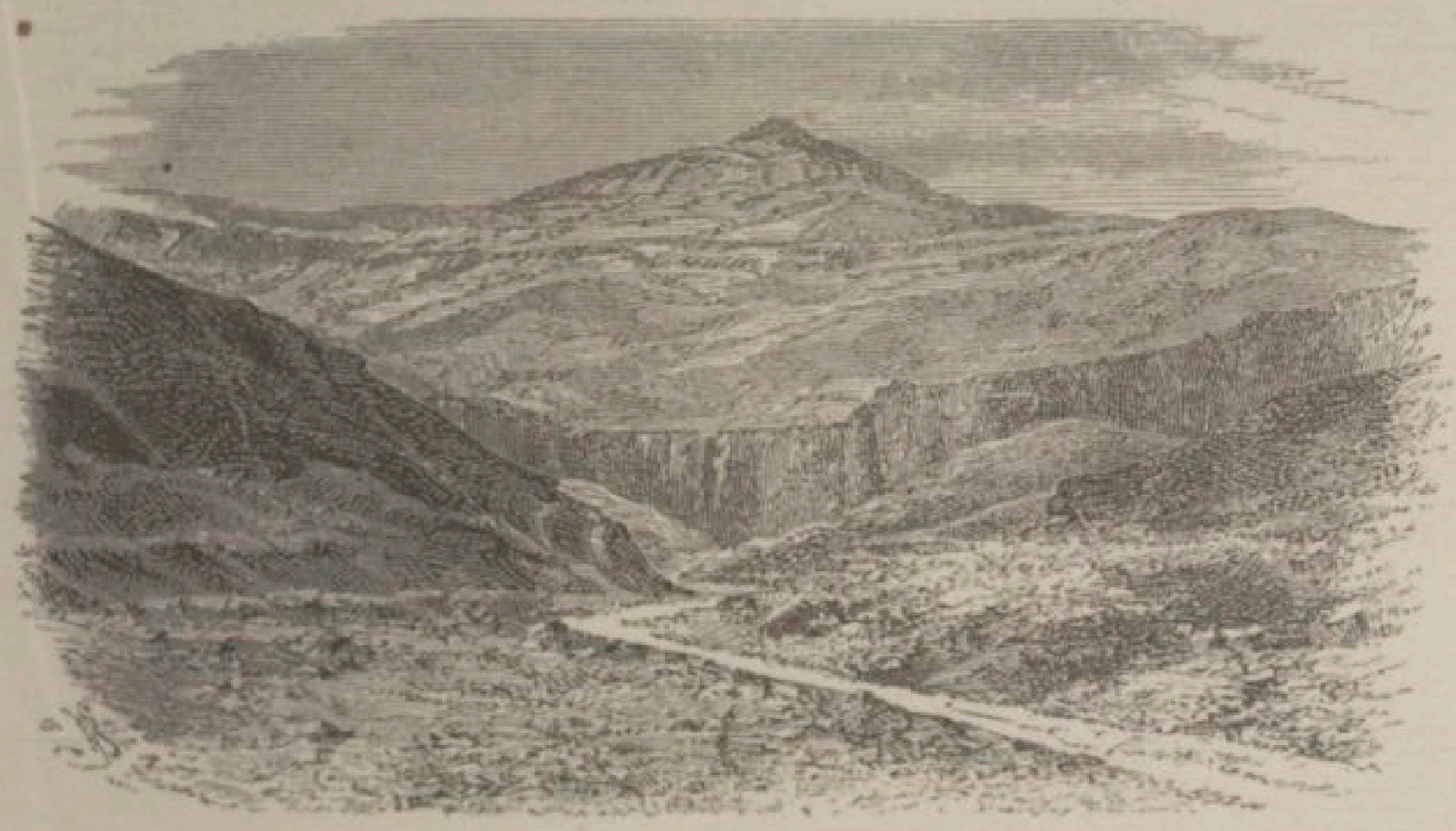
pas l'immortalité aux hommes seuls, mais aussi à plusieurs espèces d'animaux. On a des momies de singes, de bœufs, de chats, de chiens, d'ibis, de crocodiles. Les grottes de Maabdeh, où nous-même avons péniblement rampé dans les ténèbres, paraissent avoir été réservées généralement, sinon toujours, à ces intéressants sauriens. Nous y avons vu des crocodiles précieusement embaumés comme des princes royaux, et de petits crocodiles réunis en paquets et emmaillotés de bandelettes, et jusqu'à des œufs. Heureusement que l'humanité entière n'a pas eu, comme l'Égypte, cette manie de conservation. La mort frustrée de sa proie aurait à la fin gêné fort les vivants, et le globe terrestre ne serait qu'une vaste nécropole.

Les momies d'animaux, surtout celles de chats et de singes, étaient le plus souvent enfermées dans des pots de grès ou d'albâtre. Les Musées en ont reçu un grand nombre.

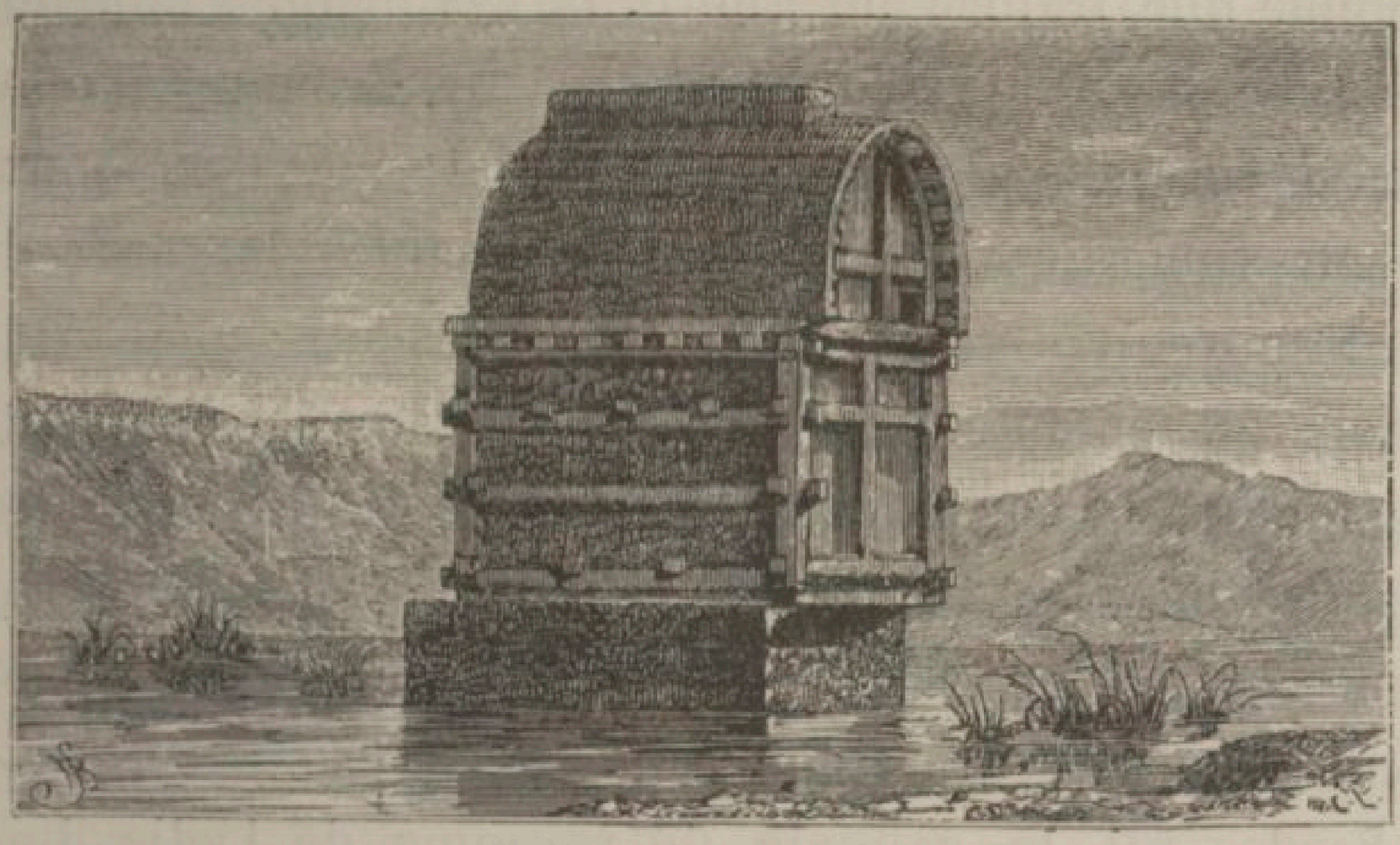
Nous avons dit que l'usage de l'embaumement était universel en Égypte; nous ajouterons que cet usage se maintint tant qu'il fut une civilisation Égyptienne. On signale dans la vallée du Nil et jusque dans les oasis de la Thébaïde des temples conçus encore selon les types anciens avec pylônes, avenues, salles hypostyles, sanctuaires sombres, et qui cependant portent les cartouches des empereurs Romains. De même, certaines momies ne remontent pas au delà de l'ère Chrétienne. Toutefois un examen attentif révèle une sorte de décadence dans les procédés d'embaumement employés jusque dans ses créations des derniers jours. L'architecture garde ses formes majestueuses, mais en altérant ses détails; les

dernières momies elles aussi semblent annoncer la ruine prochaine de ce monde Égyptien qui avait tant vécu.

Bien qu'il soit très imparfait, nous bornerons ici cet aperçu sur les tombes Égyptiennes. En effet, la tombe Égyptienne concentre, enseigne toutes choses, et entreprendre son histoire complète, ce serait entreprendre l'hitsoire même de l'Égypte.



Thèbes, vallée des tombes royales.



Tombeau Lycien à Makry.

CHAPITRE II

PAGANISME

LYDIE, LYCIE, PERSE, PHÉNICIE, JUDÉE.

Le pays qui est borné au nord par la mer Caspienne, le Caucase, la mer Noire, à l'ouest par la Méditerranée, au sud par les déserts de l'Arabie, le golfe Persique, à l'est par les grands fleuves de l'Inde, occupe dans l'histoire de l'humanité une aussi large place que sur la surface de la terre. Divers peuples s'y sont groupés, divers empires s'y sont fondés, diverses civilisations s'y sont succédé, quelques-unes laissant derrière elles

comme une traînée de gloire. De ces peuples ennemis ou alliés, souvent conquérants les uns des autres, nous ne signalerons que ceux qui ont laissé à des monuments funéraires encore reconnaissables la garde de leur souvenir. Quelques peuples et des plus fameux que l'Asie ait enfantés, n'ont pas légué aux âges suivants de tombes remarquables. Plus heureux, les Lydiens, les Lyciens, les Perses, les Phéniciens, les Hébreux, dont nous parlerons tour à tour, ont des tombes dignes d'immortaliser leur nom.

Sardes fut la capitale du royaume de Lydie. Une voie ferrée partant de Smyrne, maintenant y conduit. Sardes a sa station, bâtisse misérable, et cette petite chose étalant un grand nom semble une raillerie. Avant de l'atteindre, le voyageur voit s'élargir la vallée où la vapeur l'emportait; c'est bientôt une plaine. Sur la droite apparaissent quelques *tumuli* gazonnés, ce sont des tombes. Ainsi bien souvent la mort se fait la gardienne des cités disparues : elle les précède, elle les annonce, et c'est au nombre des tombes que l'on peut le plus sûrement mesurer la puissance d'un empire.

L'emplacement de Sardes est désert et semé de ruines peu anciennes pour la plupart, souvent informes. L'Hermus le traverse; limoneux, rapide, fauve, il reçoit le très maigre tribut du Pactole. Le Pactole! quel nom! Il roulait l'or, il ne roule plus que des cailloux. Au delà de l'Hermus, sur la rive droite (les ruines les plus nombreuses sont sur la rive gauche), s'alignent de nombreux *tumuli*. Ils prennent pour piédestal un plateau rocailleux. La tradition veut y reconnaître la né-

cropole des rois de Lydie. Le plus haut *tumulus* qui de loin semble une colline naturelle, serait le tombeau du roi Alyattes père du fameux Crésus, le crédule client de tous les oracles, l'hôte fastueux de Solon qui refusait de le proclamer un heureux, l'ami des Athéniens que son luxe éblouissait. Hérodote, avec l'aimable verve d'un romancier, nous raconte les aventures et les mésaventures de Crésus. Il nous parle aussi de son tombeau. Toutes les classes du royaume, celle même des courtisanes, plus opulente qu'aucune autre, avaient contribué aux dépenses. Cinq stèles, placées sur le faîte, précisaient dans leurs inscriptions la part prise par chacun dans cette œuvre pieuse. Le père de l'histoire ajoute que le tombeau d'Alyattes ne le cédait en importance qu'aux pyramides d'Égypte.

Des fouilles ont été plusieurs fois entreprises pour pénétrer les mystères des sépultures royales de Sardes, mais sans résultat notable. La réputation d'opulence des princes Lydiens ne pouvait être que fatale à leurs cendres. Nul doute que les sacrilèges et les pillards n'aient passé là avant les archéologues.

Ainsi ces monuments sont peu remarquables ; mais tout alentour, quel ensemble grandiose ! Quelle magnificence suprême que bien peu de sites égalent, que nul ne surpasse. C'est la plaine de Sardes tout entière, avec le fleuve qui l'arrose : ce sont les ruisseaux jaseurs, les prés opulents qu'ils sillonnent, les moissons dorées, les ruines gisantes, membres épars, dirait-on, d'un Titan foudroyé, puis les tentes, les campements de quelques nomades barbares qui seuls hantent ces

campagnes, les montagnes qui s'étagent, sublime encadrement, avec le Tmolus ceint jusqu'aux premiers mois de l'été d'un blanc diadème de frimas ; et sur cette immensité silencieuse planent, comme des aigles divins, trente siècles de souvenirs et de noms glorieux.

Cyrus, imprudemment défié par le roi Crésus, vainquit le roi, détruisit le royaume et ajouta la Lydie à son vaste empire. Le tombeau de Cyrus existe encore.

Non loin d'Ispahan, dans la plaine de Mourgab, un monument s'élève que les habitants appellent Meschedi-maderi-Souleïman, tombeau de la mère de Salomon. Dans une grande partie de l'Orient, toutes les ruines d'origine incertaine sont attribuées par la voix populaire au grand Salomon, de même qu'en Provence tout est l'œuvre de Marius et dans le reste de la Gaule tout est l'œuvre de César.

Ce tombeau se rapporte assez bien aux indications, du reste quelque peu différentes, que donnent Diodore de Sicile et Strabon. Sur un massif carré présentant quatre degrés et fait de blocs de grand appareil, un édicule est placé. Une porte très basse accède dans la chambre qu'il renferme. Quelques fûts de colonnes incomplets et probablement de construction plus moderne, s'alignent en avant du monument.

Comment mourut Cyrus ? on ne sait ; ou pour mieux dire on nous fait tant de récits divers de la fin du grand conquérant que sachant trop on ne sait plus rien. Jus-

tin raconte que Cyrus périt dans un combat livré contre les Scythes. Il ajoute qu'une reine, Tomyris, fit décapiter le cadavre et que plongeant la tête dans un vase plein de sang, elle s'écria : « Bois ce sang dont tu eus « toujours soif et qui ne te désaltéra jamais. » Rubens, dans un très beau tableau que possède le Louvre, raconte cet épisode. Tomyris y est devenue une princesse flamande, splendidement drapée dans le brocart et la soie. Elle a ses suivantes, belles, roses, blondes et faisant glorieux étalage de leurs charmes opulents.

Selon Ctésias, Cyrus mourut dans une expédition contre les peuples de l'Inde. Selon Xénophon, il s'éteignit paisiblement dans son lit, prévenu de sa fin prochaine par un songe, exhortant ses fils et remerciant les dieux de leur constante protection. Selon Lucien, il mourut âgé de plus de cent ans ; mais les violences de son fils Cambyse attristèrent et avancèrent ses derniers instants.

Quand de semblables incertitudes environnent le simple fait de la mort d'un roi, on ne saurait en toute assurance affirmer l'authenticité de son tombeau. Le monument de Mourgab paraît bien cependant être celui que visita Alexandre, au dire de Quinte-Curce et d'Arrien, monument qu'il trouva déjà pillé, ou que ses soldats pillèrent ; on y reconnaissait déjà le tombeau de Cyrus.

Midas de Phrygie, le roi Midas qui dut l'acquisition d'une paire d'oreilles d'âne à la rancune d'Apollon (*genus irritabile vatum*, la race des poètes est irascible), est un personnage à demi légendaire. Son nom

cependant est resté attaché à un tombeau creusé et sculpté dans un roc isolé sur la route ou plutôt la piste qui va de Brousse à Afioun-Kara-Hissar. La façade est toute plate, couronnée d'une sorte de fronton, et ornée, sans grande variété, de losanges en creux alternant avec de petits quadrilatères.

Plus authentiques probablement et certainement beaucoup plus remarquables sont les tombeaux que réunit la nécropole royale de Persépolis.

« Au levant, nous dit Diodore de Sicile, à quatre « plèthres environ de la citadelle, se trouve le mont « royal où sont les tombeaux des rois. C'est un rocher « taillé, dont l'intérieur renferme plusieurs comparti- « ments où étaient déposés les cercueils. Aucun pas- « sage, fait par la main de l'homme, n'y donnait accès; « c'est au moyen de machines artificiellement con- « struites que les corps étaient descendus dans les « tombeaux. »

On compte sept tombeaux, et ce nombre égale celui des monarques Persans de la dynastie des Achéménides, depuis Darius fils d'Hystaspe jusqu'à Darius Codoman qu'Alexandre vainquit et détrôna.

Les tribus errantes qui parcourent seules l'emplacement de Persépolis appellent ces monuments *cherk-almas*, le talisman ou le diamant du destin. Elles rêvent qu'un talisman est là caché, et tous ceux qui ont voulu le conquérir ont été, dit-on, arrêtés par les démons gardiens de la mort. Cette légende des trésors mystérieux reparaît partout en Orient, dès que subsistent quelques ruines considérables.

La montagne est faite de marbre blanc compact assez

pur et que le ciseau, laborieusement mais sans danger d'effondrement, a pu excaver et tailler.

On ne peut atteindre les tombes qu'au moyen de cordes fixées au sommet de la falaise et en se laissant glisser au long de la paroi jusqu'aux cadres découpés où elles s'enferment. Les mieux conservées et les plus belles sont celles de Darius fils d'Hystaspe et de Xercès son fils. Décrire l'une, c'est décrire l'autre ; elles sont semblables. Quatre colonnes (tout est taillé dans la masse) se dressent à demi engagées. Leurs chapiteaux sont faits de têtes de taureaux réunies deux par deux. Une porte apparaît : cette porte n'est rien qu'un motif architectural, un trompe-l'œil, une vaine apparence. Des pillards ont ébréché là le roc, mais sans pouvoir pénétrer plus avant. Les chambres sépulcrales, s'il en fut, avaient quelque autre issue restée inconnue.

Au-dessus de l'entablement que portent les colonnes, court une frise à denticules. Puis douze lions s'alignent, groupés six par six. Puis, dans le cadre rétréci, deux rangs de soldats Perses armés et faisant l'office de cariatides, soutiennent comme un pavois que deux têtes de taureaux terminent. Un homme est là porté en triomphe ; il revêt une longue robe, son front ceint la tiare, il s'appuie sur un arc et lève la main dans un geste d'adoration. Un autel est devant lui et le feu sacré y flamboie. Les Perses, on le sait, sectateurs de Zoroastre, étaient adorateurs du feu.

Ces monuments commémoratifs des mémoires royales ont pu, quoi qu'en dise Diodore de Sicile, n'être jamais que des glorieux cénotaphes ; ce n'est pas sans quelque apparence que nous doutions tout à l'heure de

l'existence de chambres sépulcrales. Les Perses en effet éprouvaient une répugnance égale pour l'ensevelissement ou la crémation. Dans le Vendidah, l'un des livres de l'Avesta, nous voyons ces deux usages formellement réprouvés. A l'exemple des Guèbres ou Parsis qui maintiennent encore aujourd'hui la foi de Zoroastre et les coutumes recommandées par lui, il se peut que les anciens Perses aient le plus souvent abandonné leurs cadavres sur de hautes tours où les oiseaux librement venaient les dévorer. L'âme ainsi s'envolait sans obstacle vers le ciel et le vent emportait les poussières humaines. Livrer un corps à la flamme eût paru un sacrilège, le feu étant chose entre toutes sacrée, la manifestation visible d'Ormuzd suprême principe de la lumière et du bien.

Aux côtes d'Anatolie, non loin de Rhodes, Makry donne son nom à un golfe parfaitement abrité, très profond, véritable port naturel où des escadres entières sont plus d'une fois venues mouiller. L'entrée est étroite, facile cependant. La nature avait préparé là l'emplacement d'une cité considérable, les anciens n'eurent garde de l'oublier. Ils fondèrent Telmissus, nom maintenant oublié et que remplace celui de Makry. Telmissus comptait au nombre des villes les plus importantes de la Lycie entre lesquelles toutefois Xanthus paraît avoir gardé longtemps la prépondérance.

La Lycie ne tient pas une place considérable dans la géographie de l'Asie Mineure, non plus que dans son histoire. La Lycie comprenait cette région montagneuse, resserrée qui s'étend du golfe de Makry au golfe d'Adalia. Elle était limitée au nord par la Carie, à l'est par

la Pamphylie, au sud et à l'ouest par la Méditerranée. Presque toutes les villes étaient situées au bord de la mer; ce qui indique chez la nation des instincts de navigation et de commerce. Hérodote dit que les Lyciens étaient originaires de Crête et remontaient à une très haute antiquité. C'est aussi l'opinion de Strabon. Il attribue même la construction des célèbres murailles de Tyrinthe près d'Argos en Grèce, à des cyclopes qu'un certain Prætus aurait amenés de Lycie. Plus tard, à une époque où les mystérieuses ténèbres des légendes se dissipent un peu, nous voyons la Lycie conquise par Arpage, lieutenant du grand roi de Perse. Cette domination ne paraît pas avoir été acceptée sans résistance et sans rancune; car quelques années plus tard les cités Lyciennes se prononcèrent unanimement en faveur d'Alexandre. Lors du partage de l'empire du grand conquérant Macédonien, la Lycie échut à Antigone, puis aux Séleucides. Les Romains lui laissèrent une apparence d'autonomie et d'indépendance; mais quelques séditions au cours du règne de l'empereur Claude et le meurtre de quelques citoyens Romains donnèrent prétexte à un asservissement complet.

En quelque obscurité que les Lyciens aient maintenu presque toujours leur destinée, ils nous laissent des tombeaux curieux, caractéristiques, et c'est assez pour que nous leur consacrions des pages que leur très humble renommée ne semblait pas devoir mériter.

Makry apparaît tapi au fond du golfe, et les montagnes s'écartent comme pour lui faire place. Makry ne mérite plus tant d'honneur; c'est une bourgade misérable et que la crainte des fièvres de l'été dépeuple

durant près de la moitié de l'année. Une petite rivière, le Méis, débouche dans la mer un peu au delà des dernières maisons. Là, plus que partout ailleurs, l'aspect des lieux a certainement beaucoup changé depuis les temps où Telmissus était, où Makry n'était pas encore. La rivière, la mer, quelquefois aidées des tremblements de terre, se sont associées dans une œuvre de destruction. Où il était un port, il est un grand marais saumâtre et les roseaux y dressent un rempart ondoyant; où s'étendaient les quais, s'étalent des bourbiers et les grenouilles y coassent. L'eau peu profonde, frappée par un soleil ardent, s'échauffe, croupit; des bulles de gaz crèvent à la surface. C'est un laboratoire où la fièvre prépare ses poisons.

Un tombeau est là émergeant du marécage. Il nous fallut pour l'atteindre le secours d'une barque; et cette barque n'avançait qu'à grand'peine, glissant, rampant sous l'effort des gaffes enfoncées dans la vase.

Ce tombeau, placé sur un cube monolithe aujourd'hui presque complètement submergé, mesure environ quatre mètres de hauteur totale. Secoué par quelque commotion volcanique, il n'est plus en parfait aplomb. Plus long que large, il se compose de deux parties parfaitement distinctes : le corps même du monument, puis une sorte de couronnement. La face qui regarde le golfe présente quatre compartiments. Des nervures épaisses, ou pour mieux dire des poutrelles, s'y coupent et forment la croix. Ce mot de poutrelles qui s'applique aux constructions de bois convient fort bien ici : car ici la pierre imite le bois et le maçon a pris modèle

sur l'œuvre du charpentier. Peut-être les premiers tombeaux qu'élevèrent les Lyciens étaient-ils de bois, la supposition est vraisemblable, et lorsqu'ils substituèrent l'emploi de la pierre à l'emploi du bois, ils conservèrent les formes consacrées, changeant de matière sans changer de style. L'idée est singulière, bizarre, mais cette bizarrerie même est un trait qui caractérise une civilisation et un art.

La partie supérieure, le toit, pourrait-on dire, forme l'ogive, et dans son tympan une ouverture est béante, qu'une dalle sans doute fermait autrefois. C'est par là que le corps était introduit. Une antéfixe occupe le faîte : elle portait quelques détails sculptés, bien frustes maintenant. Au tympan de l'ogive, sur les surfaces inclinées que présente le toit et sur la face postérieure, le ciseau avait aussi modelé des sculptures qu'on ne peut plus deviner que vaguement. Le monument toutefois subsiste dans son ensemble, en bon état de conservation. Pas une pierre n'y manque. Les pierres du reste, toutes de très grandes proportions, sont très peu nombreuses : cinq ou six au plus.

La corniche qui sert de point d'appui au couronnement accuse une très forte saillie. Elle porte sur des modillons largement espacés ou plutôt sur des cubes taillés dans la pierre et qui simulent l'extrémité de poutrelles intérieures. Il est encore sur les faces latérales d'autres saillies cubiques. On dirait un de ces cénotaphes faits de charpente que l'on dresse parfois au chœur de nos églises. C'est là un type non pas unique (on a signalé et recueilli plusieurs tombeaux presque semblables sur l'emplacement d'autres cités Lyciennes);

mais c'est un type très curieux, essentiellement original et qui paraît particulier à la Lycie.

On peut croire que ces monuments sont antérieurs à la conquête d'Alexandre, sinon même à la conquête Perse.

Le tombeau, envahi par les eaux que nous venons de décrire, apparaît isolé. Mais la principale nécropole s'étend des pentes orientales de l'Acropole jusqu'aux montagnes qui limitent l'horizon. C'est un espace considérable et qui put renfermer une nombreuse population de morts. Rien n'atteste mieux l'importance qu'atteignit l'antique Telmissus. Au reste, en exceptant un théâtre, ruine très confuse et devenue une carrière, les tombeaux sont les seuls monuments qui subsistent et parlent du passé.

Les tombeaux que l'on rencontre chemin faisant sont d'époque et de style divers; quelques-uns même ne paraissent pas remonter au delà de la domination Romaine.

On traverse des prés opulents qu'un ruisseau rafraîchit; puis le sol se relève. On gagne les premières pentes des montagnes qui prêtent à toute cette région un si majestueux encadrement. Ces montagnes sont des sépulcres. Le ciseau a taillé, excavé de toute part leurs flancs de rocher.

Les tombeaux les plus nombreux répètent le type Lycien déjà signalé et connu. Encore l'imitation évidente des constructions en bois. La façade (toute taillée dans la masse, ici il n'est pas de pierre rapportée) simule assez exactement l'intérieur d'une grande armoire ou d'une cabane. Solives et poutres sont indiquées,

même les charnières et les chevilles. Il est quatre panneaux formés par des poutrelles qui se croisent. L'un des deux panneaux inférieurs, celui de droite, était fermé par une dalle mobile qui toujours a disparu. En effet, aucune de ces tombes ne paraît avoir échappé aux visites et aux dévastations des pillards. Quelquefois il n'est que deux panneaux. Jamais trace de décoration à l'intérieur, et la chambre sépulcrale est toujours unique et fort petite. Les Égyptiens le plus souvent dissimulaient avec un soin jaloux l'entrée de leurs tombes, réservant pour les salles secrètes et que seul le mort devait habiter, toutes les magnificences décoratives; toujours ils s'efforçaient de mettre à l'abri de l'outrage les restes confiés à la terre. Au contraire les Lyciens ne prenaient que peu de précautions pour défendre leurs morts; quelques dalles suffisaient à leur piété peu inquiète, et toujours épris d'ostentation, ils réservaient pour l'extérieur le labeur et les recherches du ciseau.

Les tombes se superposent dans la falaise; on en compte deux, trois, jusqu'à quatre étages. Quelques escaliers étroits, à demi ruinés, serpentent, grimpent au vif du rocher et ménagent un accès malaisé à ce cimetière aérien. Certaines tombes sont aujourd'hui inaccessibles et les aigles peuvent sans crainte y abriter leur nid.

Auprès des monuments purement Lyciens et que leurs mensonges ingénieux, chevrons, poutres, chevilles simulés, désignent aussitôt; il en est d'autres, très probablement plus modernes, et qui accusent un style nouveau, même une civilisation nouvelle.

Le plus considérable, le plus beau, le mieux con-

servé porte le nom et consacre le souvenir d'Amintas. Cet Amintas fut sans doute un personnage de grande richesse et de grand renom ; car de l'importance de la tombe on peut vraisemblablement conclure à l'importance du défunt. L'emplacement choisi paraît déjà indiquer une intention flatteuse. C'est un enfoncement demi-circulaire; des pentes abruptes, hérissées d'arbres et de broussailles, l'encadrent. Amintas se trouve un peu à l'écart des autres morts; il les domine de haut, de loin, et son tombeau affecte la majesté d'un trône.

Quatre degrés fort élevés composent un perron. Puis s'étale un pompeux frontispice. Deux colonnes ioniques sans cannelures déploient leurs volutes; les antes sont décorées de petites rosaces. L'ante de gauche porte en beaux caractères grecs le nom du défunt. Au-dessus d'une corniche que soutiennent des modillons un peu forts, un fronton règne, surmonté d'une large antéfixe tout unie, mais que des peintures sans doute ornementaient. La polychromie était un usage général dans les monuments grecs, et le tombeau que nous décrivons reflète une influence grecque évidente : peut-être fut-il taillé sous Alexandre ou sous ses successeurs immédiats.

Un peu en arrière, dans l'axe de l'entrecolonnement central, apparaît une haute porte aux pieds-droits harmonieusement inclinés. Deux consoles soutiennent la corniche qui la surmonte ; on y reconnaît vaguement quelques traces de couleurs. Cette porte a deux vantaux partagés en compartiments, et de larges clous y sont indiqués. Le dernier compartiment de droite seul constituait la véritable porte. Une dalle la fermait et l'on

voit encore, ménagée dans la pierre, la rainure où elle glissait. Des soffites sont indiqués au plafond de l'étroite enceinte qui s'étend entre la colonnade et la porte. La chambre intérieure est petite et sans ornementation. Tout alentour sont disposés des lits taillés au vif du rocher comme tout le monument et qui sans doute portaient des sarcorphages.

Dans cet intéressant tombeau l'ensemble est irréprochable. Il y a un heureux équilibre des lignes, de la richesse, de l'élégance et même une certaine grandeur. Les détails au contraire ne sont pas d'une parfaite finesse. Un architecte habile, semble-t-il, a fourni les plans ; mais les ouvriers ont, en les traduisant, altéré et trahi la pensée première. Les volutes des chapiteaux sont sans grâce, les bases des colonnes d'une hauteur exagérée ; la porte cependant est d'un fort bel aspect.

Quelques visiteurs, sottement vaniteux, ont inscrit leurs noms sur le rocher ; on y lit la nomenclature complète de l'équipage d'un brick français ; et les matelots ont trouvé plaisant d'accompagner cette inscription d'une représentation sommaire et très naïve de leur vaisseau. A part ces outrages fâcheux, le monument subsiste dans un admirable état de conservation. Les herbes ont germé aux fentes de la pierre, les lianes épineuses se suspendent aux corniches du fronton ; mais c'est là une parure agreste qui ne messied pas aux tombeaux. Les fleurs sont une joie qui console un peu la grande tristesse des ruines.

Les Phéniciens eurent des cités opulentes, des comptoirs nombreux échelonnés tout alentour du vaste bassin de la Méditerranée, si bien que cette mer put sembler

quelque temps être un lac Phénicien ; ils eurent des colonies qui égalèrent et dépassèrent même la puissance de la métropole, ils eurent des flottes hardies, des équipages vaillants qui portèrent leurs aventureuses explorations sur les côtes méridionales de l'Afrique et jusqu'aux terres alors fabuleuses de la Scandinavie ; ils eurent des fonderies de métaux, des ateliers où l'on distillait la pourpre, où l'on faisait des étoffes somptueuses recherchées de toutes les nations ; ils eurent des rois qui méritèrent une grande renommée ; ils eurent des cultes souvent sensuels, voluptueux, quelquefois sanguinaires qui attiraient un concours immense de fidèles ; mais ils n'eurent jamais d'art. Toute leur activité intellectuelle s'absorba dans le commerce et l'industrie. Les peuples qui, comme les Athéniens, comprennent tout, cultivent tout, fécondent tout, sont bien rares dans l'histoire. Tyr, Sidon, Tortose, Carthage devaient produire des marins, de riches armateurs, des généraux, mais pas un seul artiste qui ait laissé un nom. Est-ce à dire que dans ces cités fameuses on ne voyait pas de monuments, de statues ? Sans aucun doute on en voyait ; mais ce n'était pas des créations originales.

La Phénicie, quelque riche qu'elle fût et peut-être parce qu'elle était riche, ne put jouir le plus souvent que d'une indépendance précaire. Toute-puissante longtemps sur mer, elle était faible sur terre et son étroit territoire ne pouvait pas opposer une résistance bien redoutable aux grands empires qui l'enserraient. Aussi la Phénicie, attentive avant tout à préserver de la guerre et du pillage ses opulents comptoirs, se résigna-t-elle sans peine à payer tribut : tribut aux rois d'Égypte lors-

qu'ils étendirent leur domination sur l'Asie ; tribut plus tard aux rois d'Assyrie et de Perse, lorsqu'ils firent reculer les Pharaons. Enfin tous ces grands despotes de l'Afrique ou de l'Asie auraient trouvé difficilement dans leurs sujets les éléments de bons équipages de mer. Aussi empruntèrent-ils à la Phénicie ses matelots et ses navires. Au cours de son existence, la Phénicie fut le plus souvent vassale, ce qui du reste n'excluait pas une certaine indépendance dans sa vie nationale.

Les monuments élevés en Phénicie et particulièrement les monuments funéraires, les seuls dont nous parlerons, reflètent l'influence étrangère, d'abord et surtout l'influence Égyptienne.

Les Phéniciens plaçaient leurs tombes dans des grottes excavées aux flancs des rochers. Ces grottes ou plutôt ces caveaux, retrouvés encore en grand nombre, notamment auprès de Tortose, sont le plus souvent rectangulaires ; ils présentent deux chambres où les sarcophages étaient déposés, quelquefois dans des niches latérales. Au moins dans les sépultures les plus anciennes, antérieures à la conquête Macédonienne, les détails d'ornementation sont très rares, le roc presque toujours apparaît tout à nu.

Quelques-uns des sarcophages recueillis dans les fouilles sont maintenant au Louvre. Ce sont des cuves le plus souvent de marbre blanc ; le couvercle muni de petites saillies qui permettent de le soulever aisément, affecte la forme d'une gaine et se termine par une tête humaine. C'est là une disposition tout Égyptienne. Ces têtes sont quelquefois couronnées de cheveux finement ciselés, aux boucles pendantes. C'est ce que l'on remar-

que dans un beau sarcophage rapporté de Tortose. Les traits sont purs, élégants, l'expression du visage est douce. Sans doute à dessein et pour murmurer à l'oreille du mort quelque pieuse prière, une des oreilles est percée dans toute l'épaisseur du couvercle. Ce sarcophage qu'un souvenir de la Grèce semble avoir caressé, ne doit pas être compté au nombre des plus anciens.

Celui du roi de Sidon, Eschmounazar, est plus caractéristique et plus curieux. Si une longue inscription Phénicienne ne courait sur le basalte et du couvercle et de la cuve, on pourrait croire que ce sarcophage a été ravi aux nécropoles de Thèbes ou de Memphis. Le visage large et plat a sous le menton cet appendice allongé que les têtes des Pharaons portent si souvent; les yeux sont fendus en amande, les oreilles sont grandes; la coiffure même encadrant symétriquement le front, puis descendant jusqu'au niveau du cou, est toute de mode Égyptienne.

Une terre qui fut illustre dans l'antiquité et qui reprend, grâce à des fouilles heureuses, bruyamment sa place dans l'histoire, Cypre doit être citée après la Phénicie. Les Phéniciens paraissent en effet avoir été, sinon les premiers habitants de cette île, au moins ses premiers civilisateurs. Mais, dans la suite des âges, bien d'autres peuples y envoyèrent des colonies; aussi la population de Cypre fut-elle composée d'éléments très divers. La position géographique de l'île qui en faisait une escale commode, la richesse de ses mines, son culte, Paphos et ses bosquets embaumés où la déesse Astarté s'environnait de prêtresses courtisanes, les fêtes où le plaisir devenait une prière, l'orgie un devoir sacré,

autant d'attraits puissants qui attiraient le voyageur.

Cypre, pas plus que la Phénicie, n'eut d'art national. Les influences étrangères sont évidentes et dans les statues et dans les moindres objets que les tombeaux ont livrés, influence Égyptienne tout d'abord, puis Assyrienne, puis Gréco-Romaine.

Non plus que les Phéniciens et les Cypriotes, les Hébreux n'eurent d'art national. Lorsque la pauvreté, les précaires destinées, les agitations intestines leur laissèrent le loisir et les ressources nécessaires pour entreprendre la construction de quelque édifice, eux aussi ils durent emprunter aux nations voisines leurs artistes, leurs ouvriers, jusqu'à leurs matériaux. Le fameux temple fut, de l'aveu même des récits bibliques, construit avec l'aide d'étrangers nombreux ; et les suppositions les plus vraisemblables permettent de croire que ce monument élevé à la gloire de Jéhovah, était, quant à ses dispositions générales, une imitation des temples Égyptiens.

Au reste, l'esprit hébreu, tel qu'il apparaît dans les livres qu'il a inspirés, est peu favorable au développement des arts plastiques. Un peuple qui longtemps n'eut d'autre temple qu'un coffre de bois pompeusement promené, qui répudiait les images, qui ne pouvait dresser la statue d'un veau sans soulever les furieuses colères et les anathèmes de ses prophètes, n'est pas un peuple qui dût jamais laisser dans les arts une trace profonde.

A Jérusalem les tombeaux sont nombreux et remarquables. Ils confirmeront cependant, ce nous semble, cette impuissance native qui rendit vaine en Palestine toute tentative d'émancipation dans les choses de l'art,

vaine aussi toute recherche d'une conception originale.

Il faut ajouter, et ceci s'applique aux Hébreux plus encore qu'aux Phéniciens, que les conquêtes subies, le vasselage imposé, l'exil et l'asservissement purent entraver le libre développement de la nation Juive. Israël avait de terribles voisins qui l'écrasèrent plus d'une fois; et bien qu'il ne nous ait légué que ses livres et sa mémoire, on ne peut refuser une profonde admiration à ce peuple vivace, lorsqu'on le voit reparaître obstinément après les plus épouvantables désastres.

A trois kilomètres environ de Jérusalem, dans la direction du nord, on atteint les tombeaux dits des rois.

Tout est taillé dans le rocher. On trouve d'abord à quelques mètres au-dessous du niveau de la campagne environnante, une assez vaste enceinte à ciel ouvert. Dans les parois coupées à pic qui l'enferment, une porte est ménagée avec de larges degrés. On pourrait croire que l'on pénètre dans une carrière abandonnée. Mais sur la gauche l'hypogée apparaît.

Elle étalait un frontispice luxueux. Des colonnes s'y dressaient; elles ont disparu, mais les architraves, maintenant suspendues sur le vide, ont gardé trace des chapiteaux qui semblaient les porter. Il est des triglyphes et des métopes décorées de rosaces. Ces détails, évidemment imités de l'architecture gréco-romaine, ont de l'élégance, mais quelque maigreur. Les artistes, venus de loin peut-être, qui ont ainsi sculpté le rocher, n'avaient plus sous les yeux les admirables modèles de la Grèce ou de l'Ionie; ils travaillaient de souvenir, et leur mémoire n'a pas toujours conduit leur ciseau avec une parfaite sûreté.

Une porte basse donne accès aux chambres souterraines. On en compte trois, accompagnées de petits réduits où s'enchâssaient les sarcophages. Aucune trace ni de peinture ni de sculpture. L'eau suinte au long des murailles du rocher noir; quelquefois elle tombe goutte à goutte des plafonds, et c'est le seul bruit qui trouble ces solitudes ténébreuses. Tout cela paraît bien pauvre auprès des magnificences dont la mort en Égypte se montre glorieusement environnée. Mais qu'était-ce qu'un petit roi de Juda ou d'Israël auprès d'un Pharaon de Thèbes ou de Memphis?

Les fouilles entreprises sous la vaillante direction de M. de Saulcy ont fait retrouver quelques-uns des sarcophages. Ils sont maintenant déposés au Louvre. Un couvercle gracieusement enguirlandé de feuillages est le débris le plus remarquable.

A l'est de Jérusalem, s'étend la vallée de Josaphat, plus célèbre que grande. Elle est resserrée entre le mont des Oliviers et la ville sainte. Au-dessus de pentes escarpées et rocailleuses, on voit majestueusement s'étaler le mont Moriah que le temple couronnait, que la mosquée d'Omar domine aujourd'hui, ceignant comme un diadème sa haute coupole de bronze. Le sol n'est que pierres, couche rude où d'innombrables morts se disputent cependant un dernier abri. Ce sont des Juifs; pour eux plus encore que pour les Chrétiens, la vallée de Josaphat est un lieu entre tous sacré. Les Juifs composent environ le tiers de la population totale de Jérusalem. Mais ces Juifs de Jérusalem ne jouissent pas seuls du privilège d'être inhumés dans la sainte vallée. Souvent on y apporte les corps de Juifs morts aux environs.

Quelquefois même, quand l'âge avance et qu'il ne leur reste plus qu'à mourir, des Juifs enfants d'une tout autre région viennent s'établir à Jérusalem ; l'espoir de reposer dans la vallée de Josaphat leur est une consolation suprême, et ils ne veulent pas s'en remettre à la piété de leurs héritiers du soin de les y conduire. Ces tombes ne sont que de lourdes dalles où le ciseau a grossièrement gravé quelque inscription hébraïque. Aux jours où nous visitions Jérusalem, avril rayonnait et faisait épanouir, jusque sur les tombes et les rochers arides, de charmantes petites fleurs. Mais, au versant de la vallée que le mont des Oliviers domine, subsistent des monuments plus importants, plus remarquables et plus anciens. Ils ont aussi une destination funéraire. La mort règne là sans partage.

La légende a donné à ces monuments des noms retentissants : c'est le tombeau de Josaphat, le tombeau d'Absalon, le tombeau de Zacharie, dénominations purement imaginaires et qui se sont plusieurs fois modifiées à travers les âges. Ézéchias, Isaïe ont quelquefois, et à aussi juste titre, disputé sa tombe à Absalon.

Le premier tombeau que l'on rencontre en venant du nord, dit tombeau de Josaphat, rappelle un peu, par ses dispositions principales, les hypogées de Béni-Hassan. Il est entièrement creusé dans le rocher. La falaise, découpée, montre un frontispice décoré de deux colonnes doriques et d'un entablement où s'alignent des triglyphes. L'accès pour le visiteur profane semble impossible ; mais sur la droite un couloir obscur s'élève, creusé au vif de la pierre, et débouche dans la tombe. Deux salles se font suite ; la seconde sert d'étable, et au

Tombeaux de la vallée de Josaphat.

milieu des incertitudes de l'ombre, nous devinons un troupeau sommeillant.

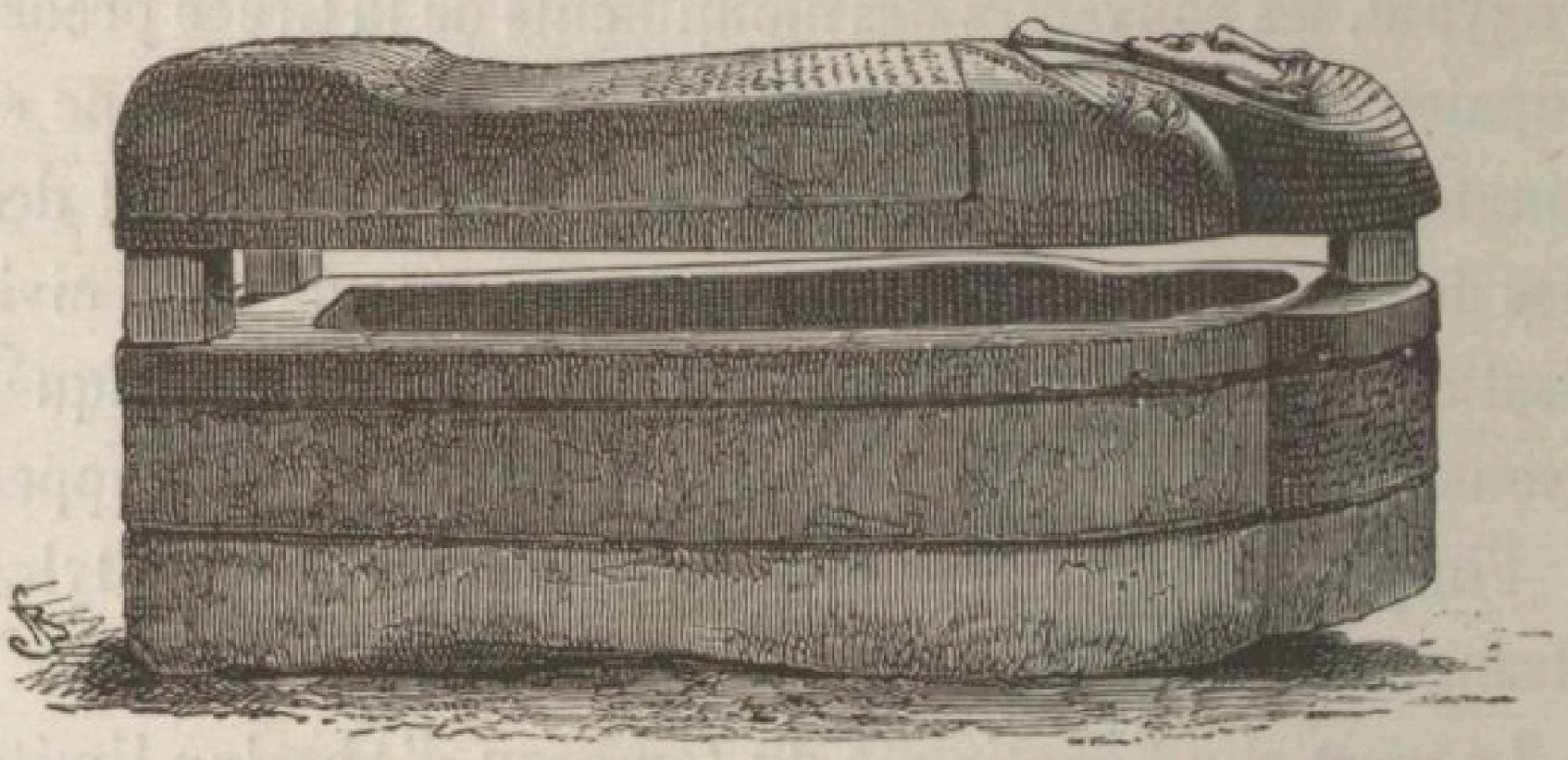
Le tombeau d'Absalon présente un aspect tout différent. Une enceinte, bordée de parois à pic sur trois de ses côtés, enferme un cube de pierre qui, sur chacune de ses faces, porte des colonnes à demi engagées. La volute ionique égaye les chapiteaux. Il y a des triglyphes et de petites rosaces découpées dans les métopes qu'ils séparent. Puis se déploie une corniche très simple, mais d'une saillie puissante et d'un aspect tout Égyptien. Ainsi, l'artiste qui conçut ce tombeau paraît avoir subi une double influence ; les souvenirs des monuments de l'Égypte, les souvenirs des monuments de la Grèce préoccupaient confusément son esprit. La Judée, voisine et longtemps vassale de l'Égypte, voisine de l'Ionie et des îles de l'archipel Grec, était sur le passage de deux civilisations fécondes ; son génie national, peu appliqué, avons-nous dit, aux choses de l'art, ne pouvait échapper à l'impérieux envahissement du goût et des styles étrangers.

La corniche Égyptienne du tombeau d'Absalon limite et couronne ce qu'on peut appeler la partie basse du monument. La partie supérieure est faite de blocs rapportés. Un tambour arrondi se superpose à un massif carré, et une sorte de coupole très allongée, terminée en pointe, forme le faîte. Une brèche, violemment ouverte par les chercheurs de trésors, conduit dans une chambre sans aucun ornement.

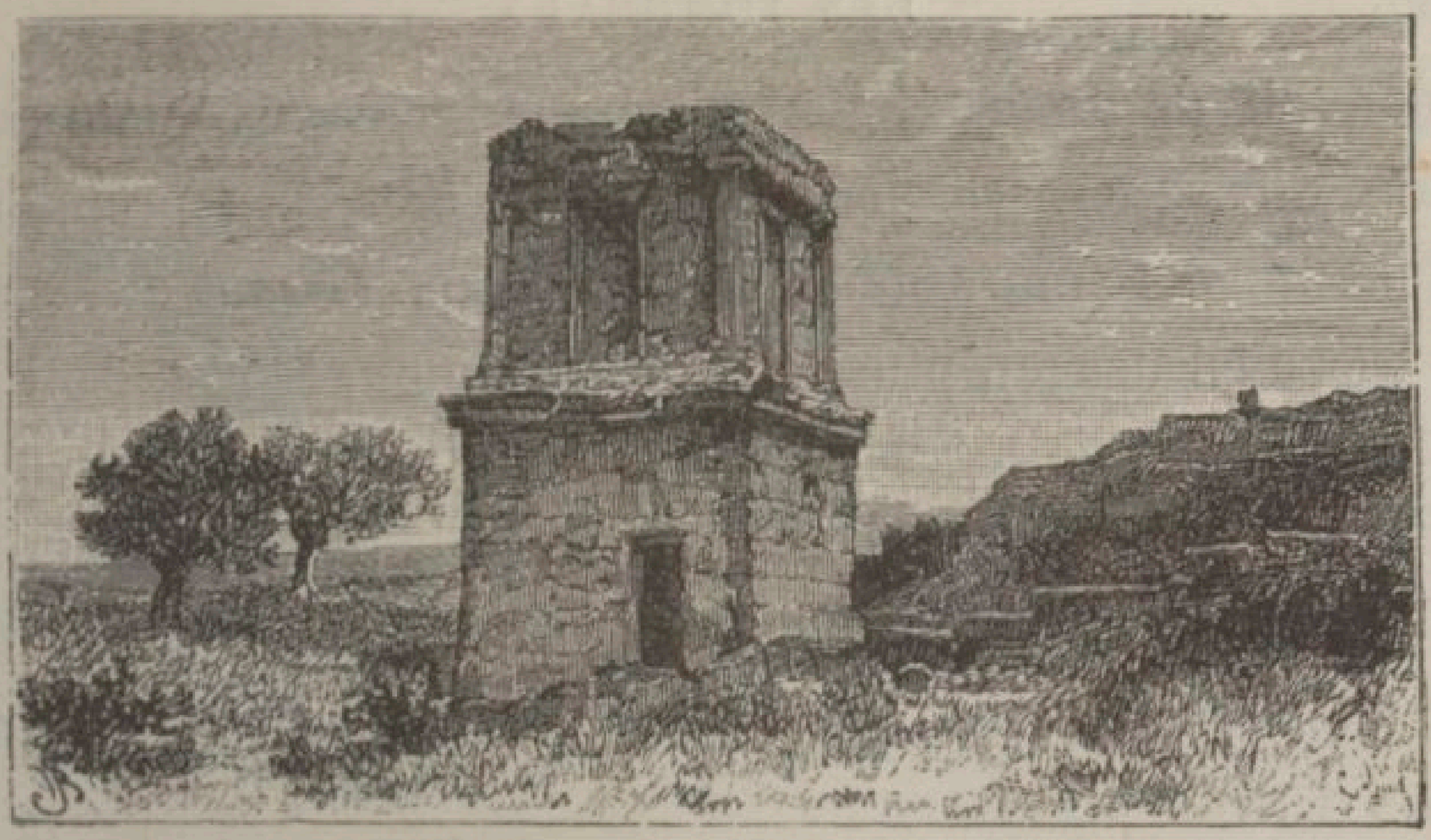
Bien que des éléments très divers s'y trouvent rassemblés, l'ensemble du monument ne manque ni de noblesse ni d'originalité.

Le tombeau de Zacharie, comme celui d'Absalon, se compose d'un cube de pierre taillé dans le rocher; mais il n'est pas un seul bloc rapporté qui vienne s'y superposer. Aux quatre faces apparaissent des colonnes ioniques à demi engagées. Le monument se termine en forme de pyramide, autre réminiscence de l'Égypte.

Préciser l'âge de ces monuments curieux, mais sans aucune inscription et de style un peu incohérent, n'est pas chose facile. Il ne nous semble pas cependant que l'on puisse avec vraisemblance les reporter jusqu'à une époque beaucoup antérieure à l'ère chrétienne.



Sarcophage d'Eschmounazar, roi de Sidon.



Tombeau dit de Théron à Agrigente.

CHAPITRE III

PAGANISME

ÉTRURIE ET GRÈCE

La civilisation Étrusque est beaucoup plus ancienne que la civilisation Romaine.

De même que l'on dégage une pierre antique des broussailles qui l'enguirlandent, si l'on dégage l'histoire des festons de la légende, Rome au berceau nous apparaît comme un repaire de proscrits, d'aventuriers, de pasteurs pillards, lorsque déjà rayonnent en Étrurie des cités florissantes. L'orgueil des historiens Romains avoue, tout en s'efforçant de l'atténuer, l'influence de l'Étrurie sur leur ville naissante. Les Tarquins, les plus puissants

des rois de Rome, étaient d'origine Étrusque. Rome dut aux Étrusques ses premiers architectes, ses premiers monuments (murs de défense, travaux d'égout qui sont encore en usage), plusieurs de ses dieux, l'organisation de certains collèges sacrés, les augures et la science augurale, les courses de chars, les gladiateurs et leurs jeux sanglants, toutes choses plus ou moins recommandables qui occupèrent une place considérable dans la vie des Romains.

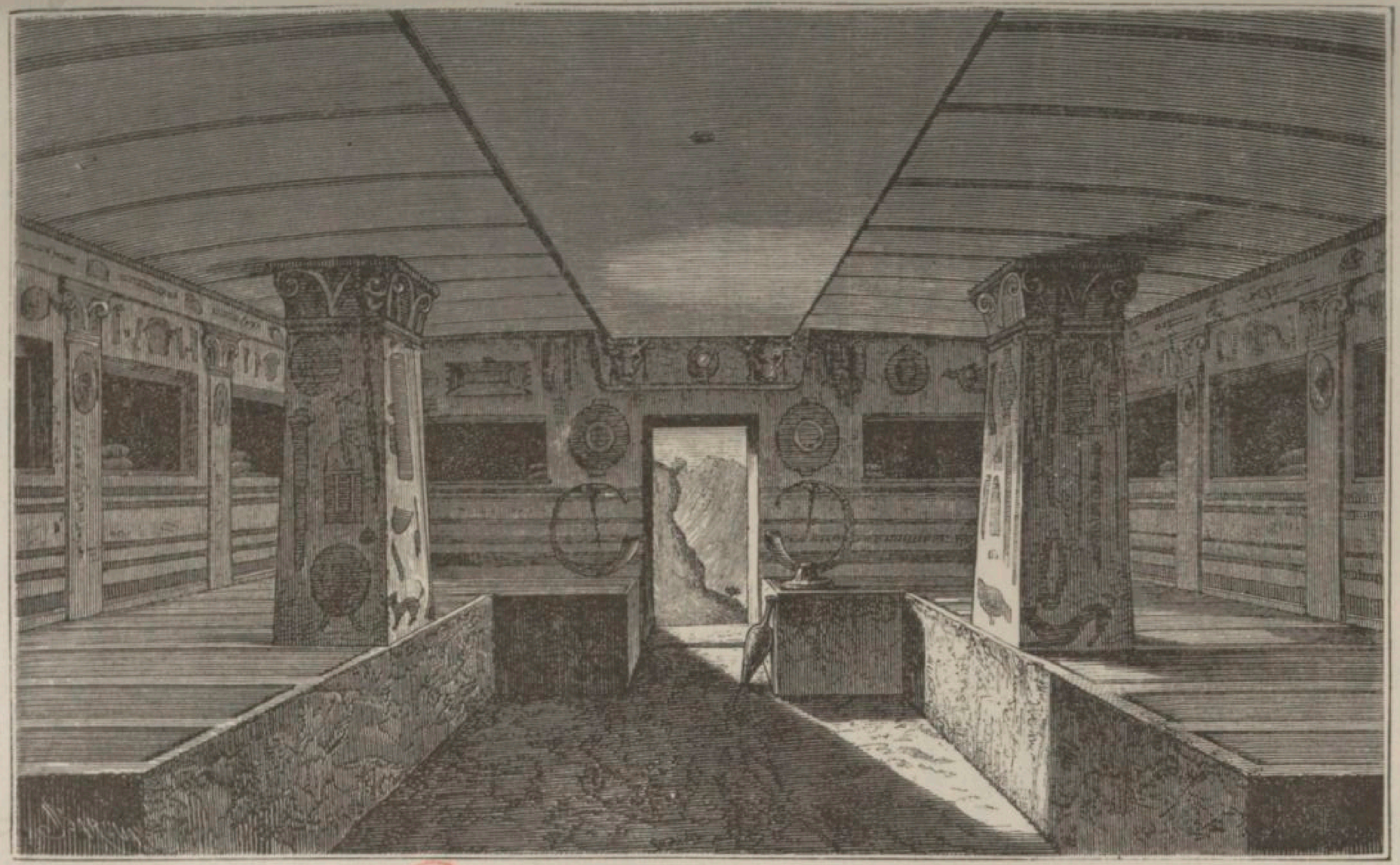
Les Étrusques cependant sont un peuple mystérieux ; on connaît mal leurs lointaines origines, et presque aussi mal leur histoire aux jours même où ils tenaient dans l'Italie centrale le premier rang. Les Étrusques furent grands, puissants, on peut l'affirmer : car, disons-nous, leur part est considérable dans les gloires de la civilisation Romaine. Non moins grands, non moins puissants ils se révèlent, lorsque nous franchissons le seuil de leurs tombes, des monuments qu'ils élevèrent à peu près les seuls qui nous soient restés.

Ces tombes se défendaient par leur mystère, de là leur heureuse conservation.

En 1829, un bœuf labourant enfonça de son pied un antique plafond. Une chambre sépulcrale apparut ; d'autres furent découvertes. C'était la nécropole de l'antique Vulci.

Un coup de pioche égaré, un soc de charrue heurtant une pierre, tels sont les incidents qui le plus souvent ont révélé aux archéologues la présence d'une nécropole Étrusque.

Les tombes sont souterraines et taillées dans le rocher. L'entrée, soigneusement dissimulée, est étroite et donne



Intérieur d'un tombeau Étrusque.

directement accès dans une salle qui le plus souvent n'excède pas une hauteur de deux mètres et demi, et sept à huit mètres de largeur. Quelquefois des piliers ont été ménagés dans la masse du rocher, souvent des chambres plus petites se groupent symétriquement autour de la première. Souvent aussi le plafond affecte la saillie et la double inclinaison d'un toit très peu élevé. A droite, à gauche règnent des bancs de rocher, quelquefois sur plusieurs rangs, et faisant comme des degrés. Les sarcophages y étaient placés. Il y a aussi des cases excavées et qui recevaient des urnes ou de petits sarcophages. Qu'on nous pardonne une comparaison vulgaire appliquée à une chose qui ne l'est pas ; mais ces salles, environnées de bancs funèbres et de cases, rappellent un peu les chambres des paquebots avec leurs divans et leurs couchettes superposées.

La décoration est souvent d'une rare magnificence et toujours d'une parfaite harmonie. A Vulci, une tombe entre les plus belles présente des objets divers sculptés et relevés de couleurs. Ce sont des armes : épées, glaives, casques aux longues aigrettes, boucliers ronds, l'*aspis*, comme l'appelaient les Romains, qui, plus tard, préférèrent et adoptèrent dans l'armement des légions le *scutum*, bouclier oblong qui protégeait mieux le soldat. Puis ce sont des têtes de taureaux, des jambières de bronze, des trompettes recourbées. Les Étrusques inventèrent la trompette, s'il faut en croire le grammairien Servius et quelques autres auteurs :

> Tyrrhenusque tubæ mugire per æthera clangor,

chante Virgile : « La voix de la trompette tyrrhénienne mugit dans les airs. »

A Corneto, à Toscanella, à Cœre, qui groupent de nombreuses sépultures Étrusques, les murs de rocher déroulent des scènes de guerre, des jeux, des danses. Les lutteurs vont se saisir, les gladiateurs combattent, les chars courent emportés dans la carrière. Bien qu'il y ait dans les draperies certaines gaucheries conventionnelles, les mouvements sont bien saisis; les visages reflètent peu d'expression, mais les corps font jouer avec aisance et noblesse leur forte musculature. Tout semble indiquer chez le peuple qui a taillé ces tombes, l'habitude et le goût des exercices corporels, l'éducation de la palestre et du gymnase. Par malheur, on entrevoit aussi un esprit violent, dur, sanguinaire même. Les combats sont souvent répétés, et les massacres de prisonniers ; ces exécutions se rattachaient peut-être à quelques cérémonies religieuses, mais la douceur et la clémence ne paraissent pas avoir été les vertus dominantes des Étrusques. Ils aimaient le sang.

Les Étrusques cependant étaient souvent lettrés, et à la connaissance de leur langue, dont la science commence non sans peine à pénétrer les mystères, ils joignaient souvent la connaissance de la langue Grecque. Les poèmes d'Homère leur étaient familiers ; ils leur ont emprunté les sujets de quelques-unes des peintures qui décorent leurs tombes, et plus souvent les scènes qui animent si gracieusement leurs vases.

Les couleurs employées dans ces peintures murales sont parfois un peu conventionnelles (les siècles toutefois ont dû les altérer et l'on peut croire que certains

chevaux que nous voyons verdâtres n'ont pas toujours été ainsi). Peu de nuances, des enluminures peu variées, brutalement juxtaposées, toujours harmonieuses cependant. Le plafond a parfois des carreaux multicolores qui simulent la décoration d'une étoffe, et l'on dirait que l'artiste a voulu éveiller le souvenir d'une tente suspendue au-dessus d'une enceinte sacrée.

On sait quelles merveilleuses trouvailles les nécropoles Étrusques réservaient à leurs heureux inventeurs. Les anciens bien souvent ont prodigué les richesses à leurs morts, mais aucun peuple avec une plus fastueuse libéralité que les Étrusques. De là sont venus ces vases si nombreux et souvent si admirables par l'élégance des formes, par la magnificence de l'ornementation, qui encombrent nos musées. Quinze mille ont été recueillis dans la seule nécropole de Vulci. De là sont venus ces bijoux, colliers, bagues, pendants d'oreilles, couronnes d'or dont nos joailliers ne dédaignent pas d'imiter les finesses et les grâces délicates.

La plupart des tombes, telles qu'on les visite aujourd'hui, sont dépouillées de leurs richesses. Cependant, à une heure de Pérouse environ, une sépulture Étrusque subsiste, conservant au moins une partie de son curieux mobilier.

Nid féodal, Pérouse est perchée au sommet d'une haute colline. De là, pour gagner l'antique nécropole découverte seulement au cours de l'année 1840, il faut incessamment descendre. La route fuit dans la direction de Rome; elle est rapide, rocailleuse et maintenant déserte le plus souvent. La voie ferrée accapare marchandises et voyageurs.

Parfois des chênes se dressent aux talus que les pluies ont ravinés, et leurs racines mises à nu pendent dans le vide. Les oliviers grisâtres, les figuiers sombres, les mûriers à la verdure plus claire, opposent dans les champs leurs feuillages variés. Les montagnes composent un amphithéâtre plein d'une majesté que tempère cependant une grâce discrète. Cette nature, sans accidents étranges, sans surprises violentes, respire le calme et la sérénité.

Auprès d'un ruisseau qui fait serpenter aux cailloux d'un lit trop large ses eaux à demi taries, quelques collines s'alignent. Des chênes les ombragent. Là sont les tombes.

Nous descendons un long escalier, car ce sont des retraites mystérieuses où le jour ne pénètre jamais. Les morts fuient la vue importune de la lumière et de la vie.

La porte est basse ; ses lourds battants de pierre tournent lentement sur leurs gonds. Le seuil franchi, nous entrons dans une salle d'une parfaite régularité. Le tuf peu résistant mais compacte s'est laissé tailler sans peine. Murs, portes, plafond et jusqu'aux bancs dont la salle est entourée, sont la même masse monolithe.

Le plafond relevé au centre, formant angle et simulant des poutrelles, affecte l'apparence d'un toit. Au-dessus de la porte, un disque, représentation naïve du Soleil, darde ses grands rayons, tandis que de chaque côté fuient deux Dauphins recourbant leur longue queue. Une chaînette de bronze suspend au milieu de la salle un Amour de terre cuite qui sans doute, aux jours des funérailles, allumait une lampe dans ses mains mignonnes.

Trois par trois six portes s'ouvrent à droite et à gauche. Les ténèbres y sont si profondes qu'elles semblent opposer au profane une infranchissable barrière, et sous les lumières qu'on avive elles ne se dissipent qu'à regret. Une septième porte s'ouvre dans l'axe même de l'entrée ; elle donne accès dans une salle, sorte de sanctuaire dont les morts sont les dieux. Cette porte est surmontée d'un bouclier sculpté portant une tête de Chimère ; de chaque côté deux têtes d'homme du plus beau caractère se font pendant.

Nous entrons, la salle est carrée. Au plafond une tête de Méduse ouvre les ailes dont son front est armé. Ces monstres qui, dans les fables de la mythologie, nous apparaissent pleins d'horreur et semant l'épouvante, sont calmes, placides. Cela est vrai et de la tête de Méduse et de la tête de Chimère. Cependant cette placidité, ce calme, cette beauté, car ces têtes sont belles, dissimulent un mystère, cachent une menace. Quelle pensée sombre couve là ? Sous la flamme dont nous les effleurons, ces mornes visages s'éclairent. N'est-ce pas une férocité qui se recueille et attend ? Le sphinx devait ainsi s'enfermer dans une implacable tranquillité, lorsqu'il méditait ses énigmes de mort. Les grands yeux que l'émail blanchit attirent nos yeux, longuement les fascinent, et nous suivons, non sans un charme profond, ces regards qui semblent contempler dans la nuit une vision invisible pour nous.

Tout alentour de la salle le tuf se taille en gradins réguliers. Là, les générations, tour à tour descendues dans la tombe, sont venues étager leurs cendres. Les urnes, le plus souvent, sont de forme carrée et longue

d'un demi-mètre. Elles déroulent des combats, des scènes funéraires, la mêlée furieuse de monstres fantastiques; sur le couvercle qui les ferme la figure du défunt apparaît à demi couchée. C'est une assemblée silencieuse. Ces hommes qui vécurent, il y a plus de vingt siècles, semblent s'être réveillés à notre approche et s'accouder pour nous faire un accueil courtois. Celui qui les préside se place au milieu d'eux, c'est sans doute le chef de cette longue lignée et comme un chêne au milieu de la futaie qu'il a lentement enfantée, il trône fier de sa race et de sa fécondité. Sa statue reflète le caractère personnel, nettement accentué d'un portrait; des draperies hardiement jetées l'enveloppent, et tranquilles, pleins d'une élégante majesté, des génies funèbres lui prêtent la protection de leurs grandes ailes.

Les femmes au contraire des hommes, ne sont pas représentées couchées, mais assises gravement, ainsi que des matrones, austères gardiennes du foyer domestique.

Toutes ces urnes portent des inscriptions Étrusques. Une seule porte tout à la fois une inscription Étrusque et une inscription Latine. Elle est évidemment d'une époque beaucoup plus moderne; le dernier des Volumnii (telle est le nom de la famille dont nous visitons la sépulture) y fut peut-être enfermé. Les urnes anciennes sont faites de travertin ou de terre cuite revêtue de stuc, celle-ci, au contraire est de marbre blanc. Elle ne porte pas de figure, mais affecte la forme d'un petit temple selon un goût tout Romain.

Les six portes que tout à l'heure nous signalions aux

côtés de la salle d'entrée, accèdent dans autant de chambres, elles aussi, contenant des urnes. Ces urnes sont généralement plus simples ; quelquefois même la grossièreté du travail trahit la condition obscure et misérable des défunts. Sans doute les cendres qu'elles renferment, sont celles de parents éloignés, pauvres, tolérés plutôt qu'acceptés, de clients peut-être ou même d'affranchis. On sait que les anciens habitants de l'Italie aimaient ainsi à réunir dans une commune sépulture non seulement tous les membres d'une même famille, mais aussi le cortège d'obligés, d'esclaves, de parasites dont toute famille patricienne avait vécu pompeusement environnée. Le tombeau continuait la maison et la foule y était aussi nombreuse.

Aux urnes de ces salles secondaires les inscriptions Latines abondent. Cette sépulture de Pérouse. non pas une des plus anciennes, mais l'une des plus belles et des mieux conservées, fut sans doute établie au temps ou l'Étrurie maintenait son indépendance nationale, mais elle reçut des hôtes après que cette indépendance eût pris fin. Les premières cendres sont celles de citoyens libres, les dernières sont celles de sujets de Rome.

Sur l'une des six salles latérales s'ouvre une dernière chambre ; elle fût probablement établie postérieurement.

De ci, de là nous rencontrons quelques motifs de sculpture bien conservés et d'une puissante originalité. Au centre d'un plafond c'est une magnifique tête de femme encadrée d'amples draperies ; plus loin deux petites Chouettes sont prêtes à s'envoler du mur où elles

perchent. Souvent surgissent et sur les parties et sur les parois de roches, de grands Serpents de terre cuite qui nous menacent de leur dard fourchu.

Dans ces retraites qui réunissent les plus lointains ancêtres et les derniers enfants, il y a encore des places vides, et si un bruit incertain trouble ce grand silence, toutes choses ont été si bien respectées, le passé est si bien présent, que la pensée rêve aussitôt la pompe de nouvelles funérailles et quelque Volumnius venant occuper la place qui l'attend.

Dans un petit musée voisin de cette belle sépulture, on a rassemblé les objets les plus fragiles qui furent découverts : des armes, un bouclier, des miroirs de bronze et deux grands vases. L'un accuse, pour tout ornement, sur ses anses, deux têtes de femme en forte saillie et gracieusement enguirlandées de fleurs. L'autre déroule sur sa panse une belle frise de personnages finement dessinés.

Une quantité de poteries, dont l'argile reste nue, sont les dépouilles des tombes plus pauvres qui furent explorées aux flancs des mêmes collines où se cache la sépulture des Volumnii.

Les premiers tombeaux qu'élevèrent les Grecs, paraissent avoir été de simples *tumuli*. Dans la campagne que l'épopée à demi fabuleuse du siège de Troie a remplie des plus illustres souvenirs, quelques tertres faits de main d'homme, des collines, des amoncellements plus considérables surgissent, et la science, d'accord avec la tradition populaire, y reconnaît des sépultures. Nous devons dire cependant que les fouilles récemment poursuivies n'ont fait découvrir aucun reste humain

dans ces tumuli ; peut-être n'ont-ils contenu que des cendres aisément confondues avec la terre qui les recouvrait.

M. Schliemann (dès que l'on parle de Troie et des âges héroïques de la Grèce, ce nom maintenant fameux vient aussitôt à la pensée), M. Schliemann, dans des fouilles dont nous avons pu de nos yeux juger l'importance et l'immense intérêt, avait retrouvé, au plateau d'Hissarlik, au lieu où quelques géographes plaçaient ce qu'ils appelaient l'*Ilium recens*, une cité très peu récente, fort ancienne au contraire, toute primitive, accusant une civilisation ou plutôt une barbarie curieuse, enfin une cité qui a pu être assimilée sans invraisemblance à l'Ilion d'Homère. Là déjà M. Schliemann avait recueilli en grand nombre des objets d'or.

Après avoir exhumé la ville des vaincus, M. Schliemann, l'esprit toujours possédé des souvenirs que chante Homère, entreprit d'étudier la ville des vainqueurs. C'était chose plus aisée. La ville d'Agamemnon, du roi des rois, Mycènes subsiste, déserte sans doute, armée cependant de ses robustes murailles, telle à peu près que Pausanias la vit au second siècle.

Des fouilles hardies, profondes, comme M. Schliemann sait les faire, attaquèrent le sol de l'Acropole ; et à vingt-cinq pieds au-dessous du niveau actuel des terres, cinq tombes et, plus tard, une sixième apparurent. Elles sont enfermées dans l'Acropole, derrière le puissant bastion, construit en pierres d'énorme appareil, qui flanque et protège sur la droite la célèbre porte des Lions. C'est là une particularité remarquable et qui seule témoignerait déjà de l'importance des person-

nages ainsi inhumés, si l'abondance et la splendeur des objets retrouvés avec les cadavres n'en témoignaient plus éloquemment encore. Mycènes semble avoir vu dans ces dépouilles un dépôt sacré, un gage de grandeur, une protection ; sa citadelle les a reçues comme elle recevait les dieux.

Les fosses étaient taillées dans le rocher et complétées par quelques pierres grossièrement appareillées. Sur un lit de cailloux, une couche de bois avait été posée. Le cadavre y avait été étendu, et le bois enflammé l'avait non pas consumé, mais seulement cuit et desséché ; on a pu recueillir, en effet, quelques fragments d'ossements. Les métaux n'avaient subi d'autre altération que celle provoquée par la pression des terres.

De l'or, encore de l'or, voilà dans quel mot magique se résume l'inventaire des objets exhumés. Les rêves de trésors enfouis qui hantent la pensée des pasteurs paissant leurs troupeaux aux ruines des pays d'Orient, ont été tout d'un coup réalisés. Et cela tient du prodige. M. Schliemann n'est pas seulement un homme vaillant, acharné, plein de foi (et la foi, fût-elle un peu crédule, est une force singulière), c'est un heureux. M. Schliemann a du flair, et dans ses trouvailles il semble porter quelque chose de cet instinct qui permet au chien de retrouver le sentier mal frayé, le maître perdu ; M. Schliemann suit à la piste les héros du passé.

Colliers, diadèmes, masques qui couvraient le visage selon une mode que l'Égypte connaissait, sceptres, bracelets, bagues, pendants d'oreilles, écailles avec de petites rosaces et des représentations de poulpes et

autres animaux marins, feuilles qui magnifiquement émaillaient les vêtements, coupes, pectoraux dont les femmes décoraient leur corsage, tout est d'or et travaillé le plus souvent au repoussé. L'onyx, le cristal de roche, l'agate, l'ambre, l'ivoire, s'y incrustaient. On a retrouvé aussi des armes et jusqu'à des chaudrons de bronze. Le mort emportait dans sa tombe le meilleur de ce qu'il possédait. Et grandes étaient les richesses des chefs de la cité des Atrides, Mycènes abondante en or, comme chante Sophocle.

Ces tombes étaient environnées d'une enceinte à peu près circulaire, qu'une sorte de banc fait de pierres limitait. On suppose que les anciens de la ville y venaient siéger et délibérer. Ils avaient sous les pieds les restes des héros qu'un culte national consacrait, ils avaient devant eux les murailles puissantes de l'Acropole, puis la plaine d'Argos, les montagnes environnantes et le golfe gracieux où se tapit Nauplie. Quel lieu auraient-ils pu trouver qui fût plus glorieux, plus admirable? Où donc la voix du passé pouvait-elle mieux conseiller le présent?

Quelques dalles taillées avec soin et décorées de sculptures ont peut-être surmonté les tombes. Des ornements un peu naïfs y sont représentés; des spirales confusément enroulées, puis des scènes de chasse et de guerre, maladroites mais non sans vigueur. Jamais trace d'inscription. L'écriture et l'usage du fer paraissent avoir été complètement inconnus à ces lointains seigneurs de Mycènes.

M. Schliemann, que les hypothèses aventureuses n'effrayent pas assez, a voulu saluer dans les tombes si

heureusement retrouvées par lui, les tombes d'Agamemnon et des siens. D'Agamemnon! Y songe-t-on? Avant de dire qu'Agamemnon mourut et fut inhumé dans l'acropole de Mycènes, il conviendrait sans doute d'élucider un peu ce qu'était le personnage d'Agamemnon. On doit excuser cependant cet élan superbe, ce cri d'enthousiasme. Si M. Schliemann n'était pas un croyant, un dévot d'Homère, il n'aurait pas fouillé Troie, fouillé Mycènes, mis au jour ces très curieuses et très anciennes sépultures; il n'aurait pas rassemblé ces objets si divers, ces trésors merveilleux qui nous en apprennent plus sur les âges héroïques que les plus savantes dissertations. M. Schliemann raisonne la pioche à la main, et c'est une excellente méthode; s'il ne refait pas une histoire que les fables poétiques où se complaisaient les Grecs, ont profondément altérée, au moins prépare-t-il, et c'est un service éminent, les matériaux qui permettront peut-être un jour de la reconstituer.

A une très faible distance en avant de la porte des Lions, tous les voyageurs qu'attire le grand nom de Mycènes, visitent le monument dit Trésor d'Atrée. Cette chambre circulaire, qui prend jour par une porte surmontée d'un énorme linteau, fait naître aussitôt dans l'esprit la pensée d'une destination funéraire. Toutefois la question reste controversée et trop incertaine pour que nous puissions ici classer parmi les tombeaux ce très curieux monument. Plusieurs monuments du même genre, mais moins importants et plus ruinés, ont été signalés au site de Mycènes. Ils répètent les mêmes dispositions : porte unique, chambre circulaire, grand cône de pierre qui, en se rétrécissant, ar-

rive à couvrir l'enceinte comme d'un simulacre de voûte.

Mycènes est un nom légendaire, Marathon est un nom historique. Celui-là évoque le souvenir de crimes dont la muse tragique a longtemps épouvanté le théâtre; celui-ci évoque le souvenir d'une lutte héroïque, réelle et aussi belle que les plus admirables fictions, lutte où le monde Grec, petit par les terres occupées, grand par le génie et l'influence civilisatrice, triompha du plus immense empire qui fût alors. La plaine de Marathon garde les *tumuli* où furent inhumés ceux qui payèrent la victoire de leur vie. Ces *tumuli*, qui ne sont plus que des amoncellements confus de terre, ont peut-être porté des inscriptions et quelques détails d'ornementation aujourd'hui disparus.

Un marbre recueilli à Marathon, et longtemps conservé au temple de Thésée, témoigne que l'on ne se contenta pas toujours d'un peu de terre pour consacrer le souvenir des braves morts en combattant. C'est une haute stèle où un hoplite est représenté en pied de grandeur naturelle. Posé de profil, il tient de sa main gauche une longue pique, tandis que la main droite pend inoccupée au long du corps. Il porte des jambières une cuirasse qui se fixe à l'épaule; sur les cuisses, sur les bras s'échappent les derniers plis d'une courte tunique. La tête est coiffée d'un casque qui dessine nettement la forme du crâne. La barbe et les cheveux étagent des boucles symétriques. On dirait qu'un coiffeur venu de l'Assyrie les a peignés et tressés. Ce n'est pas la seule particularité qui rapproche cette curieuse sculpture des bas-reliefs qu'étalaient les palais de Ninive. La

figure est de profil; l'œil est de face. Le visage est sans expression, calme, béat. Le marbre garde des traces nombreuses et facilement reconnaissables de peinture. La simplicité de la pose a quelque chose d'enfantin; et cependant cette naïveté n'exclut pas une certaine noblesse. Le corps est bien proportionné et étudié avec vérité.

Ce marbre, comme les intéressantes métopes de Sélinonte, accuse en toute évidence les influences Asiatiques que subit le génie Grec avant de dégager sa sereine et triomphante originalité. Les Grecs eux-mêmes ont eu des maîtres avant de devenir maîtres à leur tour, et les plus admirables entre les maîtres.

Puisque nous sommes à Athènes, nous citerons encore quelques tombeaux qui y sont conservés.

A Athènes comme à Rome l'usage était de placer les sépultures en dehors de l'enceinte. Dans une lettre que Serenus Sulpicius adresse à Cicéron, le fait est formellement confirmé. Un certain M. Marcellus avait été assassiné. Sulpicius ajoute à ce propos : « Je ne pus obtenir « des Athéniens qu'ils me donnassent un lieu de sépul- « ture dans l'intérieur de la ville, parce qu'ils disaient « en être empêchés par la religion et qu'ils n'avaient « jamais auparavant accordé cela à qui que ce fût. »

Toutefois, si c'était la règle ordinaire, cette règle avait subi quelques exceptions; les Athéniens n'auraient pas dû en perdre le souvenir. A l'Acropole même, l'étroite enceinte que les célèbres cariatides de l'Erechthéion limitent et si noblement encadrent, enfermait le tombeau de Cécrops. Ce tombeau, il est vrai, ne contint probablement jamais qu'un souvenir; mais le

tombeau dit de Cimon, au flanc de la colline de Musée, paraît avoir été autre chose qu'un tombeau d'apparat : il était cependant compris dans l'enceinte d'Athènes.

« Cimon, dit Hérodote, fut enterré devant la citadelle, « au delà du chemin qui traverse le Cœlé, et vis-à-vis « de lui sont enterrés ses chevaux qui avaient gagné « trois fois le prix aux jeux Olympiques. »

Voilà sur quel titre, confirmé par quelques mots de Plutarque, on décore le tombeau subsistant encore du grand nom de Cimon. Un cadre formant parallélogramme, où peut-être s'enchâssait une dalle de marbre ou quelque décoration architecturale, enferme une sorte de niche taillée au vif du rocher; elle mesure un peu plus d'un mètre de largeur sur plus de deux mètres de longueur. Une dalle la partageait en deux compartiments. Deux cadavres ont pu y reposer côte à côte.

Un peu en dehors d'Athènes, et près de la route du Pirée, on a découvert en ces dernières années une vaste nécropole. En Grèce comme en Italie, on groupait souvent les tombes auprès des grandes voies publiques.

Les tombes retrouvées sont des âges les plus divers. Des sarcophages romains, byzantins même ont reparu auprès de stèles du siècle de Périclès. Le sol n'est que débris le plus souvent confus. Quelques assises à grand appareil sont peut-être les derniers vestiges du rempart qui ceignait la ville. Il est des égouts qui maintenant encore versent une eau fétide et transforment en cloaques les terres basses que la pioche a défoncées; il y a des murs d'une direction incertaine, un atelier de poterie, un four où furent retrouvés des vases que le feu n'eut pas le temps de cuire complètement; il y a des

lions, des taureaux de marbre qui ont surmonté quelques fastueuses sépultures, des inscriptions qui commencent des phrases interrompues; il y a enfin des monuments plus considérables et plus curieux que la sollicitude attentive des archéologues, sans souci de l'aspect pittoresque, a emprisonnés dans des cloisons de bois et protégés d'un grossier grillage. Ce sont des *heroa*, tombeaux qui accusent la pensée d'une consécration triomphale. Les notes recueillies par nous sur les lieux signalent deux grandes figures de femmes en haut relief d'un très beau caractère et enveloppées de draperies amples et souples; puis une composition, de proportion plus petite, représentant le combat d'un Grec et d'une Amazone. L'Amazone, vêtue seulement d'une courte tunique, chevauche fièrement; elle a jeté bas son ennemi, qui s'efforce en vain de se relever. Celui-ci est nu, jeune et d'une héroïque beauté. C'est là une œuvre qui certainement remonte à une époque où le génie grec rayonnait en sa plus charmante floraison.

En dépit de la pioche qui la menace et des tranchées partout béantes, une très humble église se dresse au milieu de ces poussières païennes. Plusieurs fois au cours de la journée elle fait sonner sa petite cloche, appel attristé et qui reste sans écho.

Les musées de Grèce, d'Italie, de France, possèdent en très grand nombre des dalles de marbre souvent surmontées d'une gracieuse antéfixe; au-dessous d'une inscription elles encadrent une scène sculptée. Parfois c'est un repas, et les esclaves s'empressent autour des convives; parfois deux figures, l'une debout, l'autre

assise, se donnent amicalement la main, transparente allégorie des adieux suprêmes. Ces marbres, presque toujours de grandeur médiocre, avaient une destination funéraire.

Ce ne sont pas les seuls objets que les fouilles aient fait découvrir sur l'emplacement des nécropoles grecques. Les Grecs, comme bien d'autres peuples de l'antiquité, mettaient auprès du mort quelques-unes des choses qui lui avaient été chères : des armes, des vases, des statuettes, souvent des bijoux (les plus beaux ont été retrouvés dans des tombes), des miroirs, triste ironie! quel besoin de hideux squelettes ont-ils de se mirer? Au tombeau d'une jeune fille, à Athènes, on a recueilli une boîte de fard. Du fard pour qui n'a plus de visage!

Mais si les trouvailles qu'ont prodiguées, que prodiguent souvent encore les tombes grecques, sont précieuses, admirables, ces tombes elles-mêmes ne présentent presque jamais un ensemble monumental. A Argos quelques sépultures récemment découvertes et visitées par nous, n'étaient que des chambres fort petites excavées dans le rocher et sans aucune ornementation. A Pœstum, à Métaponte, anciennes colonies grecques, et que les solennelles colonnades de leurs temples si majestueusement décorent, les tombes ne sont rien que débris informes, à demi effacés sous les hautes herbes.

Les Grecs cependant, l'histoire en fait foi, avaient élevé des tombeaux importants par leur masse ou leur magnificence, soit sur leur petite terre natale, soit dans leurs lointaines colonies, soit chez les nations environ-

nantes où la faveur et le faste des rois appelaient leurs artistes fameux. On connaît les splendeurs du tombeau de Mausole, que l'admiration universelle proclama une merveille du monde. Ces monuments ont disparu, et bien que nos voyages nous aient conduit à peu près dans tout ce qui fut le monde grec, nous ne connaissons que deux tombeaux de proportions monumentales qui soient l'œuvre probable des Grecs. L'un, posé près de la mer, à quelque distance des ruines de Cnide, en Asie Mineure, présente un massif carré fait de gros blocs et que paraissent avoir décoré des colonnes à demi engagées. Parmi les fragments dispersés tout alentour, on reconnait des triglyphes et des tambours sans cannelures. Une salle ronde occupe le centre du monument. Un grand Lion de marbre se tenait sur le faîte. Il a été transporté à Londres.

L'autre tombeau, mieux conservé, est en Sicile, à Agrigente.

Au pied des ruines du temple dit d'Hercule, une large entaille fait brèche dans le rocher. Une route passe là descendant vers la mer. C'est la porte d'Or, celle même que forcèrent les Romains lorsque leurs assauts triomphants leur livrèrent l'opulente cité d'Agrigente. A quelques pas au-dessous de l'enceinte antique, encore reconnaissable, surgit un monument qu'on appelle le tombeau de Théron. Mais ce nom, comme il est arrivé tant de fois, a été donné un peu au hasard.

Diodore de Sicile, parlant du siège d'Agrigente par les Carthaginois, nous dit : « Annibal (un premier Annibal, « non pas le vainqueur de Cannes), désirant attaquer « la ville sur plusieurs points à la fois, ordonna à ses

« soldats de démolir les tombeaux et de combler les « fossés jusqu'aux murailles. Grâce au grand nombre « de bras, cet ordre fut promptement exécuté. Cepen- « dant l'armée entière fut saisie d'une crainte superstitieuse : car le tombeau de Théron, monument d'une « grandeur immense, venait d'être ébranlé par la « foudre; c'est ce qui engagea quelques devins à s'op- « poser à la démolition de ce monument. »

Le tombeau encore debout est grand, mais non pas immense; toutefois Diodore de Sicile a pu exagérer. Mais il est une objection plus grave : le style même accuse une époque plus récente que celle où mourut Théron. Théron gouvernait Agrigente en même temps que Gélon régnait à Syracuse; leurs armées réunies combattirent à Himère en 480 contre les Carthaginois. Théron mourut en 470. Théron était un tyran fastueux, prodigue, longtemps populaire; il envoyait ses chars disputer les palmes d'Olympie, et Pindare a immortalisé ses victoires. « Hymnes, rois de la lyre, quel dieu, quel héros, « quel mortel chanterons-nous? Jupiter règne à Pise; « Hercule fonda l'Olympiade, monument d'une guerre « heureuse; le quadrige de Théron a remporté le prix. « Célébrons le vainqueur! Théron est le plus fidèle des « hôtes; il est le rempart d'Agrigente, le régulateur de « la cité; il est l'honneur de ses nobles ancêtres qui, « après les longues douleurs où leur âme fut en proie, « fondèrent près du fleuve leur sainte demeure. Ils « furent l'œil de la Sicile, et le destin propice couronna « d'opulence et de gloire leurs sincères vertus.... Depuis « cent années, Agrigente n'a produit aucun citoyen qui « soit plus que Théron le bienfaiteur de ses amis, et

« dont les mains soient plus magnifiques.... » Des mains magnifiques : qu'on note ce détail, qui paraît toucher spécialement le poète.

Le tombeau dit de Théron n'est pas indigne de l'homme dont Pindare célèbre ainsi l'opulence et la libéralité. C'est un massif carré construit en assises régulières. Il se rétrécit en s'élevant. Une corniche d'une saillie puissante l'entoure à peu près à la moitié de sa hauteur totale.

Là, marquant les quatre angles, s'appuient quatre colonnes dont les chapiteaux enroulent la volute ionique. Les fûts inclinent vers le centre du monument, qui affecte ainsi une forme un peu pyramidale. Aux quatre faces, quatre fausses fenêtres dessinent leurs contours austères.

Enfin une ligne de triglyphes court sur la dernière assise. Le couronnement manque. Cette ordonnance est bien simple, mais harmonieuse, et l'heureuse sobriété des détails, l'équilibre des lignes, la teinte rougeâtre de la pierre, qu'un ciel ardent a calcinée, tout prête au vieux tombeau une souveraine majesté.

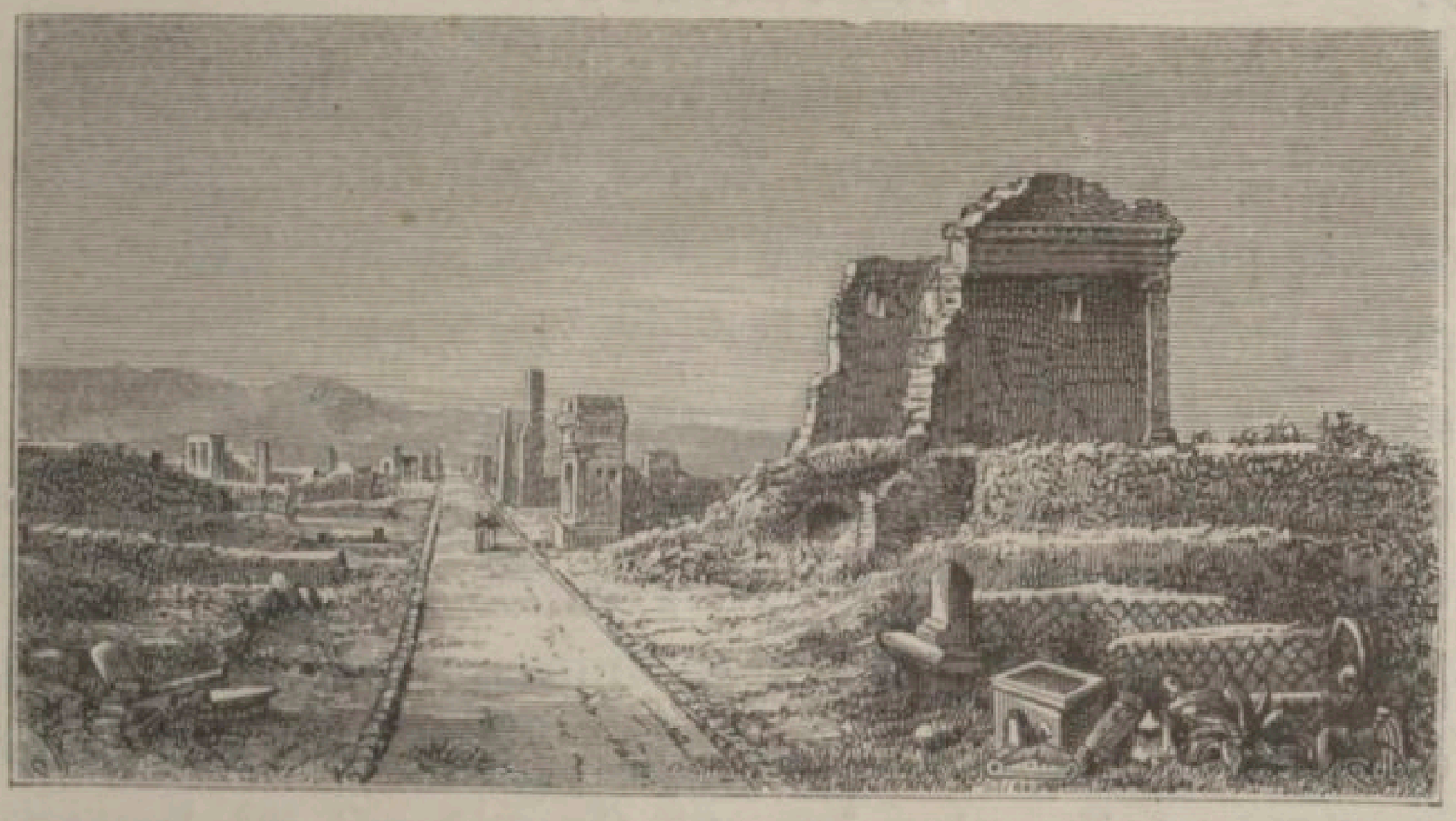
Nous devons dire que tous les archéologues ne s'accordent pas sur l'âge de ce monument ; si quelques-uns lui attribuent une origine Grecque, d'autres ne veulent pas en faire remonter l'érection au delà de la conquête Romaine. Selon eux, il daterait seulement du premier ou du second siècle avant l'ère chrétienne. Quoi qu'il en soit, si le tombeau de Théron n'est pas une œuvre issue de mains grecques, c'est certainement une œuvre inspirée, et très heureusement, du style et des modèles grecs.

Et quel encadrement merveilleux ! Quel paysage solennel, et comme en rêvait le Poussin ! D'un côté, les

blocs amoncelés, les rochers renversés et fendus, qui maintenant confondent leurs ruines, marquent l'enceinte que tant de braves se sont disputée. Puis monte un plateau rocailleux où les temples s'échelonnent, colonnades grandioses alignées comme des phalanges en bataille. Puis ce sont de vastes solitudes qui furent une cité ; puis, plus haut, Girgenti, honteuse fille d'Agrigente, végète, resserrée en un étroit espace : car la vie s'est retirée dans ce qui fut l'Acropole, cherchant, semble-t-il, un suprême refuge contre la mort partout envahissante.

Enfin s'étagent des montagnes radieuses, dorées, trônes sublimes où dignement siégerait l'assemblée des dieux. De l'autre côté, vers le sud, quelques pâles oliviers tordent leurs troncs crevassés, étreignent la terre de leurs racines noueuses. La campagne descend par de molles ondulations jusqu'au rivage, et la mer resplendit, encadrant cette terre si belle et si glorieuse dans son immensité souriante.

Athènes, stèles funéraires.



Voie Appienne (Rome).

CHAPITRE IV

PAGANISME

GAULE ET ROME

Dans ce voyage à travers les tombes que tous les âges laissent visibles encore, nous nous efforçons de suivre un certain ordre chronologique. Il semblera cependant plus d'une fois que nous remontons le cours des siècles après l'avoir descendu : car des splendeurs d'une civilisation glorieusement épanouie nous retomberons aux ténèbres de la barbarie ; après des monuments magnifiques, énormes, qui accusent un art original et puissant, nous trouverons des ébauches grossières, œuvres de quelque peuple enfant. C'est que l'humanité ne mar-

che pas comme une armée, obéissant au même esprit, poursuivant d'une ardeur égale les mêmes conquêtes, et marquant sur un front immense toujours le même pas ; l'humanité, surtout dans les âges lointains, va tout à la débandade. Tel groupe, mieux doué peut-être, ou favorisé par l'avantage du climat, la fertilité de sa terre natale, court déjà à des progrès rapides ; tel autre groupe, souvent sorti d'une commune origine, rampe encore misérablement, pauvre, ignorant, sauvage, dans quelque région plus ingrate. Ceux-là ont un langage parfaitement formé, un culte, des dieux, des castes ; ils élèvent des temples, ils cultivent des champs, ils promulguent des lois, ils bâtissent des villes, ils prospèrent, ils rayonnent. Ceux-ci, au même instant, au delà de quelque mer, derrière quelque chaîne de montagnes, ne sont encore que des tribus errantes ; ils n'emploient qu'un langage barbare, ils ont des huttes, et c'est là le dernier effort de leur industrie ; ils disputent aux ours, aux aurochs, les antres et les cavernes, ou bien, plus craintifs, ils vont suspendre, au milieu des eaux d'un lac, des bourgades de bois ; bêtes fauves autant qu'hommes, ils vivent des bêtes fauves, empruntant leurs peaux pour se couvrir, leurs os pour façonner des armes. L'art n'est rien là que le tâtonnement d'une industrie en enfance ; les hommes ont des troupeaux, mais ils semblent plutôt les esclaves que les maîtres de ces troupeaux, et la recherche des pâturages est souvent la première, la plus puissante cause des migrations, des guerres et des conquêtes. L'homme civilisé, le sauvage ont coexisté, coexistent encore, et ce n'est pas toujours sans vérité qu'Égyptiens, Grecs, Romains, dans l'orgueil

de leur prospérité, ont appelé barbares tout ce qui n'était pas eux.

Mais l'homme, et c'est là une loi qui partout se vérifie, dès qu'il veut se faire artisan, répète les mêmes essais, subit les épreuves du même apprentissage. C'est ainsi que partout l'homme a composé ses premières armes d'os, de pierres taillées d'abord, puis, son habileté grandissant, de pierres percées et polies ; c'est ainsi que partout les premiers tombeaux dressés par lui ont été des *tumuli*. Les pyramides elles-mêmes, de tous les tombeaux que les siècles nous aient légués, les plus anciens comme les plus grands, sont des *tumuli*, formidables, il est vrai, très savamment, très soigneusement construits, mais qui restent cependant encore une imitation des buttes grossières que les peuples primitifs dressaient sur la sépulture de ceux qu'ils avaient perdus.

Bien que l'usage de brûler les corps soit fort ancien (Achille, dans les Chants homériques, brûle pompeusement Patrocle), nul doute que l'inhumation n'ait été le premier moyen employé pour épargner aux yeux le lamentable spectacle d'un cadavre en dissolution. La terre, retirée de la fosse et rejetée sur le corps, composait déjà un petit monticule ; des pierres y furent ajoutées, sans doute pour faire obstacle aux recherches avides des hyènes et des loups. Puis, pour désigner la sépulture de quelque chef illustre, on exhaussa encore ce grossier amoncellement ; ce fut une butte, souvent une colline, quelquefois une montagne. Ainsi font encore les peuplades qui errent aux frontières du Canada et dans quelques États de l'Amérique du Nord; ainsi

firent longtemps les hommes qui peuplaient la Gaule, l'Espagne, la Grande-Bretagne avant la conquête Romaine. Tacite, parlant des Germains, dit aussi : « Leur « tombeau est un tertre élevé. »

Toutefois, il faut signaler, dans ces mêmes pays, après les simples *tumuli* nombreux encore, des monuments plus étranges, plus curieux, les monuments dits Celtiques. Ils sont communs ; on en voit encore aux environs même de Paris, un à Épone, un autre près de Lardy au-dessus de la vallée d'Étampes, un autre encore près de Saint-Léger-des-Bois, sur la lisière de la forêt de Rambouillet. Rien de moins varié que les produits de cette architecture mégalithique. Des hommes qui n'ont que des bras robustes, et savent remuer de grosses pierres, mais non pas les tailler, pas même les dégrossir, ont bientôt réalisé toutes les combinaisons possibles de construction. Ils peuvent dresser une pierre, et c'est le *men-hir ;* ils peuvent en dresser plusieurs en files symétriques, et voilà des alignements comme ceux qui traversent les landes de Carnac ; ils peuvent les disposer en cercle, et voilà le *cromlech ;* ils peuvent encore planter deux pierres en terre et en faire les supports d'une troisième pierre, c'est le *dolmen* (table de pierre) ; ils peuvent enfin, juxtaposant des pierres dressées sur deux rangs et les couvrant de pierres plates, composer des chambres ou bien des avenues, c'est là leur suprême chef-d'œuvre. Quel est l'âge de ces monuments ? On ne saurait le dire avec quelque certitude, et les archéologues, dans leurs hypothèses, enjambent capricieusement les siècles. Sans affirmer que dolmens et menhirs soient l'œuvre d'une

race disparue et qui précéda les peuples dont triompha César, on reconnaît unanimement qu'ils sont antérieurs à la conquête Romaine, mais peut-être d'assez peu. Quelle était la destination de ces monuments mystérieux? Même difficulté pour faire une réponse précise. Nous dirons toutefois que, dans les allées couvertes et sous les dolmens, on a presque toujours trouvé des débris humains ; nous pouvons donc en conclure que si c'était là, comme on le soutient souvent, des autels, des lieux d'épreuves, des temples, c'était aussi des tombes. Combien de fois, dans l'histoire et dans la légende, ne trouve-t-on pas ainsi les morts et les dieux partageant les mêmes honneurs ?

Les dolmens, avons-nous dit, abondent en France (et combien cependant on en a dû détruire au cours des âges parcourus) ; on en rencontre dans le Centre, dans le Midi, à Draguignan, dans l'Ouest, aux portes de Poitiers, près de Beaugency, dans la vallée de la Loire, en Bretagne surtout. Faut-il citer ceux de Locmariaquer, celui de Saint-Nazaire, cent autres encore? Toutefois, les deux plus remarquables de ces monuments sont ceux de Gavrinnis et de Saumur.

Gavrinnis est une très petite île de l'archipel du Morbihan. Là, sous un tumulus, s'enfonce une galerie longue d'environ 12 mètres et qu'une chambre termine. Les pierres qui forment muraille, portent des sculptures grossières, particularité presque sans exemple. Ce sont des raies, des ronds, comme en improvise un enfant, des serpents, des dessins concentriques qui veulent peut être simuler des trophées faits de boucliers, tout cela sommaire, vaguement symétrique et rappelant

assez bien les tatouages dont certains insulaires de l'Océanie recouvrent leur visage.

L'allée couverte de Bagneux, près Saumur, dite grotte des Fées, non pas enterrée sous un tumulus, mais librement posée sur le sol, a des proportions peu communes ; car elle s'étend sur une longueur de 20 mètres et dresse à plus de 3 mètres de terre son toit fait de pierres énormes. Le nombre total des pierres est de quinze.

Ce monument appartient à un groupe de monuments de même genre et probablement de même époque. Plusieurs dolmens restent debout aux alentours. C'était là un site objet d'une vénération toute particulière.

La France, si riche en monuments mégalithiques, n'en a pas cependant le privilège. Nous avons dit qu'on en connaissait en Angleterre, aux pays Scandinaves, en Allemagne, et maintenant que les recherches archéologiques prennent partout une activité nouvelle, on en signale en Espagne et dans l'Afrique septentrionale. Nous-même, à dix kilomètres d'Alger, sur un plateau qui domine Guyotville, village de création récente, nous avons visité un groupe considérable de dolmens.

Nous laissons derrière nous, lisons-nous dans nos notes de voyage, des champs récemment défrichés et qui déjà promettent leur première récolte. Il est encore des broussailles touffues, hérissées d'épines menaçantes ; la pioche les attaque et y fait large brèche : c'est une conquête laborieuse mais qui sera féconde. Quelques maisonnettes germent toutes blanches, ébauche joyeuse d'un village. Une petite ferme est tapie dans la verdure de son verger. Les broussailles reparaissent peu

élevées, dépassant à peine le genou, mais rudes, épaisses, et ce n'est pas sans effort qu'on peut s'y frayer passage.

Les dolmens bientôt surgissent. Ils sont de proportions très médiocres et ne rappellent que par leurs dispositions essentielles les amas de pierres énormes qui trônent en Bretagne. Nous voyons ici comme une réduction des monuments de Locmariaquer et de Saumur.

Rien de plus simple que la construction : ce sont partout cinq pierres à peines dégrossies ; trois forment les parois d'un petit réduit, une forme le sol, la cinquième enfin forme le toit. Tout le monument monte à peine à hauteur d'appui.

Lentisques, myrtes sauvages, palmiers nains, étreignent ces blocs, les poussent, les renversent parfois, comme jaloux de nous dérober leurs mystères. Nous voyons ainsi de confus tas de pierres qui furent sans doute des dolmens.

C'était là une nécropole, tout l'annonce ; elle s'étendait jusqu'à l'extrémité du plateau et couvrait un espace assez considérable. Le site choisi est beau, élevé, et permet au regard de planer sur une vallée aux pentes doucement inclinées et sur la mer rayonnante.

On compte encore vingt-cinq dolmens complets ou du moins reconnaissables ; il en fut certainement un beaucoup plus grand nombre. La surprise est grande de rencontrer en Algérie ces monuments qui semblent échappés aux landes bretonnes. Aussi a-t-on longtemps disputé sur le problème incertain de leur origine et de leur âge. Les uns rappellent qu'une inscription romaine

trouvée à Aumale établit qu'une légion armoricaine et une cohorte bretonne avaient leur résidence habituelle en ces régions de l'Afrique ; forts de cet argument, ils veulent reconnaître, dans la nécropole de Guyotville, les sépultures de ces soldats venus de si loin. Ainsi ces Bretons, ces Armoricains que Rome enrôlait sous ses aigles, auraient conservé jusqu'au de là des mers le souvenir de leur patrie, et inhumé leurs morts selon les traditions des ancêtres. Cela est bien spécieux, partant peu vraisemblable. Les fouilles entreprises ont fait découvrir, auprès de débris humains, des hachettes, des armes de silex. Comment admettre que des soldats, au service des empereurs romains, aient conservé l'équipement des guerriers barbares qui peuplaient les forêts de la Gaule? S'imagine-t-on des légionnaires armés de cailloux? Plus acceptable est l'hypothèse qui fait de ces monuments l'œuvre d'une race venue du nord d'Espagne peut-être, qui aurait, en des temps préhistoriques, envahi l'Afrique et qui, chassée peut-être ou absorbée par quelque autre race, n'aurait laissé pour attester son passage que les pierres de ses tombeaux.

Entre Constantine et Batna on a reconnu, il y a peu d'années, un groupe plus considérable encore de monuments dits Celtiques. Il y a là des pierres brutes dressées, d'autres formant tables, d'autres disposées sur plusieurs rangs, d'autres dessinant des cercles, c'est-à-dire tous les types consacrés de l'architecture mégalithique : les dolmens, les alignements, les cromlechs.

Les dolmens, avons-nous dit, interrogés, la pioche à la main, ont presque toujours livré des ossements

humains, souvent calcinés, mais aussi d'autres objets, surtout des armes. En ces temps barbares tout homme était soldat, et, selon un usage partout répété, on environnait le mort dans sa tombe de toutes les choses qu'il avait aimées. Il reposait armé et tout prêt à reprendre dans un autre monde sa vie de batailles. Ces armes sont le plus souvent en pierres polies, en bronze; quelquefois on rencontre ensemble et les hachettes de bronze et ces haches de pierre dure si bien taillées, si bien aiguisées, qui abondent dans nos musées. Le fer n'apparaît jamais ; le fer, difficile à travailler comme l'appelle Homère, est dans l'humanité un métal d'un usage relativement moderne; le cuivre, l'or, l'argent, étaient bien antérieurement connus et employés.

Quelquefois des objets de parure accompagnent les armes : colliers grossiers, verroteries barbares.

Ainsi peu variées sont les tombes dites celtiques, peu varié aussi est ce qu'on peut appeler leur mobilier. Nous citerons cependant, et comme une chose qui fait exception, la sépulture d'un magicien de l'âge de bronze, à Hvidegaard en Danemark. Là sous un tumulus on trouva des restes humains, une épée, une fibule de bronze et une trousse de cuir, contenant : une pointe de javelot en silex, un couteau en bronze, une pince en bronze, un morceau d'ambre, un coquillage, une griffe d'oiseau de proie, une mâchoire d'écureuil, une queue de couleuvre. Ces derniers objets servaient sans doute aux incantations magiques. Les chamans (ainsi nommait-on aux pays Scandinaves les hommes qui se prétendaient versés dans l'art de guérir) étaient des sorciers autant que des médecins. Pauvre chaman, sa sorcel

lerie, pas plus que sa science médicale, ne devait le sauver de la mort.

Rome, par son génie, par ses conquêtes, encombre une place énorme dans l'histoire de l'humanité. La Gaule Chevelue, cent autres nations barbares, n'ont pour attester qu'elles ont existé que des pierres sans forme, sans nom, et quelques pages dédaigneuses écrites par leurs vainqueurs. Rome a ses historiens, ses poètes; elle a, privilège non moins précieux, ses monuments, les plus fastueux, sinon les plus beaux que l'homme ait élevés; car Rome, après avoir fait sien tout ce qui alors était le monde, le pétrit entre ses serres puissantes, l'unifia et lui imposa, comme une livrée commune, ses temples, ses palais, ses dieux, ses empereurs et sa gloire. Entre ces monuments si nombreux, si magnifiques encore, nous ne retiendrons que les tombeaux, et nous les trouverons dignes des grands noms qu'ils consacrent.

La loi des Douze Tables, le premier monument du droit public à Rome, reléguait les sépultures hors de l'enceinte des villes. C'était là une prescription formelle et qui ne souffrit que de bien rares exceptions.

La crémation était l'usage ordinaire à Rome, et l'on sait quelle pompe environnait le bûcher où se consumait le corps de quelque citoyen illustre. Les cendres étaient recueillies et enfermées dans des urnes de terre, quelquefois de marbre ou de verre. On peut voir, dans les musées, un grand nombre de ces urnes. Elles affectent souvent la forme d'une cassette et sont décorées de masques, d'aigles, de rinceaux; elles portent toujours une inscription que précède la formule consacrée D M,

diis manibus, aux dieux mânes. Puis vient le nom, l'âge du mort. On peut citer comme exemple cette inscription funéraire trouvée à Antibes : « *D. M. pueri Septentrionis* « *annos XII qui Antipoli in theatro biduo saltavit et* « *placuit*. Aux mânes de l'enfant Septentrion, âgé de « douze ans, qui parut deux jours sur le théâtre d'An- « tibes, dansa et plut. »

Le couvercle des urnes simule un fronton ou un toit. Le palais des conservateurs au Capitole de Rome renferme l'urne d'Agrippine : « Ossements d'Agrippine, « fille d'Agrippa, dit l'inscription, nièce du divin Au- « guste, épouse de Germanicus César, mère de Caius « César Auguste Germanicus prince (Caligula). » C'est cette Agrippine que Tacite nous montre, fidèle à son époux au delà même de la mort, et les cendres de Germanicus entre les mains, accourant jusqu'à la cour de Tibère pour demander vengeance. Etrange ironie de la destinée : le moyen âge avait fait une mesure à blé de l'urne d'Agrippine!

L'usage de l'incinération entraîna dans la disposition des tombes certains aménagements particuliers. Rome inventa le cippe funéraire, c'est le plus souvent un petit édicule élevé à peine du sol jusqu'à hauteur d'appui, portant une inscription et, sous la corniche qui le couronne, cachant une cavité où les cendres étaient déposées. Rome inventa aussi, pour les sépultures de famille ou de corporations, les *columbaria*. Le *columbarium* est le plus souvent un caveau sur les parois duquel de petites niches sont disposées. Les urnes s'y alignent, s'y superposent, groupant les unes auprès des autres les générations descendues dans la mort. Des inscriptions

accompagnent les niches. Autour des chefs de quelque famille puissante, parfois prenaient place leurs affranchis, leurs clients. D'autres fois quelque spéculateur ingénieux établissait un *columbarium* et en vendait une à une les cases.

Le nom de *columbarium* rappelle assez bien l'aspect intérieur du monument. Toutes ces niches ménagées dans les murailles font songer, en effet, aux nids qui attendent les couvées aux murs d'un colombier.

On a retrouvé à Rome plusieurs *columbaria*. Quelques-uns bordaient la voie Aurélienne et se trouvent maintenant enfermés dans le parc de la villa Doria Pamfili. Des peintures agréables y restent visibles. Les autres, plus connus, sont voisins de la porte Saint-Sébastien. L'un était réservé aux affranchis d'Octavie, l'autre aux cendres glorieuses des Scipions. C'est dans celui-ci que fut retrouvé le sarcophage de Lucius Cornelius Scipio Barbatus maintenant déposé au Vatican. Ce Scipion, l'un des premiers de cette illustre race, maïs non pas des plus fameux, guerroya contre les Sammites et fut consul l'an de Rome 455, 298 ans avant Jésus-Christ. Son sarcophage, l'un des très rares monuments de l'ère républicaine qui subsistent à Rome, est devenu un type que l'on a maintes fois imité ou reproduit. En effet, avec ses sept triglyphes et les six rosaces qu'ils encadrent, avec sa corniche aux profils puissants, les volutes qui le couronnent, il compose un admirable modèle de noblesse et d'harmonie. Ce tombeau est taillé dans un bloc de pépérin, pierre grisâtre très vulgaire aux environs de Rome et que le faste des empereurs devait plus tard dédaigner. L'emploi du marbre

à Rome est déjà le signe d'une antiquité moins lointaine, et l'austère république ne paraît pas l'avoir beaucoup connu.

C'est donc à la période impériale qu'il faut rapporter ces beaux sarcophages de marbre, de porphyre, qui ornent nos musées. Ils ont dû être exécutés pour la plupart entre la fin du second siècle et le quatrième siècle. Alors, peut-être sous l'influence encore mystérieuse, mais chaque jour plus profonde, des idées chrétiennes, on déserta peu à peu l'usage païen de brûler les morts, et les corps furent souvent inhumés tout entiers.

De ces sarcophages où le luxe romain glorieusement s'étale, beaucoup sont célèbres. Il en est au Louvre, il en est dans toutes les collections d'Italie. Les plus simples s'égayent de guirlandes, de rinceaux, de têtes de lion. Souvent le ciseau a taillé dans le marbre de grands bas-reliefs. Les sujets sont presque toujours héroïques, plaisants, joyeux même, bien rarement funèbres. C'est une course dans le cirque, et autour de la *spina* que des obélisques surmontent, les amours, s'improvisant cochers, font tourbillonner leurs chars: c'est une chasse ardente, et Méléagre menace de son épieu le sanglier dont il promit à Atalante la redoutable hure. C'est Actéon surprenant Diane, et dévoré par ses chiens dès que Diane irritée a fait de lui un cerf; c'est Apollon triomphant de Marsyas; c'est Médée emportée sur un dragon, Ariane traînée en triomphe par les panthères divines, tandis qu'autour du dieu qu'elle aime les bacchantes font sonner leurs cymbales et mènent une ronde lascive. C'est le chœur harmonieux des Muses; c'est la mêlée héroïque des

Grecs et des Amazones. Le sarcophage de Jovin, maître de la cavalerie des Gaules, que l'on conserve à Reims, montre une chasse au lion. Souvent l'artiste emprunte ses sujets aux poèmes fameux. Au Louvre, une composition un peu confuse réunit deux scènes de l'*Iliade*. Le corps d'Hector est attaché au char d'Achille et traîne le tête dans la poussière ; mais déjà le vieux Priam est arrivé, il s'agenouille suppliant, il embrasse cette main qui a tué son fils, il pleure ; le vainqueur, ému de pitié, détourne la tête et lui aussi se prend à pleurer.

« ... Et ils se souvenaient tous deux ; et Priam, pro-
« sterné aux pieds d'Achille, pleurait de toutes ses
« larmes le tueur d'hommes, Hector ; et Achille pleu-
« rait son père et Patrocle, et leurs gémissements reten-
« tissaient sous la tente... »

La cathédrale de Girgenti renferme un sarcophage qu'il faut citer entre les plus beaux. Phèdre, Hippolyte, y apparaissent, et le marbre traduit dignement le drame d'Euripide. D'un côté, Hippolyte se tient debout au milieu de ses compagnons. Tous sont nus, jeunes, beaux, et le héros lui-même, plus jeune, plus beau que tout autre. Plus loin, c'est Phèdre. L'amour la dévore, elle succombe et languissante se laisse tomber sur un siège. La tête incline en arrière, les bras sans voile fléchissent abandonnés, et les lèvres semblent murmurer ces angoisses brûlantes que Racine a si bien traduites :

« ..... Demeurons, chère Œnone,
« Je ne me soutiens plus, la force m'abandonne.
« Mes yeux sont éblouis du jour que je revoi,
« Et mes genoux tremblants se dérobent sous moi. »

La nourrice s'empresse auprès de Phèdre, la soutient,

la console, tandis que les suivantes, muettes et immobiles devant cette tragique douleur, composent un groupe d'une harmonie charmante. Enfin le dieu qui déchaîne dans les cœurs ces terribles orages est là, blotti sous ses ailes et tout souriant. Phèdre est à demi nue. Les draperies qui couvrent ses jambes sont d'un jet harmonieux, d'un dessin souple. Les autres femmes sont chastement voilées tout entières.

Deux autres scènes représentent une chasse au sanglier et la mort d'Hippolyte. Là le travail est bien inférieur et accuse une négligence hâtive. Il semble que l'artiste se soit lassé de son œuvre. Cependant le cheval de l'un des chasseurs part d'un élan superbe.

Ce sarcophage n'est pas une œuvre parfaite; il y a des incorrections, des négligences, mais aussi une réminiscence le plus souvent heureuse des plus nobles traditions de l'art antique.

La cathédrale de Mazzara, en Sicile, donne asile à trois sarcophages antiques. Le plus remarquable met aux prises, dans un bas-relief véhément, plein de fougue et de vie, les Amazones et les Athéniens. Les chevaux se cabrent furieux; déjà quelques-unes des superbes guerrières ont mordu la poussière, d'autres s'acharnent encore à combattre; et cependant, au milieu de la mêlée, un héros nu, casque en tête, apparaît comme un dieu qui doit décider la victoire.

Plus nombreux sont encore les sarcophages alignés au cloître de la cathédrale de Salerne; mais les paladins Normands, les pieux évêques y usurpent la place des cadavres païens. La statue raide et sèche d'un prélat,

mitre au front, repose sur un sarcophage où les bacchantes bondissent échevelées.

On rencontre ainsi des sarcophages de même style, sinon d'une perfection égale, dans les musées de nos villes de Provence, à Aix, à Avignon, à Arles.

Près de cette dernière ville, le cimetière dit des Aliscamps aligne encore, dans une allée grandiose, de nombreux sarcophages païens et chrétiens : car la cité, à travers les âges, ne changea pas le lieu de ses sépultures. Les inscriptions répètent confusément le *diis manibus* des païens et les formules pieuses que l'Evangile inspire. Le site est charmant, tranquille, éloigné de la ville qui, du reste, aujourd'hui ne mène pas grand bruit, et dans les jours d'été la cigale y jette, sans qu'on la trouble, son petit cri strident.

On a découvert à Athènes de très remarquables sarcophages ; l'un d'eux, entre tous charmant, déroule la ronde joyeuse de jeunes Amours qui folâtrent des couronnes aux mains. Enfin dans les rues de Brousse, aux murailles de Rhodes, des fragments apparaissent souvent qui furent des sarcophages.

Toutefois, si le sarcophage constituait quelquefois le monument funéraire tout entier et reposait directement sur le sol, protégé par sa seule masse (à Mélassa, à Alinda, dans l'ancienne Carie, il en est ainsi, et ces tombes ne paraissent pas remonter au delà de la conquête Romaine), le plus souvent le sarcophage était placé à l'abri de quelque salle funéraire, ou du moins enfoui dans la terre.

Nous allons maintenant parler des tombeaux eux-

mêmes. Ils sont très nombreux, et Rome en réunit des types très variés.

Près du Capitole, dans la rue Marforio, en un lieu qui sans doute était en dehors des premières enceintes de la ville, une petite construction noirâtre s'enchâsse au milieu des bâtisses modernes. Quatre pilastres décapités reposent sur un stylobate qu'une inscription latine enjambe de ses lettres majestueuses. C'est un tombeau de l'ère républicaine; un certain Publicius Bibulus obtint l'honneur de cette sépulture par décret du sénat *honoris virtutisque causâ*, en considération de son honorabilité et de sa vertu, dit l'inscription.

Le mausolée qui fut élevé à Auguste dans ce qui était alors le Champ de Mars, ce qui est aujourd'hui l'un des quartiers les plus populeux de Rome, garde son nom illustre, mais non pas sa destination. Le moyen âge en avait fait une forteresse des Colonna, les temps modernes, plus pacifiques, mais plus dédaigneux encore, en ont fait un théâtre. Là pompeusement furent déposées les cendres d'Auguste, de Tibère, de Caligula, de Claude, car la mort devait réconcilier enfin cette tragique famille, là maintenant on débite des farces, quelquefois des athlètes de foire se gourment, quelquefois aussi le théâtre devient un club et les tribuns d'aventure y soulèvent les tempêtes de la foule. Peut-être a-t-on encore là sous les pieds une poussière où s'égare quelque parcelle d'un maître du monde. Le monument antique est méconnaissable, invisible même sous les constructions nouvelles qui l'ont déshonoré.

Plus considérable, plus fameux, mieux conservé

est le mausolée d'Hadrien, ou, pour nous servir du nom moderne, le château Saint-Ange.

Hadrien, empereur dilettante, passionné pour les choses de l'art, architecte un peu lui-même, ordonna dans tout son vaste empire d'immenses constructions. Des ruines grandioses et signées de lui encombrent encore l'emplacement des cités les plus illustres : Éphèse en Asie, Antinoé en Égypte, Athènes même. On sait de quelles merveilles il avait environné à Tivoli sa dernière retraite. La tombe qu'il entreprit de préparer à sa cendre, et que son successeur Antonin devait achever, était l'un des plus grands et des plus fastueux monuments de Rome.

Il y avait des colonnes de marbre violet. Sur la corniche circulaire que ceignait le tombeau vers la moitié de sa hauteur totale, s'alignaient des statues, détachant leur blancheur radieuse sur l'azur du ciel. Le Faune endormi, l'un des plus magnifiques morceaux de la sculpture antique qui nous soit parvenu, aujourd'hui conservé à Munich, paraît avoir fait partie de la décoration du mausolée d'Hadrien. Sur la cime, selon certains auteurs, trônait une statue de l'empereur, ou plus probablement la colossale pomme de pin de bronze qui a donné son nom à l'un des jardins du Vatican.

Combien le mausolée a changé d'aspect, et qu'en ont fait les âges! Il était splendide, mais aussi armé de puissantes murailles. Lorsque les Ostrogoths de Vitigès vinrent attaquer Rome en 536, les Romains se retranchèrent dans le tombeau impérial devenu une redoutable citadelle. Les terrasses furent garnies de soldats, et dans la mêlée des assauts sanglants, les statues ren-

versées allèrent se briser au front des barbares. Dès lors le tombeau fut et resta ce qu'il est encore : un château. On lui imposa peu à peu comme une parure de guerre. Plus de soubassements aux placages de marbre, mais des bastions percés d'embrasures béantes ; plus de fragiles colonnades, mais des chemins de ronde et des tourelles entr'ouvrant, ainsi qu'un œil louche, une meurtrière menaçante ; plus de terrasses librement ouvertes, mais des mâchicoulis, des créneaux. Puis Grégoire le Grand construisit une chapelle au faîte du mausolée. Un jour qu'il conduisait à travers les rues de Rome une procession pour obtenir la cessation d'une peste terrible, il avait aperçu, disait-on, dans une rapide vision, l'archange saint Michel remettant son épée au fourreau, heureux présage de la disparition prochaine du fléau.

Un archange de marbre planait sur la chapelle ; c'est maintenant, et depuis le siècle dernier, un archange de bronze, mais qui, selon la tradition légendaire, abaisse son glaive d'un geste clément.

Le château Saint-Ange est comme la citadelle avancée du Vatican, avec lequel il communique par des couloirs voûtés. Que de fois la papauté proscrite a demandé un sûr abri à ces vieux murs païens ! Là, Clément VII humilié vit sa Rome saccagée par les hordes féroces que déchaînait le très chrétien empereur Charles-Quint. Benvenuto Cellini était au nombre des assiégés et ce fut là, si l'on en doit croire ses récits pleins d'une amusante vantardise, qu'il tua d'un coup de fauconneau le connétable de Bourbon. Une autre fois Cellini fut encore l'hôte du château Saint-Ange, mais comme pri-

sonnier ; ses querelles incessantes, ses violences devaient lasser enfin l'indulgence de la justice pontificale. Le château Saint-Ange servit en effet souvent de prison. C'est de là que partirent la belle Béatrice Cenci, son frère, sa mère, pour aller expier sur l'échafaud leur parricide resté mystérieux. Là aussi Joseph Balsamo, comte de Cagliostro, après avoir joué longtemps un bruyant personnage, fait de l'or, disait-on, et tourné les têtes des princes et des plus grandes dames, vint piteusement échouer et mourir.

Le mausolée d'Hadrien, tel qu'il nous est parvenu, n'est plus qu'une masse ronde, sombre, lourde et cependant imposante. La gravure l'a popularisé. Et en effet, c'est là comme le centre d'un tableau plein de grandeur. Descend-on au bord du Tibre, on voit sur la droite ce gros donjon des papes. Un pont y conduit, portant sur ses arches antiques des anges de marbre qui se sont partagé les instruments de la Passion et gesticulent follement, celui-là avec la lance, cet autre avec l'éponge, un autre avec les clous détachés de la croix, un autre encore avec la couronne d'épines, ronde grotesque où s'affirme le mauvais goût de l'école du Bernin. Le fleuve traîne ses flots jaunâtres, et plus loin, dominant les grandes lignes du palais du Vatican, le dôme de Saint-Pierre se pose au front de la cité comme un splendide diadème.

Les paysagistes décorateurs, l'Italien Panini, le Français Hubert Robert, qui si plaisamment et au gré de leur fantaisie interprètent l'architecture antique, ont souvent placé dans leurs compositions un autre monument de Rome, le tombeau de Caïus Cestius, prêteur,

tribun du peuple, membre du collège pontifical des *Septemviri epulonum*. C'est une pyramide haute de trente-six mètres qui se trouve maintenant enchâssée dans la muraille dont l'empereur Aurélien enveloppa Rome. Le souvenir des énormes constructions funéraires des Égyptiens apparaît en toute évidence ; et ce n'est pas la seule fois que les Romains aient adopté dans leurs tombeaux certains types conçus et consacrés au sein d'une autre civilisation.

Nous avons dit que, d'après la législation constante de Rome, les sépultures devaient être placées hors de l'enceinte, et si nous avons trouvé dans Rome même des tombeaux, ou bien ces tombeaux fort anciens ont précédé les derniers agrandissements de la ville, ou bien ils étaient consacrés à quelques-uns de ces hommes qui, étant la loi vivante, pouvaient se croire eux-mêmes et croire leurs cendres au-dessus des lois.

Les tombes bordaient les voies, et les morts allaient au-devant du voyageur pour lui faire, dirait-on, les honneurs de la cité. Auprès de toutes les voies qui conduisent à Rome, on a trouvé des restes de monuments funéraires, et le grand tombeau de la famille Plautia sur la voie Tiburtine, et le curieux tombeau construit en forme de four du boulanger Eurysace, près de la Porte Majeure, et les admirables tombeaux de la voie Latine. Mais la voie qui reçut les cendres les plus nombreuses, les plus illustres, la voie qui fut la plus riche nécropole de la Rome païenne, ce fut la reine des voies, (*regina viarum*), comme l'appelle Procope, la voie Appienne.

Nous sortons de Rome par la porte Saint-Sébastien. Quelques maisons misérables s'alignent encore, mais, sur le crépis blanc de leurs murs, déjà s'enlèvent les masses noires ou rougeâtres d'informes ruines. On ne saurait en reconstituer par la pensée l'aspect primitif. Ce sont comme des rocs qui prêtent aux masures un robuste appui.

Mais toute trace de vie humaine disparaît. Plus rien que des débris. Le sol se relève et la voie monte par une pente douce. Au point culminant se pose majestueusement le très célèbre tombeau de Cecilia Metella, fille du triumvir Crassus. Encore un tombeau rond comme celui de Plautia, comme celui d'Hadrien, mais mieux conservé qu'aucun autre. Que de fois on a reproduit cette tour construite en beaux blocs de travertin, avec sa corniche harmonieuse, sa frise où s'alignent symétriquement des bucranes enguirlandés, et sa plaque de marbre où le nom de la morte est écrit en magnifiques caractères! Le moyen âge crénela la tombe et s'en fit un donjon. Puis une enceinte fut construite, puis une chapelle, et la voie se trouva barrée. L'emplacement était bien choisi, la position très forte ; les hommes d'armes pouvaient, de leurs remparts, surveiller les abords de Rome, prévenir une attaque ou rançonner quelque peu les voyageurs. Là les Gaetani eurent longtemps leur repaire. Sixte-Quint, qui était un rude justicier, finit cependant par les en déloger, et mit en pièces la citadelle. Ruine misérable et qui fait pitié. Que cela est débile, poudreux! cela ne tient pas sur le sol, et le vent l'emportera quelque jour. Les bâtisses du moyen âge s'émiettent en tombant, et pour leur trouver quelque

majesté, il ne faut pas les voir auprès des robustes débris d'une construction romaine.

Les tombeaux sont plus nombreux; ils se touchent, ils se pressent. Dérobée à nos yeux derrière un pli de terrain, Rome a disparu. La mort seule nous environne.

Les sépulcres éventrés, béants, ont laissé s'envoler leurs poussières. Les blocs du gris pépérin, dont la majesté des rois de Rome se contentait, le travertin, qui suffisait à la République, les marbres, les granits, les porphyres que voulait le faste de la Rome impériale, le temps a tout frappé d'une égale défaite et d'un ravage égal; le temps est un grand niveleur. Les colonnes rompues semblent des troncs que la cognée a jetés bas. Les dalles, autrefois régulièrement appareillées, bien unies, maintenant déjetées, soulevées et creusées d'ornières profondes, couvrent encore la voie, et parfois quelque chapiteau croulant y vient mutiler ses acanthes. Certains débris gardent leur splendeur première. Ici sur le marbre court le tourbillon d'une chasse ardente, les chiens poursuivent, les javelots menacent un sanglier qu'ils n'atteignent jamais. L'herbe pousse drue; il faut parfois l'écarter de la main pour retrouver les ruines. Une frise épanouit ses rinceaux délicats sous les ombelles dorées des grands fenouils. Là des autels sont gisants; ils portent des têtes de bélier, et les fleurs y répandent, comme une offrande suprême, leurs pétales effeuillés.

Les statues étaient nombreuses; on les a renversées pour la plupart. En voici une: dans une complète nudité de héros, elle roidit ses muscles et fait effort,

semble-t-il, pour se relever. Cette autre est restée debout sur son sépulcre vide; elle s'enveloppe aux plis de la toge; la main droite est ramenée sur la poitrine, la main gauche tombe inerte au long du corps. Sentinelle superbe, on dirait un sénateur digne descendant de ceux que les Gaulois trouvèrent assis aux rues de Rome conquise, lui aussi, il attend sans trembler les barbares et la mort. Plus loin un buste nous poursuit de ses yeux sans regard. Des inscriptions brisées traînent sur le sol, commençant une phrase aussitôt interrompue, mettant auprès du nom d'un consulaire le nom d'un plébéien, et s'obstinant à parler de gloire, d'honneurs, de triomphes, au milieu de cette immense dévastation.

Le plus souvent, il est impossible d'imaginer ce qui fut en présence de ce qui est. Sans doute ces monuments affectaient des formes très variées. Celui qui paraît avoir renfermé les cendres de Sénèque était un cippe quadrangulaire. Un beau bas-relief représentant le fils de Crésus tué par Adraste le décorait.

On reconnaît quelquefois, mais vaguement, des enceintes carrées, des piles coniques, des édicules simulant les dispositions d'un petit temple, et sous les voûtes à demi effrondrées quelques sombres caveaux où des niches apparaissent dépouillées de leurs urnes.

Sur la gauche de la voie Appienne, dispersées dans les prés, s'étalent des ruines considérables et qui couvraient un vaste espace. C'est la *Roma vecchia*, dit la tradition populaire qui veut reconnaître les restes d'une ville dans ce qui ne fut que la fastueuse villa des Quintilii. Cette famille était réservée à une fin tragique. Commode prit la propriété et tua le pro-

priétaire, sans doute pour lui épargner les regrets de sa richesse perdue.

Mais au milieu des tombeaux de marbre, de briques, tous attestant jusque dans leur ruine une rare magnificence, un tumulus se dresse à notre droite; puis un second tumulus et un troisième exactement semblables. Ils n'ont pas de matériaux précieux qui leur fassent revêtement, mais, s'il faut en croire la légende, là reposeraient les Horaces, selon quelques-uns, selon d'autres les trois Curiaces, et chacun à la place où il fut frappé. Trois *tumuli* semblables, mais dressés à des distances inégales, c'est là une particularité qui concorde assez bien avec le récit que nous fait Tite-Live de ce combat héroïque. Resté seul en face de trois Curiaces, nous dit l'historien latin, le dernier des Horaces simule la fuite. Les Curiaces le poursuivent, mais ils sont blessés, ils se hâtent d'un pas inégal. Horace, les voyant divisés, se retourne, court au premier, le tue, court au second, le tue, et sans peine égorge le troisième.

Les *tumuli* sont à distance à peu près égale entre Rome et les monts Albains, qui gardent encore dans leur nom la mémoire d'Albe.

Les tombeaux des Curiaces sont pauvres, mais cette pauvreté, qui fait avec la richesse des autres tombeaux un si frappant contraste, les a fait respecter. Les pillards ne pouvaient trouver là que des os et du fer. Sur les cimes vertes quelques lauriers ont poussé, consacrant le souvenir d'une défaite qui ne fut pas sans gloire, et les cyprès en deuil se rangent tout alentour.

Nous sommes à une lieue de Rome, et les tombes forment encore une haie ininterrompue. Une masse énorme

apparaît à notre gauche, on la prendrait de loin pour une colline arrondie. C'est une tombe, probablement d'un ami du poète Horace, Messala Corvinus. Ce Corvinus devait être un homme d'importance, s'il tint dans la vie une place aussi considérable que celle qu'il tient dans la mort. La terrasse de son monument porte une ferme dite *Casale Rotondo*, qui enchâsse dans ses murs quelques pilastres et des masques de théâtre retrouvés dans les fouilles. De là les yeux planent librement sur la campagne Romaine.

La plaine s'étale calme, endormie, dirait-on, et les ruines sont semblables à des écueils qui émergent au-dessus des eaux tranquilles d'un lac. Les arcades découpent dans le ciel des perspectives azurées. Puis ce sont des murailles rougeâtres. Les longs aqueducs rampent et brisés parfois s'interrompent, comme un serpent frappé de la hache qui sème sur la terre sanglante ses tronçons. Autrefois l'eau captive courait à Rome sur leurs arches triomphales, car Rome dévorait tout, les hommes et les choses, et les peuples des régions lointaines, et les eaux des montagnes voisines.

Ces montagnes, si longtemps mises à tribut, forment une sorte d'amphithéâtre dont la campagne de Rome est l'arène. A l'est, derrière quelques cimes mollement arrondies et que les oliviers enveloppent de leur feuillage bleuâtre, se tapit le nid charmant de Tivoli. Au sud ce sont les montagnes Albaines plus prochaines, couronnant leurs sommets de bois profonds et égayant leurs pentes du scintillement des blanches villas.

Mais autour de nous quelle tristesse ! quelle solitude ! En nul autre lieu ne s'étale ainsi l'irrémédiable déca-

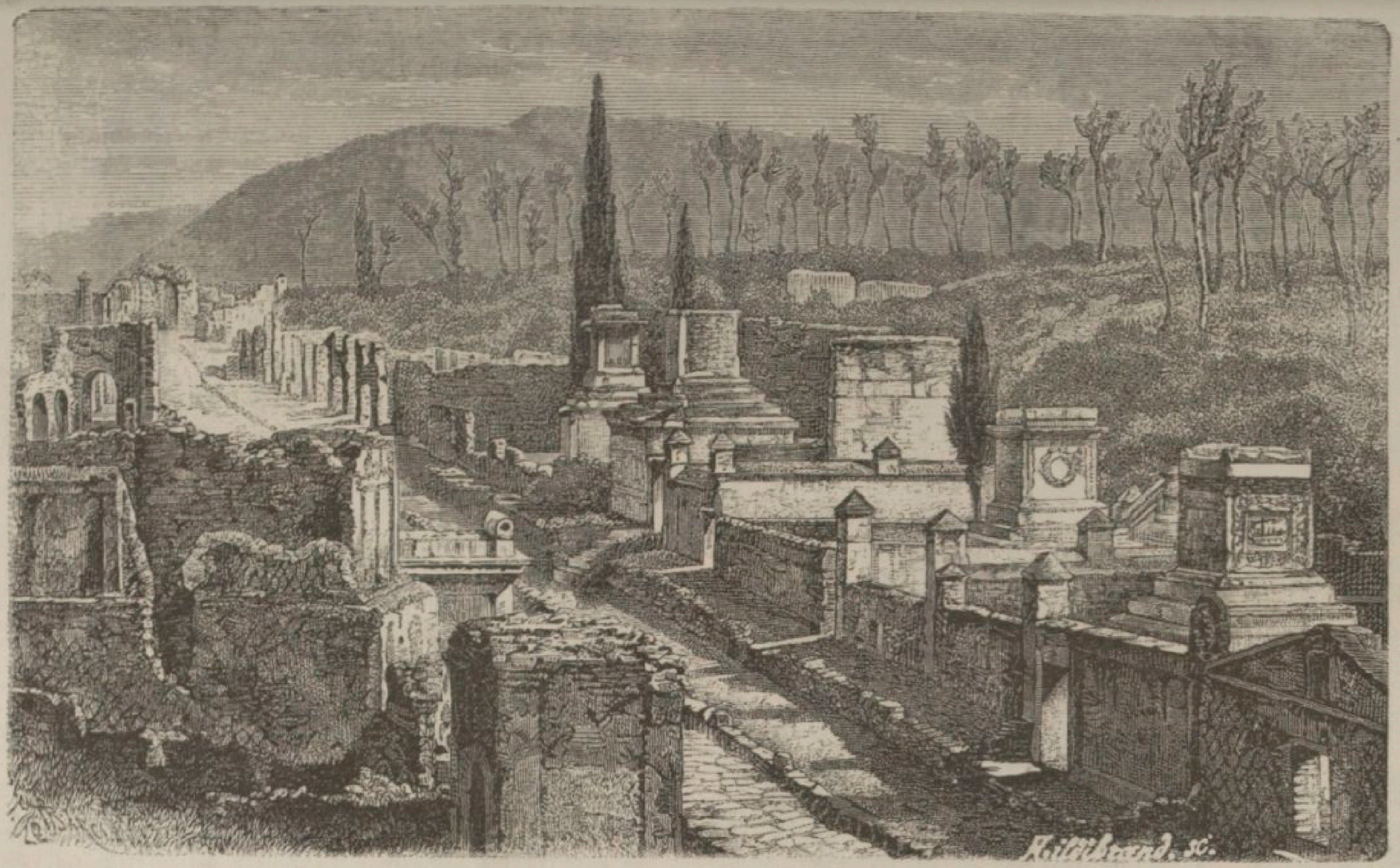
dence de Rome et n'apparaît plus cruellement le vide énorme qu'ont laissé dans le monde sa gloire évanouie et sa puissance déchue. Rome débordait hors de son enceinte, elle avait couvert cette campagne et de ses tombeaux et de ses villas, elle a reculé maintenant, et ses murailles sont trop vastes pour la contenir. Pas un arbre, si ce n'est aux *tumuli* des Horaces et des Curiaces, rien qui arrête le libre vol du regard. Cette plaine révèle sans voile toutes ses misères. Elle est belle cependant, grande, austère, sublime. Les lignes de ses horizons ont une harmonie suprême. Pourrait-on désirer là rien de plus? La vie moderne, turbulente, importune, troublerait ce calme concert du passé. Que cette campagne reste longtemps déserte et silencieuse! La pensée n'entend rien qui puisse la distraire ; non pas joyeuse, mais gravement émue, elle évoque les fantômes de l'histoire, et si quelques taureaux aux longues cornes viennent à passer, lents et solennels, elle rêve des glorieuses hécatombes et des pompes triomphales que les vainqueurs aux mêmes lieux ont promenées tant de fois.

Avant d'atteindre les premières pentes des monts Albains, la route nouvelle de Rome à Albano rejoint la voie Appienne et se confond avec elle. Quelques tombeaux apparaissent encore, mais moins nombreux. Au seuil même d'Albano, il en est un très important et sans doute très ancien, peut-être de construction Étrusque. C'est un massif carré que cinq cônes surmontent. On veut qu'Aruns, fils de Porsenna, ait été inhumé là.

Les tombeaux de la voie Appienne, à l'exception de quelques-uns très rares, sont des ruines informes ; leur nombre, l'ensemble qu'ils composent, le cadre gran-

diose qui les environne, voilà ce qui leur mérite une juste célébrité. Aux abords d'une ville beaucoup moins fameuse que Rome, une voie antique conserve aussi sa bordure de tombeaux, mais sans graves outrages. C'est la voie dite des tombeaux à Pompéi. Celle-ci complète heureusement les indications un peu sommaires de celle-là.

De la ville de Pompéi, qui elle-même est un grand sépulcre, pour passer à sa nécropole, le spectacle change peu. Même silence, même vide ; seule diffère la disposition des édifices. Au seuil même de la porte dite d'Herculanum commencent les sépultures. Elles forment avenue. Leur plan, leur aspect, varient beaucoup, comme varie la condition de ceux dont elles gardent les cendres. Tantôt de simples cippes avec quelques brèves inscriptions, tantôt des édicules, puis de vrais mausolées où le mort s'environne encore du faste qui durant la vie fit son orgueil et sa joie. Le tombeau dit des guirlandes a des chapiteaux Corinthiens que des guirlandes réunissent. Le tombeau des *Libella* répète sur deux de ses faces la même inscription. Le premier Libella fut édile, duumvir, préfet quinquenal : son fils mort à dix-sept ans avait déjà été décurion. Une petite niche très basse avait reçu ce que peut laisser de cendre un enfant de cinq ans, Salvius-Velasius. Gratus vécut jusqu'à l'âge de douze ans, et quelques fleurs, peintes sur sa niche sépulcrale, rappellent cette douce fleur de jeunesse si tôt moissonnée. Le riche Diomède, dont la cendre du Vésuve nous a conservé la belle villa, avait donné à sa tombe de famille un frontispice flanqué de pilastres et décoré de faisceaux.



Voie des Tombeaux à Pompéi.

Près de là subsiste, bien que très dégradé, un monument fort curieux, un *triclinium* funèbre. C'est une enceinte carrée, aujourd'hui ouverte à tous vents. Trois lits de pierre se groupent, laissant libre le quatrième côté de la salle, sans doute pour permettre facile accès aux serviteurs. Puis s'élève un petit autel circulaire qui recevait les libations faites aux mânes et aux dieux infernaux. En effet, les repas que l'on donnait là avaient un caractère de consécration pieuse : c'étaient les *silicernia*, les *novendialia*.

Puis vient le tombeau de Nœvoleia Tyché qu'une enceinte protège. On y voit représenté un navire dont les matelots carguent la voile. Au tombeau de Calventius Quiétus, un cippe de marbre arrondi surmonte un massif carré. Un tombeau rond, mais de beaucoup plus petites proportions, ne paraît pas avoir jamais été achevé, car il est sans inscription, la cendre du Vésuve y ayant sans doute précédé la cendre humaine.

Scaurus avait été un bienfaiteur de Pompéi, car les décurions, nous dit l'inscription de la tombe, avaient décrété la remise gratuite de l'emplacement du monument, plus un don de plus de deux mille sesterces pour les frais des funérailles ; enfin une statue équestre de Scaurus devait chevaucher dans le forum. Le tombeau de Mamia, qui fut prêtresse publique, est précédé d'un exèdre, banc semi-circulaire que deux pieds de griffon gracieusement terminent.

Toutes ces tombes, par leur réunion, composent une décoration architecturale du plus heureux effet.

Quelques cyprès jaillissent entre elles, opposant à la blancheur des marbres la sombre verdure de leur feuil-

lage ; puis au loin le Vésuve trône, toujours fumant et faisant planer, sur cette terre si belle, une menace éternelle.

Dans tout ce qui alors était le monde, Rome a laissé des cités puissantes, des palais, des voies grandioses et aussi des bruits de conquête et de gloire, et aussi des tombeaux. Notre France en a, et l'un des plus beaux qui subsistent, en Provence, à quelques pas de l'arc-de-triomphe de Saint-Rémy (l'ancienne *Glanum*). Ce tombeau s'élève, étageant quatre parties parfaitement distinctes : un soubassement carré que des scènes de combats décorent, puis une sorte de loggia percée de quatre arcades et flanquée de colonnes corinthiennes, puis un édicule circulaire bordé de colonnes et qui abrite deux statues, enfin, pour couronnement, un toit conique fait de pierre.

Près de Trèves, ville puissante aux derniers jours de l'empire romain, résidence d'un César et dont le poète Ausone a chanté les riantes campagnes, le monument de Secundinus Secorus témoigne quel goût de magnificence portaient, jusqu'en ces régions lointaines, les colons de Rome. Il y a même excès dans l'ornementation. Des rinceaux courent au fût des pilastres qui marquent les angles, des médaillons se superposent aux bas-reliefs, un aigle maintenant décapité ouvre ses ailes sur le faîte, comme si apparaissait encore devant lui la carrière de nouvelles victoires. C'est là une œuvre d'une époque postérieure à celle qui vit s'élever le très gracieux monument de Saint-Rémy, mais une œuvre somptueuse et qui parle encore puissamment de Rome.

En Espagne, à quatre kilomètres environ de Tarra-

gone, un petit monument carré occupe la cime d'une colline que des pins grêles essaient d'ombrager. Construit en blocs d'un bel appareil et sans mortier, il porte sur la face qui regarde la mer deux figures sculptées en ronde bosse et largement drapées. Au-dessus d'elles courait une inscription dont ne restent que ces trois derniers mots : « *Ubi perpetuo remane.* » La légende populaire, très peu vraisemblable, veut que ce soit là le tombeau de quelqu'un des Scipions. Les Scipions ont laissé leur gloire à l'Espagne, il ne semble pas qu'ils y aient laissé la cendre de quelqu'un des leurs.

A Mélassa, la patrie du roi Mausole et la première capitale de l'ancienne Carie, un très remarquable tombeau, probablement de l'époque Romaine, déploie, au-dessus du soubassement que la chambre funéraire occupe, une colonnade formant le carré ; puis, sur un plafond richement décoré de caissons, s'étagent encore quelques degrés qui devaient composer un couronnement pyramidal.

Athènes a son tombeau Romain, le tombeau des Philoppapus, qui occupe la cime de la colline de Musée. Ces Philoppapus (d'après les inscriptions deux au moins furent déposés dans ce monument) descendaient des Antiochus qui régnèrent dans la Comagène ou Syrie septentrionale, et qui, princes vassaux, quelque temps tolérés, durent enfin, sous Titus, abandonner leurs États. Ils se retirèrent à Rome, puis à Athènes, et leur tombeau atteste que de leur royauté perdue ils conservèrent du moins le faste.

Les constructions encore subsistantes affectent une forme semi-circulaire. Tout est de marbre blanc. Sur le

soubassement, un vainqueur promène la pompe solennelle de son triomphe. Quel vainqueur ? quel triomphe ? Était-ce là ce qui convenait à la tombe de princes déchus ? Les personnages, groupés autour du char, portent la toge romaine. Au-dessus du bas-relief, deux niches, l'une terminée par un plein cintre, l'autre par un linteau plat, abritent des statues brisées. Un pilastre les sépare et soutient un fragment d'architrave. Certes, la richesse ne fait pas défaut, et ce monument n'est pas sans une majestueuse magnificence ; cette magnificence cependant accuse la recherche, l'orgueil, elle étonne plus qu'elle ne plaît. Combien était plus pur, plus élevé, l'art qui dressait les radieuses colonnades de l'Acropole ! Les Romains, et la chose apparaît en Grèce plus qu'en aucun autre lieu, ont toujours été en art des parvenus ; la richesse ne saurait leur suffire, le plus souvent, il leur faut le faste, ils veulent qu'on les sache bien et partout tout-puissants, opulents, triomphants ; ils nous crient sans relâche, et pour que nul n'en ignore, qu'ils sont le peuple-roi.

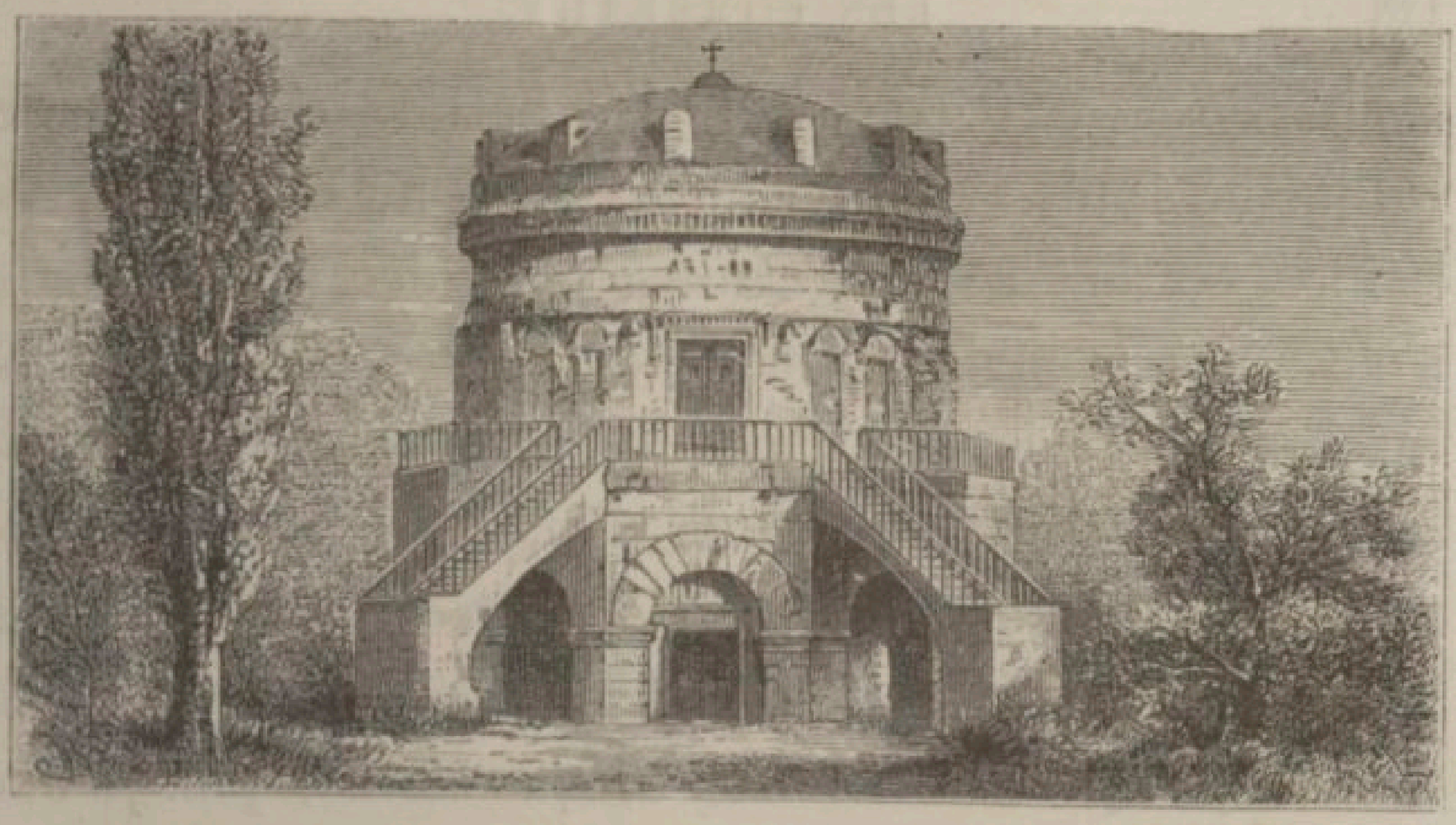
L'Afrique septentrionale a ses tombeaux romains. On en a signalé d'importants dans la régence de Tripoli ; nous-même nous avons vu, sur la route de Tunis à Souza (l'ancienne Hadrumetum), des restes considérables qui semblent avoir appartenu à une tombe de forme circulaire. En Algérie, à peu de distance de l'enceinte antique qui renferme encore les vastes ruines de Lambœsis (Lambessa), un sépulcre carré, terminé en pyramide et haut de six mètres, renferme les restes de Flavius Maximus, préfet de la troisième légion. Lors de l'occupation Française, ce monument menaçait ruine, il fut

consolidé; les cendres, recueillies avec soin, reprirent la place qu'elles avaient occupée. Un détachement de la garnison de Batna assistait à cette pieuse cérémonie, et les honneurs militaires furent rendus au légionnaire Romain par les soldats Français. Une courte inscription française rappelle le fait, ajoutant à l'inscription latine comme un *post-scriptum* glorieux. Par malheur, sur cette terre d'Algérie, nos soldats n'ont pas toujours été aussi respectueux des souvenirs et des monuments qu'ont laissés leurs illustres devanciers. Sous prétexte de remparts à construire, de maisons à élever, de clôtures à établir, que de ruines qu'avait épargnées l'insouciance arabe ont été détruites !

Nous avons trouvé à Athènes le monument qui reçut les cendres des derniers descendants des Antiochus, rois de Syrie; l'Algérie conserve un monument plus important, non moins curieux et qui, selon toute vraisemblance, fut élevé pour l'un de ces Jubas, roi de Mauritanie, que la politique Romaine maintint quelque temps dans les liens d'une étroite alliance, ou plutôt d'un vasselage doré, avant que la Mauritanie, à son tour, ne devînt une province romaine. Ce tombeau, vulgairement dit de la Chrétienne, est voisin de la mer et de la ville de Cherchell, l'ancienne Julia Cæsarea, capitale des Jubas. C'est un massif rond mesurant trente-deux mètres de hauteur, soixante mètres de diamètre. Au-dessus de sa large base, que des colonnes, maintenant dépouillées de leurs chapiteaux, flanquent symétriquement, des degrés s'élèvent régulièrement étagés. Les chambres intérieures, découvertes non sans peine, ont été trouvées vides; sans doute des profanateurs, en des

temps déjà anciens, y avaient pénétré. Et cependant l'entrée était dissimulée sous terre, un peu en avant du tombeau ; des dalles de pierre fermaient les chambres sépulcrales. On avait là répété quelques-unes des précautions savantes que multipliaient les anciens Égyptiens pour protéger leurs momies. Le tombeau de Juba n'est pas une œuvre essentiellement romaine, mais c'est l'œuvre d'un vassal de Rome et qui s'inspire un peu des magnificences architecturales où se complaisait sa redoutable suzeraine. Aussi nous semble-t-il qu'on pouvait le signaler ici.

Dolmen près de Saumur.



Tombeau de Théodoric à Ravenne.

CHAPITRE V

CHRISTIANISME.

LES PREMIERS TOMBEAUX CHRÉTIENS.

La cime des grandeurs humaines est étroite et glissante; dès qu'un homme ou une nation y a posé le pied, pas de répit, il faut descendre, lentement d'abord, en laissant à bien des yeux l'illusion de l'immobilité, mais descendre sûrement, sans cesse, jusqu'au jour lointain peut-être, fatal cependant, où la nation, comme l'homme, tombe dans la ruine et dans la mort.

Aux jours où Auguste, maître incontesté du monde Romain, planait ainsi qu'en une sublime apothéose, réparant les désastres des discordes civiles, guérissant

les blessures qu'il avait faites à la patrie, triomphant de lui-même après avoir triomphé de tout, modérant ses haines, cessant ses vengeances, des colères du factieux s'élevant à la majesté sereine de l'empereur, faisant de marbre cette Rome qu'il avait reçue de brique, et provoquant partout la fondation de villes nouvelles, l'établissement de colonies puissantes, l'érection de magnifiques monuments, certes, il semblait qu'on inaugurât une ère de prospérités inouïes, et que Rome, puisqu'elle ne devait plus être libre, serait du moins grande, belle, fameuse plus que jamais. Alors cependant deux ennemis se révélaient, deux ennemis bien obscurs, mais qui étaient destinés à triompher et de ce monde Romain et de la civilisation païenne. Aux forêts de Germanie, Arminius écrasait une armée romaine, et c'était comme un essai des invasions futures, un premier grondement de ce monde barbare et des orages encore lointains. Puis, à l'autre extrémité de l'empire, dans une bourgade de la pauvre Judée, un enfant naissait, et cet enfant allait prêcher une foi nouvelle. Ainsi, presque au même jour, deux menaces, deux périls, la patrie, les cultes consacrés recevant un double défi. Les dieux devaient succomber les premiers, mais combien peu de temps les empereurs devaient leur survivre!

Rome cependant, destinée prodigieuse, reste debout après le grand désastre.

Une puissance nouvelle s'élève, le Christianisme grandit, s'étend comme un chêne à l'immense ramure, et qui suffit à ombrager de nombreux troupeaux. Rome est le berceau et bientôt le trône du pontificat chrétien; elle n'a plus l'empereur, elle a le pape; elle a perdu une

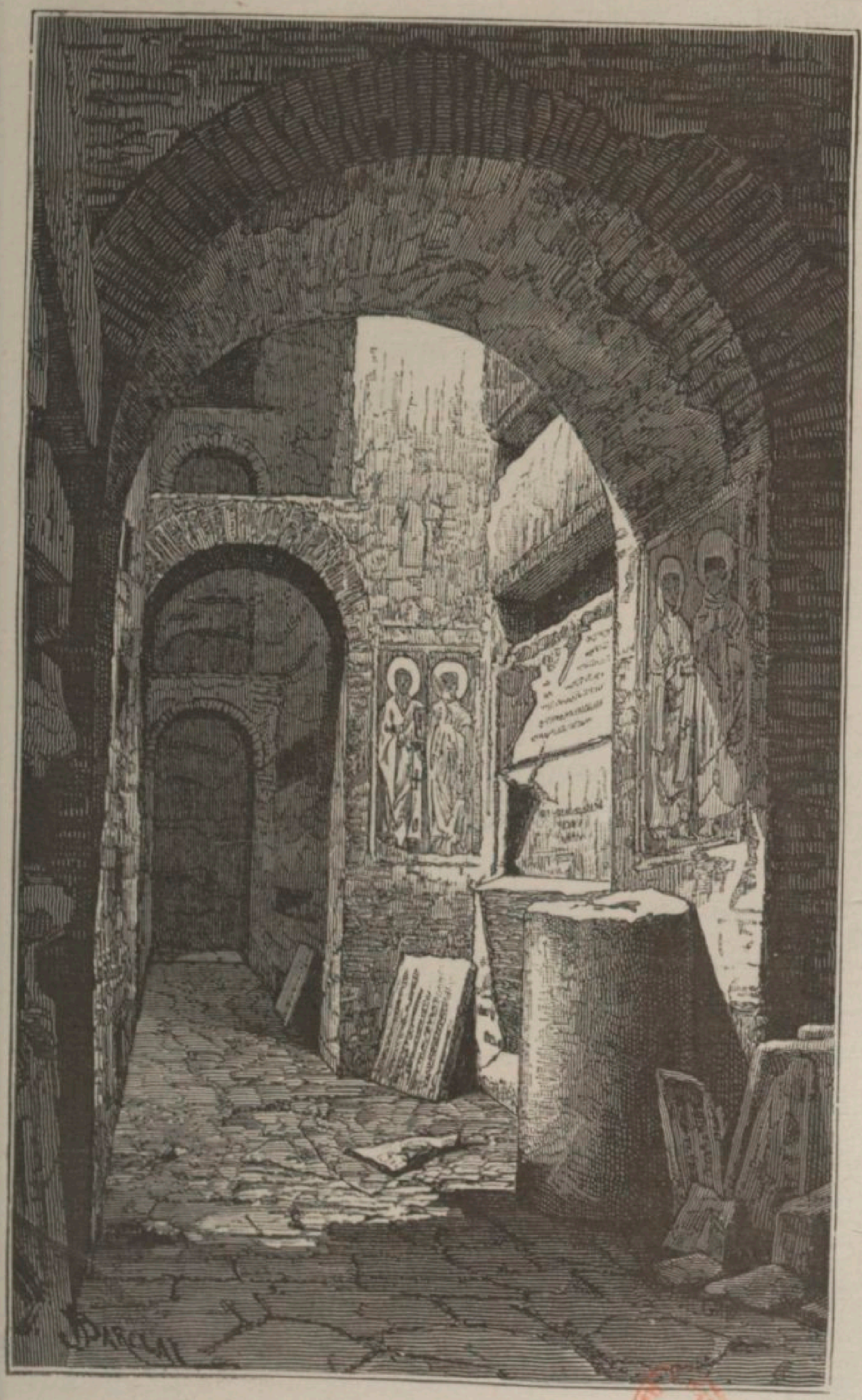
couronne, elle ceint une tiare; elle a perdu le glaive et les faisceaux consulaires, elle a la croix, sceptre non moins redoutable; elle dictait des lois, elle lance des anathèmes. Rome résumait un monde, elle résume une religion; le sort lui réservait l'honneur sans exemple d'être sacrée deux fois. Aujourd'hui encore, à la papauté qu'elle garde elle ajoute une royauté nationale, elle est capitale du monde catholique, capitale de l'Italie. Il n'y a que Rome au monde qui pût dignement ainsi contenir ces deux gloires et ces deux majestés.

Rome païenne élevait ses temples les plus somptueux, et déjà autour d'elle, partout, sous ses villas, sous ses tombeaux les plus illustres, sous ses temples peut-être, des hommes bien humbles, *natio latebrosa*, *lucifuga* (nation ténébreuse et qui fuit le jour), des hommes que Suétone dit infestés de superstitions nouvelles et dangereuses, des hommes détestés pour leurs abominations, ajoute dédaigneusement Tacite, et convaincus de haine pour le genre humain, travaillaient, creusaient, fouillaient, se faisant aux portes de la cité radieuse et splendidement étalée au grand jour une cité souterraine, noire, mystérieuse. Ceci cependant devait tuer cela. Et ces galeries enchevêtrées, superposées, poussées dans toutes les directions, font songer à la sape, à la mine, à tous ces cheminements patients, obstinés, pleins de ruse, dont les assiégeants environnent la ville qu'ils se sont promis de vaincre.

Les catacombes ne s'étendent pas au-dessous de la ville même de Rome, mais elles perforent, jusqu'à près de trois milles de distance, une très grande partie de la campagne environnante. Les principales sont com-

prises entre les voies Salara, Nomentana, Latine, Appienne et la voie d'Ostie. On les désigne sous les noms un peu conventionnels de catacombes ou cimetières de saint Calliste, des saints Nérée et Achillée ou de Domitilla, de saint Prétextat, de sainte Priscilla, de sainte Agnès, de saint Alexandre.

A droite de la voie Appienne, en face de la petite église dite de *Domine quò vadis*, près de quelques arceaux à demi effondrés, derniers restes d'un oratoire, s'ouvrent les catacombes de saint Calliste. Un escalier rapide nous y entraîne. Tout est taillé dans une sorte de tuf noirâtre assez mou, pas toujours d'une parfaite homogénéité, suffisamment compact cependant pour s'évider en galeries sans trop de risques d'éboulement. On compte quatre et jusqu'à cinq étages de galeries superposées. Ces galeries sont très étroites ; on ne saurait passer deux de front et parfois même un homme seul est obligé de s'insinuer de profil. On frôle les sépultures, et souvent le coude fait tomber sous le pied quelque ossement poudreux. Nous marchons en effet partout entourés de tombes. Il en est généralement cinq ou six rangs, disposés avec une certaine symétrie. Ce sont des cases où les corps étaient déposés parallèlement à la galerie. Les cases étaient fermées de plaques de pierre, quelquefois de marbre, plus souvent avec de simples tuiles. Puis on traçait hâtivement, sommairement, à la pointe fréquemment, le nom, l'âge du mort. Noms obscurs et que la mention d'aucune dignité n'accompagne. Il n'y a pas ici de consulaires, de préteurs, de centurions, de duumvirs ; tous ces grands de la terre, nous les avons trouvés au-dessus de nous, aux fastueuses ave-



Galerie des Catacombes à Rome.

nues de la voie Appienne, environnant le voyageur d'un cortège glorieux. Ici il n'est qu'un honneur, une dignité qui revienne souvent : martyr.

Les choses sont souvent plus éloquentes en leurs enseignements que les livres : et rien mieux que ces tombes toujours à peu près semblables, et que ces brèves inscriptions, ne témoigne de l'esprit démocratique et fraternel qui animait les premiers Chrétiens.

Les inscriptions des catacombes sont le plus souvent en latin, quelques-unes en grec ; quelques-unes enfin sont faites de mots grecs écrits avec des lettres latines. Un très grand nombre et sans doute des plus intéressantes ont été enlevées.

De très loin en très loin (rien n'est moins varié que les catacombes de Rome) s'ouvrent de petites salles carrées. Elles ont servi de sépulture de famille ou de sanctuaire. Là les fidèles de la foi proscrite ont essayé quelques décorations, là se sont épanouies les premières fleurs de l'art chrétien. Le tuf, au lieu de former comme partout ailleurs un plafond monotone, s'élève, se creuse et simule une petite coupole. Quelques peintures y apparaissent qui n'ont jamais connu d'autre lumière que celle des torches et des flambeaux. L'exécution est souvent grossière ou plutôt naïve, maladroite, un peu sommaire. Les artistes que la foi chrétienne enrôlait en ses rangs n'étaient sans doute pas de ceux que les empereurs ou les pontifes païens employaient et enrichissaient ; ils étaient entre les humbles. Puis un idéal nouveau ne saurait s'improviser. Ces néophytes rêvaient peut-être pour le culte de Jésus un art original et personnel, ils ne savaient encore comment le formuler. De

là des tâtonnements, curieux par cela même qu'ils sont sincères, de là des réminiscences évidentes des traditions païennes.

Des symboles païens, mais que sans doute on voulait détourner de leur sens primitif, se mêlent aux symboles quelquefois obscurs, vaguement indiqués, du Christianisme naissant. Est-ce Jésus qu'il faut reconnaître dans cet Orphée, lyre en main, qui charme de ses chants tigres et lions prosternés devant lui ? Plus loin un pasteur paissant de blanches brebis paraît personnifier plus clairement le doux maître.

Un homme a obtenu, pour consacrer son souvenir, plus qu'une courte inscription : un portrait, une fresque, et cet homme est un fossoyeur. *Diogenes fossor in pace depositus*, lit-on sur la muraille. Et ce Diogène, aussi pauvre que son illustre homonyme, mais plus simple, moins dédaigneux des vanités humaines qu'il connaissait cependant si bien, apparaît debout la pioche sur l'épaule, une lampe à la main. Un compas, autre outil nécessaire de sa profession, est à ses pieds. En ces jours de proscription et de mystère que l'on pourrait appeler l'âge héroïque du Christianisme, les fossoyeurs étaient des personnages considérables. Ils formaient une sorte de corporation et on les appelait *laborantes*, les travailleurs. Ils vivaient plongés dans les ténèbres que dissipait à grand'peine la lueur de leur lampe fumeuse. Ils vivaient le pic à la main, sinistres mineurs, acharnés non pas à la recherche des filons précieux, mais acharnés à tailler un dernier abri aux pauvres dépouilles humaines. Et quelle tâche rude, affreuse, ce devait être, alors que cessait la tolérance toujours incertaine des

empereurs, alors que s'ouvrait une fois encore l'ère des supplices. Là-haut les bourreaux fauchaient, et les cadavres sanglants, mutilés, descendaient aux catacombes, car les chrétiens, fût-ce au péril de la vie, se faisaient un devoir de recueillir et dignement ensevelir leurs frères morts.

Dans les détails d'ornementation qui égaient, quoique bien rarement, certaines voûtes, certains sanctuaires, les oiseaux apparaissent, le paon, la colombe ; puis ce sont des fleurs, des ceps de vigne, quelquefois le poisson. On sait que le mot grec signifiant poisson réunit les premières lettres de cette formule : Jésus-Christ fils de Dieu sauveur. Toujours, et c'est là une particularité très remarquable, des objets riants, aimables. On chercherait en vain quelque image de supplice, quelque scène pénible, quelque souvenir cruel au moins parmi les fresques primitives. Dans la catacombe dite de Platonia, qui s'ouvre au chevet de l'église Saint-Sébastien, on trouve une peinture très incomplète qui représente un Christ en croix ; mais le style raide, tout byzantin, accuse une époque plus moderne ; c'est là une œuvre très probablement postérieure à Constantin.

Le supplice même de Jésus, du maître dont les nouveaux croyants suivaient la parole, n'est jamais matériellement reproduit. Il semble qu'une pensée constante ait voulu écarter de l'âme du néophyte tout ce qui n'était pas consolation, radieuse promesse, calme, sérénité. Et n'avait-on pas là-haut, au grand jour de la Rome impériale, assez de supplices et de bourreaux ? Les catacombes n'enfermaient dans leur nuit que le pardon et la paix.

Nous dirons quelques mots de ce qu'on peut nommer le mobilier des catacombes. Les fouilles, autrefois faites hâtivement, incomplètement et pour trouver moins des antiquités que des arguments en faveur de quelque dogme catholique ou de quelque thèse théologique, ont été depuis près de vingt ans reprises plus méthodiquement, et le chevalier de Rossi, qui les a dirigées, leur a dû une célébrité européenne.

Les objets recueillis ont été déposés soit au Vatican, soit au musée de Latran. Ce sont des inscriptions très nombreuses, des lampes de terre le plus souvent et portant le X et le P monogramme du Christ, quelquefois en bronze et décorées de l'A et de l'Ω, les deux lettres grecques qui résument le commencement et la fin de toutes choses ; ce sont aussi des ampoules de verre que l'on enchâssait auprès des tombes et qui contenaient le sang des martyrs.

Les catacombes sont des nécropoles. Elles ont été établies, creusées dans ce but, et n'ont pu servir qu'exceptionnellement à des réunions pieuses, à des cérémonies. L'espace manque en effet ; et les sanctuaires mêmes très peu nombreux, très exigus, n'ont pu recevoir que des assemblées bien réduites. Dans les temps relativement tranquilles, les Chrétiens se rassemblaient sans doute au logis de quelque initié, et ce n'est qu'aux jours d'orage qu'ils ont du exiler jusqu'en ces retraites souterraines leur culte et leurs saintes pratiques. Au reste la police impériale veillait et les ténèbres des catacombes n'étaient pas si épaisses qu'elle ne pût y découvrir les fugitifs. « Vous connaissez les jours de nos réu- « nions, disait Tertullien aux magistrats païens ; vous

« avez l'œil sur nous jusque dans nos assemblées les « plus secrètes, aussi venez-vous souvent nous sur- « prendre et nous accabler. » C'est ainsi que sous Dioclétien des soldats découvrirent dans une chambre des catacombes plusieurs chrétiens en prière. Ils les murèrent et les laissèrent mourir de faim. Quelques années plus tard, lorsque fut fermée enfin l'ère des persécutions, le pape Damase fit ouvrir une large fenêtre dans la paroi de cette sinistre prison, et les fidèles pouvaient voir les cadavres couchés sur le sol, ainsi que les avait laissés leur agonie suprême.

On a dit que les catacombes étaient d'anciennes carrières de sable (*arenaria*) d'où l'on tire la pouzzolane dont les maçons de Rome composent encore un excellent mortier. Les fouilles ont démontré au contraire que les carrières abandonnées n'ont été utilisées par les Chrétiens qu'exceptionnellement et pour se ménager quelque issue secrète. Le plus grand nombre des galeries est l'œuvre exclusive des Chrétiens ; la destination funéraire n'est pas contestable. Ce n'est pas sans raison que le fossoyeur apparaît comme le personnage principal aux catacombes.

L'existence des catacombes était connue de l'autorité romaine qui généralement les tolérait. En effet les Chrétiens si suspectés avaient pu, pour l'œuvre pieuse de leurs funérailles, trouver dans la législation, dans les coutumes de Rome païenne, certaines facilités et même une complaisante protection. On sait avec quels détails et quelle sollicitude la législation romaine réglait tout ce qui avait trait aux funérailles et à l'établissement des sépultures ; on sait de quel culte pieux les Romains en-

vironnaient tout lieu qui avait reçu le dépôt de restes humains : c'était un *locus religiosus* et mis sous la sauvegarde de la loi. Le déplacement d'une sépulture était chose rare, redoutée, qu'on n'entreprenait que sous le coup d'une impérieuse nécessité et toujours en l'accompagnant de cérémonies expiatoires. On demandait pardon au mort de cette audace sacrilège.

Aussi Rome avait-elle en grand nombre des associations pieuses, *collegia funeraticia*, qui veillaient aux funérailles de leurs membres ou s'imposaient l'obligation d'assurer aux pauvres gens une sépulture décente. Sous le couvert d'une association funéraire, les premiers Chrétiens purent se grouper, posséder et se faire une sorte de vie civile.

Les ruines confirment cette hypothèse. C'est ainsi que le cimetière chrétien dit de Domitilla s'annonçait sur la voie Prénestine par une entrée monumentale et qu'une inscription surmontait.

Lorsque Constantin, par l'édit de Milan en 313, eut assuré le triomphe officiel du Christianisme, ce fut une explosion joyeuse parmi les fidèles de la nouvelle foi. Ils s'empressèrent, et souvent aidés des subsides du prince, d'élever des basiliques, des baptistères. Il fallait des temples au nouveau culte, et quelque chambre mystérieuse, quelque caveau obscur ne pouvait plus lui suffire. Puis on ne tarda pas à démolir les temples païens pour en prendre les colonnes et les marbres. Les catacombes cependant ne furent pas délaissées. De nombreux pèlerins les visitaient, curieux de retrouver dans ces ténèbres le souvenir saisissant des jours d'épreuves et de combats. « Quand j'étais à Rome, dit saint Jérôme,

« encore enfant et occupé de mes études littéraires, « j'avais contracté avec d'autres jeunes gens de mon « âge l'habitude de visiter tous les dimanches les tom- « beaux des apôtres et des martyrs, et de parcourir « assidûment les cryptes creusées dans le sein de la « terre, qui offrent, de chaque côté d'innombrables « sentiers entrecroisés en tous sens, des milliers de « corps ensevelis à toutes les hauteurs, et où il règne « partout une obscurité si profonde qu'on serait tenté « d'y trouver l'accomplissement de cette parole : vi- « vants, ils sont descendus dans l'enfer. Ce n'est que « bien rarement qu'un peu de jour, pénétrant par les « ouvertures laissées à la surface du sol, adoucit l'hor- « reur de ces retraites sacrées. A mesure qu'on s'y « enfonce en marchant pas à pas, et en rampant sur la « terre, on se rappelle involontairement ces expressions « de Virgile :

« Partout l'obscurité profonde et le silence même épouvantent les [âmes. »

Quelques basiliques, Sainte-Agnès, Saint-Laurent, furent établies au-dessus des catacombes. Quelquefois même les plafonds de tuf furent défoncés, le sol de la basilique abaissé jusqu'au niveau des galeries supérieures des catacombes, et la tombe d'un martyr entre tous révéré devint un autel. Quel triomphe et quelle revanche ! N'était-ce pas comme une résurrection sublime ! Le mort sortait de la nuit et, sans avoir quitté sa sépulture, il trouvait autour de lui un temple splendide, le jour radieux, les chants sacrés et les fidèles agenouillés.

Les catacombes reçurent quelques fresques nouvelles

sans que jamais, par bonheur, on ait entrepris de les transformer. On cessa d'y porter les morts. Des cimetières furent créés au-dessus des catacombes, et il est curieux de voir par certaines inscriptions avec quelle ardeur les familles recherchaient, pour la sépulture des leurs, le voisinage de quelque crypte où reposait un martyr renommé. Mais les barbares ne devaient pas donner à ces cimetières le temps de se peupler beaucoup.

Les dieux sont vaincus, le Christianisme l'emporte. Les empereurs à leur tour vont être vaincus et les Barbares vont triompher. Moins d'un siècle après l'édit de Milan, Alaric saccage Rome. Les morts, comme les vivants, doivent se réfugier aux murs de la ville. Quelques-unes des plus précieuses reliques sont emportées. Les catacombes restent abandonnées. On les oublie. Au quinzième siècle seulement on en retrouve par hasard quelques galeries. Aujourd'hui on pourrait errer des heures sans sortir des nécropoles chrétiennes, et cependant elles ne sont pas encore toutes complètement connues. Cette immensité de la Rome souterraine justifie, au moins quant à leur nombre, ce que dit Tacite des chrétiens de son temps : « grande multitude, *multitudo ingens*. »

Il n'est pas que des catacombes Chrétiennes, aux environs de la voie Appienne, on a retrouvé des catacombes Juives et des catacombes où les sectateurs de Mithras enterraient leurs morts. Le culte de Mithras, d'origine Asiatique, déifiait le soleil ; il prit, à Rome et surtout au troisième siècle, une importance considérable.

Les catacombes Chrétiennes de Rome ont un intérêt tout spécial, car elles résument et racontent, mieux

qu'aucun autre monument, l'histoire du Christianisme durant les deux premiers siècles. Mais d'autres catacombes, moins illustres, composent un ensemble plus varié et d'un effet plus pittoresque : les catacombes de Naples, celles aussi de Syracuse.

San Gennaro dei poveri (Saint-Janvier des pauvres) est un hospice de vieillards tapi en un quartier extrême de Naples, au fond d'un vallon qu'enjambe un grand viaduc et que dominent majestueusement la montagne et le palais dits *Capo di monte*. L'asile de la misère et de la décrépitude est le plus souvent chose peu plaisante; San Gennaro est triste à mourir. La cour principale s'allonge régulière et monotone; des galeries la bordent, superposées sur trois rangs : puis dans l'enceinte ainsi encadrée quelques orangers végètent souffreteux et malingres, tandis que de ci de là quelques malheureux traînent péniblement les ruines de leur corps. L'arbre et l'homme font pitié.

Les catacombes s'ouvrent auprès de la chapelle. La montagne coupée à pic forme falaise, de larges brèches y sont béantes, gouffres noirs où nous entrons, et le regard tout d'abord ne sait où se reposer. Peu à peu nos lanternes débrouillent un peu ces ténèbres. On peut cheminer tout à son aise et en grande compagnie; pas de couloirs bas, étroits, à peine praticables et dont les parois semblent toujours prêtes à étouffer le profane, ainsi qu'aux catacombes de Rome, mais de grandes galeries, des avenues vastes comme un boulevard Parisien.

Le tuf dont est faite la montagne, parfaitement compacte et cependant assez mou, s'est laissé tailler, percer,

excaver, avec la plus complaisante docilité. Les plafonds plats s'étalent et l'on s'effraie de leur portée audacieuse. Aucune trace de maçonnerie n'apparaît cependant. Tout cela tient d'une pièce et tout seul.

Partout des tombes, la plupart violées et vides de leurs morts. Ce sont, comme à Rome, des niches allongées (*loculi*) qui se creusent dans les parois sur cinq ou six rangs. Les dalles qui les fermaient ont disparu ou n'ont laissé que d'informes débris.

On retrouve quelques peintures. Plusieurs paraissent quelque peu postérieures au triomphe officiel du Christianisme; ce ne sont pas les meilleures. L'art nouveau tâtonne, cherche sa voie; c'est comme un enfant qui bégaie. Voici saint Janvier, le saint national de Naples, et ses compagnons, figures raides, dures, parfaitement laides, sans pensée et sans vie et enfermées de contours noirs brutalement indiqués. Au-dessus d'un tombeau une tête de saint Paul fait pendant à la tête d'un autre saint; c'est un visage grave, austère, qu'aucune émotion n'agite et qui semble ne plus voir rien de ce qui est ici-bás.

Plus humain, plus sympathique, est le visage de Dydalia; c'est là à notre sentiment une fresque plus ancienne et qui doit remonter au temps du Christianisme mystérieux et persécuté. Le nom se lit au-dessus de la tombe. Cette tête de femme est un portrait, non pas une conception purement imaginaire comme les têtes de tant de saints personnages. Un caractère tout spécial, une individualité très-précise apparaît nettement reflétée. Cette Dydalia était belle, noble aussi sans doute et riche ; sa tombe plus importante qu'aucune autre, ce

soin même d'immortaliser le souvenir de la défunte par la peinture, tout semble l'indiquer. Les traits sont purs, doux, et la surprise est grande de surprendre, au milieu des tombeaux, cette beauté, cette grâce, ce sourire.

Il y a trois étages de galeries superposées. L'étage inférieur reste inaccessible. Lors de la peste qui décima Naples au dix-huitième siècle, des cadavres par milliers y furent jetés et entassés. Arrêté sur le seuil de ces profondeurs on peut voir les ossements monter jusqu'au plafond.

Les catacombes de Naples sont ou plutôt étaient très vastes, elles s'étendent, dit-on, jusqu'à Pouzzoles; mais on les a obstruées, murées, les brigands qui, comme on sait, fleurissent encore aisément sur le sol Napolitain, s'en faisaient un refuge et une voie commode pour circuler librement de la ville à la campagne.

A Naples comme à Rome, les catacombes ont servi certainement de cimetière aux premiers Chrétiens, peut-être aussi de lieu d'assemblée, l'espace ne manquait pas. Mais à Naples on a trouvé des sépultures plus anciennes et qui paraissaient d'origine païenne.

Les catacombes de Naples, avons-nous dit, sont avant tout pittoresques. Elles composent un décor admirable. Que de fois dans cette visite nous sommes-nous arrêté, saisi, ému! Un carrefour règne qui est comme le centre de cette ville mystérieuse. De là partent des galeries grandioses où se déroulerait librement le cortège des plus fastueuses funérailles, puis aussi des corridors plus étroits, des ruelles où la nuit arrête aussitôt le

regard. Là, s'ouvre une chambre carrée, sépulture de famille où la cendre des fils est venue se confondre à la cendre des pères. Le sol même parfois se creuse et se découpe en cercueils : le pied y trébuche faisant craquer quelque ossement ou rouler un crâne qui grimace. Quelque fresque indécise se perd comme un fantôme errant. Puis tout à coup dans ces ténèbres, ces ombres, ces incertitudes, tombe un éclair, joyeux rayonnement de vie. Une ouverture est ménagée dans le plafond. Là-haut, bien au-dessus de nous, un petit coin d'azur resplendit, et un arbuste se penche curieux de voir ce qu'enferment ces abîmes.

Syracuse avait ses principaux quartiers, Neapolis et Achradine, établis sur un banc rocheux d'une homogénéité assez égale, et qui permettait aisément le travail d'excavation. Les latomies de Syracuse sont célèbres; ce sont probablement d'anciennes carrières qui plus tard servirent de prison. Le rocher taillé à pic forme de hautes murailles, limite de vastes salles, des rues, quelquefois un véritable labyrinthe. Là furent plongés les prisonniers Athéniens après les désastres de la guerre entreprise contre Syracuse. Là quelques-uns, dit-on, rachetèrent leur liberté en récitant à leurs geôliers les beaux vers d'Euripide.

Syracuse, auprès de ses latomies, a ses catacombes; et il faut les compter au nombre des plus belles et des plus vastes. On trouve leur entrée au flanc de la petite église de *San Giovanni*. Les rues souterraines sont larges, généralement droites, régulières; les carrefours sont spacieux. Il semble qu'on ait ici excavé le rocher selon un plan d'ensemble et non pas quelque peu

au hasard et selon les nécessités du moment, comme à Naples et à Rome.

Les cases sépulcrales s'étagent jusque sur sept rangs. Quelques petites niches ont dû recevoir des restes d'enfants. Des chambres sont ménagées où descendaient les membres d'une même famille, plus unis peut-être dans la mort qu'ils ne l'avaient été dans la vie.

Des soupiraux existent assez nombreux et qui laissent, au moins de distance en distance, pénétrer un peu d'air et de lumière. Un étage seulement des catacombes est accessible ; mais la résonnance du sol et certains passages que les décombres obstruent prouvent l'existence d'étages inférieurs.

Quelques peintures, des croix, des paons que l'humidité ronge, rappellent l'époque Chrétienne. Mais d'autres, avant les Chrétiens, avaient confié leurs morts à ces retraites souterraines. Quelques archéologues, peut-être téméraires, veulent que les galeries les plus anciennes soient l'œuvre des Phéniciens.

Nous avons dit que le Christianisme vainqueur cessa de cacher ses sépultures. Les empereurs répudièrent les dieux qui si longtemps avaient présidé aux destinées de l'empire ; mais ils ne répudièrent pas, peut-être même exagérèrent-ils encore le faste dont les derniers Césars avaient pris l'habitude d'environner leur éphémère majesté. Plus l'empire s'abaisse et plus l'empereur se pare ; il a chaque jour quelque province de moins, mais aussi quelque bijou de plus, et il semble que ces hochets suffisent à le consoler de toutes les hontes et de tous les désastres.

Rome possède les tombes de Constance, fille de Con-

stantin, et d'Hélène, mère du même empereur. L'une et l'autre de ces princesses avaient leur mausolée dans la campagne à quelque distance de Rome. La mausolée de Constance est une rotonde, aujourd'hui servant de basilique ; sous les restaurations successives le plus souvent maladroites, on retrouve encore de l'édifice primitif de belles colonnes accouplées qui limitent une enceinte polygonale et des mosaïques où de petits génies vendangent et folâtrent au milieu des ceps. Le mausolée d'Hélène n'a laissé que des ruines voisines de la route de Palestrine et connues maintenant sous le nom peu noble de *Torre Pignatarra*, tour des pots. Les sarcophages, que les pillards avaient sans doute depuis longtemps visités, sont maintenant au Vatican. Tous les deux sont taillés dans un gros bloc de porphyre. La matière est riche, trop riche même pour la maladresse des artistes qui furent appelés à la décorer.

Le sarcophage de Constance a des pampres où se jouent d'affreux avortons, caricatures de l'enfance. La vigne reparaît souvent aux créations architecturales des premiers siècles chrétiens. Le sarcophage d'Hélène affecte des prétentions plus hautes. On y a représenté des scènes guerrières, mais sans perspective même sommaire, sans plan ; les cavaliers chevauchent superposés sur la tête les uns des autres. Le travail est lourd, grossier, disgracieux. Dans ces bas-reliefs les Romains triomphent des Barbares. La fiction ne sera plus longtemps d'accord avec la réalité, car les Barbares retrouvent l'épée de Brennus et Rome va bientôt apprendre une fois encore ce que cette épée pèse dans la balance.

Au temps de Constantin la sculpture est en pleine décadence. Pour s'élever un arc triomphal, l'empereur dépouille de ses sculptures un monument qui consacrait la gloire de Trajan. Quelques raccords sont cependant nécessaires et l'on peut voir, par un saisissant contraste, quelle était l'adresse des artistes qu'employaient les Antonins, quelle était la gaucherie des maçons dont Constantin devait se contenter.

L'empereur Chrétien construisit cependant encore des monuments très remarquables ; sa grande basilique voisine du forum garde des proportions nobles et harmonieuses. Mais, c'est là une loi qui partout se vérifie, l'architecture maintient ses traditions quand déjà la peinture et la sculpture déclinent et s'altèrent. L'architecture, même sous de mauvais détails d'ornementation, peut développer quelques belles lignes ; la sculpture au contraire ne saurait, sans tomber dans une complète laideur, subir les défaillances du dessin et les incertitudes d'une main qui ne sait plus tenir le ciseau.

Le musée de Latran renferme des sarcophages chrétiens, moins illustres que ceux d'Hélène et de Constance, mais de la même époque. Les sculptures sont aussi mauvaises. Dans la pose de quelques personnages, dans le jet de quelques draperies, nous surprenons des lignes heureuses et comme un vague souvenir des modèles perdus; mais que de fautes! que de laideurs! On a oublié jusqu'aux proportions normales du corps humain. Tel personnage porte une tête qui atteint le tiers de sa hauteur totale; le visage est béat, stupide, le regard flotte indécis, sans pensée. Fantôme, monstre,

un pareil être n'est pas même viable. Jonas avec sa baleine, Samuel avec ses lions, reparaissent souvent, drapés dans la toge et le péplum des consulaires romains. Quelquefois aussi c'est Jésus environné de ses apôtres.

Notre Louvre conserve un sarcophage chrétien d'une forme élégante et décoré de ceps de vigne gracieusement enroulés. On trouve encore des sarcophages de cette même époque aux cryptes de Moissac et de Saint-Seurin, la plus ancienne église qui soit à Bordeaux.

Il est une ville d'Italie qui résume les misères, les dernières splendeurs, toute l'histoire enfin de l'empire Romain d'Occident, à la veille de son suprême naufrage, c'est Ravenne. Ravenne dut sa fortune aux désastres de Rome. Honorius tremblant devant Alaric fut trop heureux d'y trouver un refuge; dès lors il ne voulut plus s'en éloigner. Et cependant le poëte Sidoine Apollinaire qui visita Ravenne au cinquième siècle, c'est-à-dire au temps de sa plus grande prospérité, nous en a laissé un bien triste tableau. Il maudit son air malsain, les cloaques de ses canaux d'où s'exhale, au mouvement des rames et sous la perche des bateliers, une odeur empestée, ses maisons mal assurées sur un sol toujours détrempé, son manque absolu d'eau potable. « Pourquoi te réfugier à Ravenne, dit-il dans une « lettre à son ami Candidianus, entre les nuées de mou- « cherons qui nous percent les oreilles et les gre- « nouilles, vos concitoyennes, troupe bavarde et inso- « lente qui mêle si agréablement la danse à ses coas- « sements? Quelle ville ou plutôt quel marais que ton « domicile! Toutes les lois de la nature y sont perver- « ties. Des murs flottants et des eaux immobiles, des

« tours qui marchent et des vaisseaux à sec, des thermes « à la glace et des maisons où l'on brûle, voilà Ra- « venne. Les vivants y meurent de soif, et les morts y « nagent dans leurs fosses. La vie qu'on y mène est « aussi le renversement complet de ce qui se passe ail- « leurs.... Les eunuques s'exercent aux armes et les « Barbares fédérés aux lettres. La ville où tu as trans- « planté tes lares domestiques a pu trouver un terri- « toire plus aisément qu'un peu de terre.... »

Mais c'est à tous ces fléaux mêmes que Ravenne dut la prédilection des derniers empereurs. Les marais, les bourbiers, les moustiques, la fièvre, l'eau saumâtre, autant d'obstacles qui pouvaient arrêter les Barbares. Il fallait bien que ces pauvres Césars des derniers jours se défendissent avec la fange et les mouches, puisqu'il ne savaient plus se défendre avec des hommes.

Honorius et les siens reposent à Ravenne. On désigne sous le nom vulgaire de *S. Nazario e Celso* le mausolée que Galla Placidia fit élever en 440. Quelle destinée que celle de cette Placidia! Fille, sœur, femme, mère d'empereur, et cependant longtemps errante, proscrite, captive et partageant sa vie entre les fuites et les triomphes, les prisons et les palais. Théodose est son père. Elle naît au milieu du retentissement des victoires et lorsque les aigles romaines ont repris pour quelques jours leur vol. Elle est à Rome au moment où Alaric y pénètre; la voilà prise. Une princesse impériale est une proie précieuse. Elle épouse Ataulf, beau-frère du vainqueur; car à l'exemple de la ville éternelle elle capitule devant l'invasion. Puis elle paie une grosse rançon pour se débarrasser de son mari. Elle

épouse alors Constance, général qu'Honorius, associe à l'empire. Une fille naît de cette union, Honoria, puis un fils qui sera l'empereur Valentinien III. Et quelques années plus tard, après la mort d'Honorius son frère, Placidia, devenue régente pendant la minorité de son fils, gouverne ce qui reste du monde Romain. Elle mourut en 450.

Rien qui ait quelque aspect monumental n'annonce extérieurement le mausolée impérial ; il s'enferme entre de misérables murailles de brique. L'intérieur forme la croix grecque ; quatre petits enfoncements rayonnent autour de l'enceinte centrale qu'une coupole surmonte. Sous l'un de ces enfoncements la porte s'ouvre, les voûtes basses des trois autres abritent trois sarcophages. En face de nous, derrière un curieux autel d'albâtre, est le sarcophage de Galla Placidia, grande cuve de marbre surmontée d'un pesant couvercle. Il était primitivement revêtu de plaques d'or et d'argent, mais qui ne restèrent pas longtemps en place. Ce n'est pas en ces jours où l'on pillait de toutes parts les provinces que l'on pouvait oublier de piller une tombe impériale. Du moins les pillards furent relativement discrets et réservés. Le corps momifié de l'impératrice était assis dans la tombe; ils le respectèrent, et, selon une tradition que la légende peut-être enjolive, Placidia resta sur son trône jusqu'au seizième siècle. On dit que des torches imprudemment approchées mirent en feu le cadavre; et en effet rien n'est plus aisément combustible qu'une momie.

A droite, à gauche, aux deux enfoncements qui se font pendant, deux sarcophages renferment Honorius et

Constance, mari de Placidia et père de Valentinien III.

Le sarcophage d'Honorius porte des croix à double bras, le monogramme du Christ et un agneau, tout cela mal groupé, lourdement sculpté ; le couvercle est décoré d'écailles symétriquement superposées. Le sarcophage de Constance déroule tout un troupeau de moutons non moins gauchement exécutés. Enfin près de la porte sont deux petits sarcophages où reposent les précepteurs de Valentinien III et d'Honoria, les enfants de Placidia. Noble pensée, pieuse sollicitude, les maîtres, deux hommes qui n'eurent d'autre titre que leur dévouement et leur science, ont pris place aux sépultures impériales.

Tout entières les voûtes du mausolée sont revêtues de mosaïques. Prophètes, évangélistes, s'y alignent maigres, immobiles et dressant sous l'auréole des têtes trop petites pour contenir l'ombre d'une pensée. Aux bords d'une coupe folâtrent de mignonnes colombes ; c'est là comme une imitation lointaine, mais encore charmante, de la célèbre mosaïque des colombes qui décorait la villa d'Hadrien à Tivoli. La coupole est semée d'étoiles d'or. Puis au-dessus de la porte le bon Pasteur paît ses mystiques brebis ; des rinceaux courent harmonieux et fins.

La lumière ne pénètre que par d'étroits soupiraux ; elle glisse discrète, respectueuse, dirait-on, elle caresse les ors des mosaïques et n'éveille qu'à demi le concert de leurs splendides couleurs, puis elle s'écarte des tombes impériales, leur laissant le voile d'une ombre douce, tandis qu'elle jette sur les dalles des taches plus éclatantes.

C'est là un lieu triste, calme cependant et non pas sans charme. La grandeur Romaine n'y mène pas grand tapage, elle se fait petite, elle se cache, et dans cette ville de Ravenne son refuge suprême, bientôt sa tombe, elle demande qu'on l'oublie et qu'on lui pardonne d'être encore.

En effet les jours sont comptés. Odoacre arrive avec ses Hérules; il abat un dernier fantôme qui se disait empereur Romain, Romulus Augustule, il se proclame roi et fait de Ravenne sa capitale. Mais les Goths accourent, ils veulent aussi part à la grande curée, Théodoric est avec eux. Théodoric triomphe d'Odoacre. Odoacre cependant s'enferme dans Ravenne et courageusement se défend. Enfin une convention est conclue, Théodoric entre dans Ravenne, Hérules et Goths font alliance ; les deux rois régneront de concert. A quelque temps de là, Théodoric invite à un grand festin son cher collègue et le fait massacrer à table lui et tous les siens.

Quels temps et quelles mœurs ! Théodoric cependant est compté entre les meilleurs de ces rois d'aventure. « *Verbo Theodoricus tyrannus fuit*, dit Procope, *facto autem rex*. Théodoric fut un tyran, dit-on, mais aussi un roi. » Théodoric prit l'initiative de plusieurs mesures intelligentes. Ce fut par ses ordres que le patrice Décius entreprit le dessèchement et la mise en culture des marais Pontins. Les travaux, bien que poussés activement, ne purent cependant triompher de ces eaux stagnantes, de ces bourbiers empestés qui déjà avaient lassé la ténacité romaine, qui devaient lasser les efforts des papes les plus énergiques et qui défient en-

core la puissante industrie des ingénieurs modernes.

Théodoric a laissé à Ravenne son tombeau, le plus considérable des monuments que les rois barbares aient bâtis en Italie. Le moyen âge en fit une église : aussi l'appelle-t-on encore *Santa Maria della rotonda*. Le tombeau de Théodoric fut élevé vers 530 par les ordres de sa fille Amalasunthe. Amalasunthe, Odoacre, Ataulf, Théodoric, quels noms gracieux et comme ils devaient sonner agréablement aux oreilles des pauvres Romains !

Au reste, l'architecture de toutes ces nations barbares, quand elles avaient une architecture et ne se contentaient pas de détruire, était aussi rude et grossière que leur langue.

Le monument se partage en deux étages. Le premier, de niveau avec le sol, forme un décagone et sur chacune de ses faces inscrit une baie profonde. Là reparaît le plein cintre romain. Le second étage, en retraite sur le premier, est arrondi et prête au monument tout entier l'aspect d'une rotonde. Enfin sur le faîte s'aplatit lourdement une coupole taillée dans un seul bloc de pierre mesurant onze mètres de diamètre. On y a laissé comme des consoles en saillie symétriquement alignées et qui sont percées d'un trou. Peut-être a-t-on là fixé les cables qui ont servi à remuer cette masse lourde, estime-t-on, de cent quarante-sept mille kilogs ; peut-être ensuite a-t-on suspendu là quelques ornements de bronze, des guirlandes qui égayaient un peu les profils austères du monument. Le bronze en effet paraît avoir été employé à la décoration. Lorsqu'on atteint par un escalier double de construction moderne la terrasse qui marque la saillie du premier étage sur le

second, on remarque à la muraille des entailles régulières et des trous de scellements. Les fouilles ont fait découvrir quelques débris de colonnettes.

Aux deux étages nettement indiqués à l'extérieur répondent à l'intérieur deux salles superposées. Une porte carrée, ménagée sur l'une des faces du décagone, donne accès dans la première. L'eau l'envahit. Aujourd'hui encore on pourrait faire écho aux plaintes d'Apollinaire et appeler Ravenne une cité de grenouilles ; la ville est comme suspendue sur un marais. Ainsi la salle basse est un lac que l'on voit mystérieusement miroiter sous les jets de lumière que lui dardent d'étroites ouvertures.

La seconde salle est ronde ; sans doute elle renfermait le sarcophage du prince et était inaccessible. Les escaliers qui s'accrochent aux flancs du monument ont dû être établis au moment où le mausolée fut transformé en église.

Quelques lucarnes, taillées en forme de croix, versent un jour abondant. Mais rien n'est là que des murs nus, et un autel dépouillé.

Le tombeau de Théodoric ne paraît pas avoir été longtemps inviolé. Théodoric se disait arien et favorisait les ariens. Lorsqu'un retour de fortune eut rendu l'influence et l'autorité aux catholiques orthodoxes, la réaction fut violente ; elle ne s'arrêta pas au seuil des sépulcres, et les restes du royal hérétique furent jetés hors de son monument.

Quoi qu'il en soit, ce monument en lui-même subsiste à peu près complet. Il est lourd ; il respire une certaine majesté, mais rude, brutale. Les détails sont mauvais,

moulures ou corniches; les lignes flottent indécises, les profils s'effacent sans harmonieuse saillie. La bâtisse est bien faite cependant; ce ne sont que de gros blocs emboîtés les uns dans les autres par des angles et des entailles savamment ménagés. Aussi ces masses robustes ont-elles traversé les siècles sans que rien ait fléchi.

La royale hôtellerie qu'habitèrent successivement les rois Goths, les exarques Grecs et les rois Lombards, fut détruite lorsque Charlemagne fit rassembler en Italie les marbres nécessaires à la construction de ses églises et de ses palais d'Aix-la-Chapelle. Un mur seul reste debout, et contre ce mur est abandonnée une cuve de porphyre. On suppose qu'elle a contenu les dépouilles de Théodoric. Peut-être n'a-t-elle jamais servi que de baignoire dans quelques thermes antiques.

A cinq kilomètres de Ravenne, au milieu de ce qui fut un quartier de la ville dit *classis Cæsarea* (la flotte de César), au temps où Ravenne avait un port, et ce qui n'est plus aujourd'hui qu'une campagne et des prés humides, une basilique s'élève très célèbre et très belle, *Sant Apollinare in classe*. A l'intérieur huit sacrophages s'alignent au long de la muraille ; les plus anciens sont du sixième siècle, les plus modernes du neuvième; du reste, ils montrent dans leur style une étroite parenté. Ce sont des cuves de marbre fermées d'un couvercle que décorent des écailles légèrement entaillées. Les paons, le monogramme du Christ, l'A et l'Ω qui résument l'éternelle loi de la vie et de la mort, les ceps de vigne enguirlandés, l'agneau, les brebis, tels sont les symboles peu variés qui constituent l'ornementation.

Un bas-relief représente cependant saint Thomas touchant la plaie béante au flanc du Christ, sculpture barbare et niaise. Ce sont huit archevêques de Ravenne qui dorment là dans leur église, *sanctissimi ac ter beatissimi*, disent peu modestement les inscriptions. Presque toutes débutent par ces mots : « *hic tumulus clusum servat corpus*... ce tombeau garde enfermé le corps... »

Les empereurs Byzantins ont laissé à Constantinople quelques sarcophages de porphyre aujourd'hui conservés au musée de Sainte-Irène. Ils n'ont d'autre ornement que des croix entaillées.

Si les monuments funéraires qu'on éleva en Italie et dans l'Orient Byzantin entre le cinquième et le neuvième siècle manquent d'élégance, combien plus barbares encore étaient les sépultures que la Gaule et les régions environnantes peuplaient alors de leurs morts! Ce ne sont même plus à proprement parler des monuments. Les cimetières de cette époque sont nombreux; on en a retrouvé un peu dans toute la France, surtout dans la région Nord et Nord-Est, à Paris même et tout récemment encore. Nous-même avons assisté à des fouilles entreprises près de Pierrefonds, puis près du village de Montécourt dans le département de l'Aisne, sur l'emplacement de deux cimetières contemporains des grandes invasions et des rois Mérovingiens. Les mêmes dispositions se répètent à l'infini. Le mort est déposé dans une cuve de pierre sans ornement et plus large à la tête qu'aux pieds, il garde avec lui tout son équipement de guerre : glaive de fer qu'on n'aiguisait que d'un côté, couteau, lance de fer, quelquefois hache ou francisque imitant la forme de la cognée qu'emploient nos bûche-

rons, colliers de verroterie, anneaux de bronze, fibules de bronze, puis entre les jambes un pot de terre grossier et parfois enfin quelques pièces de monnaie. Les femmes ne paraissent pas avoir été inhumées avec autant de soin.

En 1653 fut retrouvée près de Tournai la tombe de Childéric I, fils de Mérovée, qui fonda notre première dynastie, père de Clovis, qui l'illustra plus qu'aucun autre. Nous empruntons à l'abbé Cochet, très versé, comme on sait, dans l'étude des antiquités Gallo-Romaines et Franques, quelques détails sur cette importante trouvaille :

« Le 27 mai 1653, un ouvrier maçon sourd-muet de « naissance, nommé Adrien Quinquin, était occupé à « bêcher la terre pour jeter les fondements d'un édifice « projeté. Déjà il était arrivé au tuf naturel, à une « profondeur de sept à huit pieds, lorsqu'un heureux « coup de pioche fit briller à ses yeux une boucle d'or « et une masse de monnaies d'or.

« L'éclat de ces métaux précieux frappe comme un « éclair les yeux du pauvre sourd-muet, qui sans doute « n'avait remarqué ni la nature noire du terrain, ni les « ossements humains, ni les restes de bois et de fer- « rure... Voici quels furent les objets retrouvés : cent « pièces d'or, deux cents monnaies d'argent, une foule « de ferrements usés et corrodés par l'oxyde, des osse- « ments humains, deux crânes, une épée en fer avec sa « poignée, sa garde et ses garnitures de fourreau mon- « tées d'or et de verroteries, la monture d'un coffret, « un armement en forme de tête de bœuf, environ trois « cents abeilles que l'on suppose avoir orné le manteau

« royal, une aiguille, des fibules, des agrafes, des bou-
« cles, des bagues dont une au sceau du prince avec
« l'inscription *Childerici regis*, le tout en or et, en
« grande partie, monté de verroteries. »

Après une odyssée qu'il serait trop long de raconter, ce trésor est venu prendre refuge à notre bibliothèque nationale, mais, hélas ! combien diminué ! Voici, après les pertes successives et le vol de 1831 où tant d'objets précieux disparurent, tout ce qui nous reste :

Les fragments de la poignée d'une épée, une hache de fer, une boule de cristal, une fibule, une boule d'or, cinq petits ornements en verre coloré montés en or, deux abeilles d'or, deux monnaies d'or de l'empereur Léon, enfin une dent, la plus vieille dent royale que la France ait conservée.

Tombeau de Galla Placidia, à Ravenne.

Tombeaux des Califes au Caire.

CHAPITRE VI

ISLAMISME.

LE CAIRE. BROUSSE. CONSTANTINOPLE. — INDE. —

Au début du septième siècle, un chamelier de l'Arabie se révèle grand prophète, c'est Mahomet. Il formule une loi, un dogme, il ouvre une ère, et bientôt ses croyants débordent hors de l'Arabie, envahissent l'Orient, inondent l'Afrique, l'Espagne, la Sicile, la France même. Le Christianisme recule. C'est un torrent, et les peuples se suivent, se poussent ainsi que des flots soulevés. Qu'une tribu, qu'une race s'épuise et succombe à sa tâche, aussitôt une autre arrive qui la remplace, croyant le même Dieu, proclamant la même loi. L'Asie, durant

près de huit siècles, fut comme un volcan qui vomissait des nations, toutes tenant le Koran dans une main et le cimeterre dans l'autre.

L'Islamisme proscrivait la représentation de toute chose animée, et surtout de la figure humaine. Aussi l'Islamisme, tout en adoptant certaines formes architecturales précédemment usitées, dut-il créer un art nouveau et provoquer dans l'ornementation une révolution complète. A l'image de l'homme qui, dans les édifices païens, et dans les édifices chrétiens malgré certaines restrictions rapidement éludées, constitue le principal élément décoratif, il fallut substituer des caprices enfantés dans le rêve.

L'art musulman naquit et se développa rapidement ; ce fut une splendide fleur qui aussitôt vint égayer l'Islamisme en son berceau. La mosquée dite d'Amrou, au vieux Caire, date de l'an 21 de l'hégire, et c'est déjà un monument original et magnifique.

Nous ne parlerons ici que des tombeaux, mais quelques-uns sont des chefs-d'œuvre merveilleux et suffisent à glorifier l'art qui les a conçus. Ces tombeaux, qui proclament une foi commune et de communes espérances, ont cependant beaucoup varié leurs types selon les races, les siècles, les pays. Aussi, pour embrasser, au moins dans un ensemble sommaire, les monuments funéraires de l'art musulman, il nous faudra courir des rives du Nil aux rives du Bosphore, et jusqu'aux rives du Gange. Le Caire, Brousse, Constantinople, l'Inde, telles seront nos étapes à travers le monde de l'Islam.

Le Caire fut fondé en 969 de l'ère chrétienne, par

Gewher, général des sultans Fatimites ; et le Caire aussitôt devint la capitale de l'Égypte. Les califes Arabes, les Éyoubites, les sultans Mamelouks, y séjournèrent successivement jusqu'à la conquête de Sélim, sultan de Constantinople.

Les cimetières du Caire sont nettement partagés en deux par la montagne où trône la citadelle. Au nord s'étend le groupe des sépultures princières, dites tombeaux des califes ; au sud se trouvent les tombeaux des mamelouks et des membres de la famille vice-royale. C'est par cette partie, la seule qui reçoive encore des hôtes, que nous commencerons notre promenade funèbre.

Le sol est aride et poudreux. Pas une herbe n'y germe, pas un lichen n'y rampe. Les tombes fourmillent de toutes parts, composées uniformément presque toujours d'un petit massif en maçonnerie tout éclatant de blancheur, et qu'une stèle surmonte. Là où repose quelque personnage un peu considérable, il est souvent une enceinte carrée que perce une porte étroite. Les sentiers ondulent, incertains de leur but, chaque pas y soulève des nuages d'une poussière noirâtre. Quel interminable champ de mort et quelle désolation !

Quelques dômes d'une lourdeur infiniment disgracieuse nous annoncent de loin le sanctuaire où s'abritent les sépultures des vice-rois et de leur famille. Les sarcophages, à l'exemple de ceux des sultans de Constantinople, sont de bois et flanqués de cierges gros comme des mâts de navire. Partout éclate une horrible cacophonie d'or et de couleurs criardes. Aux tombes des femmes, des enfants, des parents, il y a encore

quelque réserve, mais quelle démence de faste vulgaire aux monuments qui recouvrent Ibrahim, Abbas, Saïd ! Ces laideurs brutales et sottes jurent ici d'autant plus que la mort semble commander plus de respect. Autant faudrait-il accompagner un chant de deuil sur le mirliton ou le cor de chasse. Est-ce une fatalité ? Les modernes ne peuvent rien élever sur le sol de l'Égypte qui ne soit grotesque.

Des modèles, non pas sans défaut, mais recommandables encore, sont cependant à quelques pas de là. Une enceinte d'une médiocre étendue réunit les tombes des sultans Mamelouks. Les dynasties Mamelouks dominèrent l'Égypte durant deux cent soixante-sept ans, jusqu'en 1517, époque à laquelle Sélim Ier annexa à son empire l'ancien empire des Pharaons. Les monuments des Mamelouks ne remontent donc pas au delà du quinzième ou du quatorzième siècle. La disposition d'ensemble reste partout la même. Quatre colonnettes soutiennent un dais qui abrite le sarcophage. Fleurs et feuillages y courent, végétation capricieuse. Tout est de marbre blanc, non pas d'une exécution très fine, mais d'un effet heureux et d'une originalité harmonieuse.

Pour nous rendre aux tombeaux des califes, il faut contourner la citadelle et suivre extérieurement les anciens remparts de la ville. Le Caire ne s'étant pas agrandi de ce côté, l'enceinte subsiste, mais très dévastée. Les créneaux sont taillés en pointe, comme aux remparts de Séville et de Cordoue. Autour de nous abondent les contrastes, et l'aspect est curieux. A notre droite, les décombres entassés forment des collines. La

ville est à notre gauche, pressant confusément ses tours, ses terrasses, ses innombrables mosquées. Quelques-unes adossent aux murs d'enceinte leurs minarets. On n'a plus souci des sièges et des combats sanglants, les brèches restent béantes et les pierres éboulées s'amoncellent, facilitant l'escalade. Un appentis misérable cache une machine à vapeur qui siffle et ronfle ; un tombeau l'avoisine, et sa coupole, cependant bien légère, fait fléchir les murs qui la portent. Enfin, derrière nous, la citadelle étage ses rochers, ses tours, ses sanctuaires, ses palais.

Les poteries brisées, les fragments épars, tout ce que rejette une grande cité, s'élève en énormes amoncellements. C'est une chaîne de buttes qui sépare la ville des vivants de la ville des morts, et celle-ci, longtemps invisible, emprunte à cet isolement même une plus austère majesté.

A quelques pas, le Caire fourmille et bourdonne, mais nous ne découvrons plus que le désert ; tout y fait silence. Partout un sable fauve où le pied n'avance qu'avec peine, des vallons, des monticules que le vent capricieux creuse, élève, emporte, déplace, anéantit, et plus loin, quelques montagnes rocailleuses, alignées en un rempart farouche. Rien qui vive, pas un murmure ; la mort règne en souveraine absolue. Le ciel est un autre désert, tout d'azur flamboyant ; pas une oasis sur la terre désolée, pas un nuage au ciel. C'est dans ce cadre si tristement grandiose que les tombeaux des califes surgissent souriants, cité muette qui ne vit que par le souvenir, bien charmante, bien coquette cependant, et parée comme pour une fête. Une grâce aimable

et douce se révèle en ces monuments funéraires. Ils inspirent une mélancolie consolante et je ne sais quelle idée de suave repos, non pas l'idée du néant, encore moins la crainte de quelque lugubre mystère.

Les tombeaux sont nombreux; ils se composent, pour la plupart, d'une mosquée et d'une salle spécialement consacrée à la sépulture royale. Coupoles mignonnes, sveltes minarets ont germé au hasard; tantôt ils se groupent, tantôt s'écartent et vont étaler leurs grâces à l'écart, jaloux de tout voisinage importun. Les coupoles, toujours de forme un peu bulbeuse et d'une grandeur médiocre, entrecroisent des losanges ingénieusement entrelacés; elles ceignent souvent une longue inscription aux jambages fantastiques, puis, sur le faîte, se dresse un croissant de bronze fermé, emblème, je crois, de souveraineté royale. Les minarets varient à l'infini leur ornementation, multipliant les galeries, les niches, les balcons tout découpés à jour, les fleurons, les colonnettes, puis se renflant parfois à leur partie supérieure. Nulle loi de rigide symétrie, nulle règle absolue que celle de la grâce. Souvent la porte s'ouvre sur le flanc du monument, elle prend pour piédestal un double perron et égaie de stalactites la haute niche qui l'encadre. Tout cela est léger, élégant, un peu débile; cependant ces constructions ne sont pas faites de platras misérable, de stucs trompeurs, mais toujours et partout de pierre habilement appareillée. Certaines coupes de blocs, certaines combinaisons de voussures et de claveaux, témoignent d'une invention ingénieuse et d'une science assez profonde pour permettre toutes les audaces.

Vus de loin, dans leur désordre pittoresque, ces mausolées ne semblent pas avoir subi de trop cruels outrages : menteuse illusion, surtout, dans les intérieurs, quel spectacle de ruine et d'abandon ! Plus d'un sanctuaire est inaccessible ; les décombres y forment barricades, et pour leur épargner sans doute la visite des chacals, on a muré portes et fenêtres. Aux ouvertures des coupoles, les vitraux ont disparu et l'azur rayonne librement. Et cependant les inscriptions célèbrent encore, en langage pompeux, la gloire des princes dont l'oubli a effacé le nom, dont le désert bientôt effacera la tombe. « Cette coupole bénie, lit-on sur la « mosquée de Gaït-bay, a été élevée par la grâce de Dieu « et par ses riches dons sur notre maître et roi, maître « de nos nuques, sultan de l'Islam et des Musulmans, « destructeur des infidèles et des polythéistes, vivifi- « cateur de la justice du monde, le grand Iman, le roi « des rois et des peuples, le sultan régnant Mélik El- « Aschraf Aboul-Nassr Gaït-bây, roi des deux mers et « des deux continents, serviteur des deux sanctuaires, « maître des Arabes et des Persans, le sultan El-Mélik « El-Aschraf Aboul-Nassr Gaït-bay... Que sa victoire soit « glorieuse, dans le mois de ramaddan de l'an 887. » (De l'hégire, 1509 de notre ère.)

Nous pénétrons au dernier logis de ce vainqueur, de ce héros que le marbre nous vante. A peine quelques fragments informes restent de la mosaïque qui recouvrait les murailles ; on dirait des tentures précieuses que les siècles ont rongées. Aux portiques de la cour, grouillent confusément des paquets de haillons qui sont des femmes, des monstres noirs et glapissants qui

sont des enfants, parias misérables, rejetés de la cité et qui demandent à la mort une hospitalité plus clémente. Une dalle de marbre, flanquée de quatre boules, marque la sépulture du glorieux Gaït-bay, et le vent du désert y fait tourbillonner une poussière brûlante.

On désigne, dans les anciennes principautés barbaresques, sous le nom de marabout, un homme qui se consacre à la prière et vit en ermite. Par extension, on a donné le nom de marabout au monument élevé sur la tombe de ces saints personnages que la piété populaire honore d'un culte superstitieux. En Algérie, au Maroc, en Tunisie, que de fois l'on rencontre ces petits édifices carrés, surmontés d'une coupole et tous blanchis à la chaux. Ils forment dans les paysages un accident pittoresque. Ils enferment une salle où le sarcophage, le plus souvent fait de bois, est à demi voilé sous de pieux étendards qu'aux jours de certaines fêtes on promène pompeusement. Tlemcem, qui fut longtemps la capitale d'émirs puissants, conserve les plus remarquables de ces monuments qui soient en Algérie.

Brousse, l'ancienne Prusa, métropole de la Bithynie, que Prusias II, dit le chasseur, fonda sur les conseils d'Annibal proscrit, fut aussi la première grande conquête des Turcs et leur première capitale. En 1327, Orkhan, fils d'Osman, y pénétra après un siège de dix ans.

Brousse, par je ne sais quel charme mystérieux, attira deux fois la puissance brisée, la majesté déchue. C'est là que vint échouer et mourir Annibal enfin vaincu ; c'est là, il y a peu d'années encore, que le dernier des émirs africains, Abd-el-Kader, vint chercher le repos et l'oubli.

Osman, le fondateur de la puissance turque, était le fils d'un certain Erthogul qui batailla contre les Grecs sous les ordres de son suzerain, le sultan seldjoucide Alaeddin. « Les noms viennent du ciel », dit le Koran. Osman en turc signifie briseur de jambes ; c'était pour un conquérant un nom prédestiné. Osman ne tarda pas à s'affranchir, au moins en fait, de la suzeraineté qu'avait subie son père.

Il s'éprit follement, raconte la légende, de la belle Malkhatoun (femme trésor); mais le père, le sage et pieux scheik Edebali, refusait la gloire de cette royale alliance. Un soir cependant Osman vient solliciter l'hospitalité chez le scheik; reçu comme il convient, il ne tarde pas à s'endormir. Alors il voit la belle Malkhatoun ; elle est étendue souriante. De son sein s'élève le croissant de la lune, puis un arbre énorme qui sans cesse monte, s'étend, toujours plus fort, plus touffu, plus puissant. L'ombre de sa ramure couvre la terre, les mers, les montagnes, et le Caucase et l'Atlas, et le Taurus et le Liban ; de ses racines des fleuves jaillissent, c'est le Nil, c'est l'Euphrate, le Tigre, le Danube ; des vaisseaux les encombrent, des villes florissantes germent sur leurs rives. Puis un vent violent s'élève ; les feuilles de l'arbre prodigieux se détachent, tourbillonnent, pleuvent, ces feuilles deviennent des lames de sabre. Elles tombent sur des villes inconnues, puis sur Constantinople qui brille, chaton d'une bague immense où la terre tout entière semble enfermée.

Au récit de ce songe, le vieux scheik consentit enfin à donner sa fille à Osman, et la belle Malkhatoun devint mère d'Orkhan. Brutalement secoué par le dernier trem-

blement de terre, le tombeau d'Orkhan a été reconstruit. C'est un pavillon arrondi. Le sarcophage du prince s'y abrite, enveloppé d'une draperie noire que des broderies d'argent relèvent, et protégé par une balustrade de nacre. Tout alentour, des sarcophages plus petits groupent la famille du maître : car il trône au milieu des siens, jusque dans la mort.

Le monument est peu remarquable, mais de l'esplanade qu'il occupe la vue s'étend librement et sur les pentes ombragées des bosquets, et sur les eaux murmurantes et sur la plaine radieuse que l'Olympe domine.

Le sultan Mahomet I repose près de la mosquée verte, la merveille de Brousse, que ses ordres firent élever entre 1413 et 1421. Le turbé (c'est le mot turc généralement employé pour désigner la tombe d'un personnage considérable), œuvre de la même époque et peut-être des mêmes artistes, a subi par malheur les plus odieuses mutilations. Pauvres Turcs! la misère aidant, leurs monuments, même les plus chers à leur orgueil, mosquées, tombeaux des grands conquérants, s'émiettent comme leur empire.

L'arc de la porte qui donne accès dans le tombeau accuse des proportions d'une extrême élégance ; mais, des carreaux de faïence émaillée qui étaient incrustés au creux des stalactites, très peu restent en place. Touristes, passants, gamins de la ville, les ont arrachés un à un, détruisant cet admirable ensemble décoratif pour faire des échantillons sans intérêt. Ce sont là des blessures cruelles et qui ne se fermeront jamais. Toutefois je ne sais quels scrupules respectueux ont arrêté les dévastateurs sur le seuil, et dans la salle octogone où

Mahomet I dort environné des cercueils de sa famille les murs gardent leur magnifique revêtement. Feuillages fantastiques, rinceaux, fleurs que notre terre ne connut jamais et qui semblent ravies aux bosquets d'un paradis enchanté, inscriptions, lettres aux jambages étranges, versets, sentences saintes, courent, s'entrelacent, se jouent. Les teintes bleues, surtout verdâtres, reparaissent souvent, comme le thème fondamental sur lequel le caprice de l'artiste brode une harmonieuse symphonie. Cela est splendide, mais d'une splendeur aimable, calme, sereine, et l'œil en est caressé plutôt qu'ébloui. Dès le seizième siècle, les Turcs devaient perdre l'habitude et bientôt le secret de ce charmant procédé de décoration.

Non loin de la mosquée dite du sultan Murad I sont réunies les tombes de plusieurs sultans.

Chaque prince a son turbé où il repose avec les siens.

Le sarcophage plus élevé et drapé d'étoffes plus amples, plus riches, le turban dont il est surmonté, marquent la sépulture du maître. Au reste, ces turbés présentent tous des dispositions analogues : portique qui règne en avant de l'entrée, salle ronde quelquefois, plus souvent octogone, où les cercueils sont déposés.

De ces monuments, le plus considérable et le plus curieux est consacré au sultan Murad I. Deux enceintes sont inscrites l'une dans l'autre, la première octogone, la seconde carrée. Le sarcophage s'y dresse au milieu d'une colonnade. Ces colonnes, arrachées aux ruines de quelque monument antique, ont double chapiteau, l'un qui les couronne, l'autre qui leur sert de base. Les acanthes corinthiennes se déploient à l'envers ;

les bâtisseurs turcs n'y regardent pas de si près. Ce qui vaut mieux que cette architecture un peu barbare, c'est l'encadrement que la nature lui prête. Un bosquet, tranquille et doux comme sans doute étaient ceux que la piété antique consacrait, environne ce petit monument où dorment tant de grandeurs évanouies. Un cyprès jaillit, énorme; sous son feuillage noir on entrevoit l'armature puissante de ses branches. Aussi vieux sans doute, mais plus souple, plus léger, un platane l'accompagne, son tronc atteint une grosseur invraisemblable. Le cyprès est rigide comme une colonne de bronze, le platane s'épanouit, s'étale, versant son ombre sur un espace immense. Deux fontaines ruisselantes chuchotent. Un enfant prie, évoquant peut-être les vainqueurs disparus, les grands sultans descendus dans la tombe, appelant le passé au secours du présent, tandis qu'un buisson de roses jette à la terre ses pétales, à la brise son parfum.

Les monuments remarquables que l'Islamisme inspira furent l'œuvre des races qui, sous le nom de Maures, de Sarrazins, inondèrent l'Egypte, l'ancienne Mauritanie, l'Espagne, la Syrie. Les Turcs, venus plus tard, innovèrent très peu. Ils étaient, ils sont encore plutôt soldats qu'artisans et surtout qu'artistes. Dans les monuments élevés par eux (et quelques-uns des plus importants ont été exécutés d'après les plans d'artistes grecs ou arméniens), on ne peut signaler que très peu de particularités caractéristiques. Les minarets longs, minces, pointus, qui percent le velum d'azur étendu au front de Constantinople, sont une conception essentiellement turque. Mais la plupart des mosquées

répètent ou imitent les dispositions générales des basiliques byzantines. Cependant les Turcs ont, sinon inventé, au moins très employé, très perfectionné et très gracieusement exécuté le kiosque. Leurs anciens palais (non pas ceux que des artistes de France ou d'Italie leur ont construits) ne sont rien que des réunions de kiosques ; leurs fontaines sont des kiosques souvent charmants ; leurs tombes, au moins les tombes considérables, sont encore des kiosques. Aussi une promenade à travers les cimetières de Constantinople ne nous donnera pas une haute idée des aptitudes architecturales des Turcs, mais elle nous montrera que le goût du pittoresque et l'harmonie dans le groupement et l'aspect des choses ne leur sont pas étrangers. Les Turcs, lorsqu'ils construisent, semblent des paysagistes plutôt que des architectes.

Les remparts de Constantinople présentent de la mer de Marmara au fond de la Corne d'or un développement de six kilomètres. Le fameux château des sept tours (Jedi-Koulé) marque, au bord de la mer, leur point de départ. Que de sinistres souvenirs rappelle ce vieux manoir ! Que de mystères, que de crimes ! Sept sultans y périrent. Quant aux ambassadeurs emprisonnés, aux princes, vizirs, pachas mis à mort, on ne saurait les compter. Le chemin de fer d'Andrinople a fait brèche au château des sept tours. Il le traverse, le coupe, l'éventre ; le soleil verse librement aux ruines béantes sa lumière, et, avec elle, le pardon et l'oubli.

Un chemin défoncé, sillonné d'ornières profondes où les chiennes fauves installent leur progéniture, s'allonge et borde les remparts. Ces remparts étagent à

notre droite leurs tours, leurs triples terrasses que les arbres joyeusement prennent d'assaut, leurs créneaux où sont restées ouvertes les blessures que firent les canons de Mahomet II. Aux contrescarpes éboulées, moutons et chèvres viennent brouter ; car la nature, avec ses mousses, ses herbes, ses fleurs, ses arbrisseaux, pacifiquement s'empare de ces pierres que tant d'ambitions ont convoitées, convoitent encore aujourd'hui.

A notre gauche s'étend un immense cimetière; c'est une seconde ville, mais celle-ci sombre, silencieuse. Les cyprès l'enveloppent, formant une forêt ininterrompue. Le cyprès n'est pas ici un arbre chétif, malingre, ainsi que celui qui végète dans nos cimetières. Il veut un ciel clément, une température tiède : aussi ne prospère-t-il que dans les régions méditerranéennes. Les cyprès de Constantinople l'emportent en nombre, en force, en beauté même, sur ceux de Rome. En grandissant, ils écartent un peu du tronc leurs branches, sans toutefois altérer sensiblement leur forme pyramidale. Le tronc grisâtre que ni mousse, ni lichen ne souille, jaillit avec une fierté superbe, et la ramure noire s'enlève vigoureusement sur l'azur éblouissant du ciel. Les cyprès se touchent sans jamais s'entrelacer. Futaie grandiose et sévère, la lumière n'y peut darder que d'obliques rayons. Les tombes sont là sous ce couvert, confondant au sein de la même solitude et du même silence plusieurs siècles ensevelis. Ce sont des stèles ou plutôt des pieux de marbre que l'on a fichés en terre, les uns coiffés du turban vert, les autres du fez rouge, d'autres encore couronnés d'un bouquet de fleurs, et détachant sur un fond bleu les lettres d'or d'une inscription.

Quelques stèles décapitées marquent les sépultures des janissaires. En effet, le sultan Mahmoud poursuivit jusque dans la mort cette milice redoutable et non sans peine anéantie. Ne pouvant frapper ceux qui n'étaient plus, il infligea du moins à leurs tombes le châtiment que, vivants encore, ils auraient encouru.

Les cadavres, selon l'incurie musulmane, ne sont pas inhumés bien profondément : aussi voit-on parfois, aux talus que les pluies ravinent, apparaître des ossements. Sinistres et l'œil louche, les chiens vont les flairer. Les passants sont rares, le lieu est le plus souvent désert et d'autant plus imposant. Les colombes échangent dans les cyprès leurs roucoulements tristes et doux, car souvent l'arbre commence par une tombe et se termine par un nid. Stèles et dalles, mal assujetties dans le sol, ont fléchi et penchent hors d'aplomb. Elles se perdent, se multiplient à l'infini, lugubrement s'enfoncent sous les ombres éternelles qui les enveloppent, et l'on dirait qu'elles mènent une ronde fantastique.

Nous atteignons Eyoub. Eyoub était le compagnon, l'ami, le porte-étendard du prophète Mahomet. Il fut tué sous les murs de Constantinople, en 668, lors de la première attaque des Musulmans. Près de huit cents ans plus tard, Mahomet II, vengeant cette antique défaite et désirant associer sa propre gloire aux souvenirs les plus lointains des guerres saintes, prétendit avoir retrouvé les restes d'Eyoub au lieu même où il avait péri. On s'empressa d'y élever une mosquée; et cette mosquée reste encore aujourd'hui l'objet d'une vénération toute spéciale. Nul infidèle n'y saurait pénétrer.

Nous n'y pénétrerons pas, mais nous parcourrons l'é-

trange quartier qui se groupe alentour. Les morts y sont plus nombreux que les vivants. Les rues, sans poussière, sans souillures indignes, chose étrange, encadrent souvent d'herbe leurs pavés. Des sépultures les bordent, fermées de clôtures peu jalouses, car de larges ouvertures carrées y sont ménagées et les grilles n'arrêtent pas le regard. Partout des tombes, mais plus fastueuses que celles des grands cimetières, car tout ce que Constantinople, depuis quatre siècles, a vu passer de grand, de saint, de puissant, est venu chercher sa dernière demeure à l'ombre de la mosquée d'Eyoub. C'est le plus souvent au-dessus d'un édicule affectant la forme d'un sarcophage que se dressent les stèles de marbre. Les inscriptions, les fez, les grands turbans, les bouquets sculptés, se relèvent d'or ou d'enluminures éclatantes. Souvent de petits jardins accompagnent les tombes, et de fleurs en fleurs les papillons y voltigent, les abeilles y bourdonnent. Parfois le turbé de quelque prince ou de quelque sultane fait saillie sur la chaussée et soutient de sveltes colonnettes son toit hardiment projeté. Certains monuments coiffent une coupole ronde, et des fenêtres discrètement ouvertes permettent d'entrevoir les cercueils drapés de noir ou de vert que surmonte un énorme turban.

Des arbres puissants jaillissent, ce sont des pins au tronc rougeâtre, des cyprès, des ormeaux qui frémissent comme joyeux de leurs embrassements. Les ramures jettent sur la terre de grandes taches d'ombre, tandis que les murs rayonnent éblouissants de blancheur. Une petite fontaine tend ses gobelets de cuivre, et son murmure invite le passant à se désaltérer.

Les maisons sont rares. Une rue cependant traverse Eyoub, plus large et plus régulière que les autres et pleine de boutiques où l'on vend des jouets. Ainsi, c'est au milieu d'un cimetière que les enfants viennent en fête chercher poupées et pantins. Étrange rapprochement et qui caractérise bien quels sentiments la mort inspire aux Musulmans. La mort est pour eux la porte de l'immortalité ; ils ne l'environnent pas de sinistres images, ils vivent familièrement avec elle. Surtout à Eyoub, le plus plaisant cimetière que l'on puisse voir, la mort n'apparaît pas avec un cortège lamentable de craintes, de regrets, de terreurs, telle que la rêvait notre sombre moyen âge; elle apparaît comme un port suprême où n'atteint nulle tempête. Les marbres sont blancs et purs, pur l'azur du ciel, et l'on respire au parfum des fleurs je ne sais quelle radieuse confiance dans le mystère de l'au delà. Aussi verra-t-on des hommes assis sur une stèle, devisant ou savourant leur café à quelques pas des grands cyprès dont les tombes s'ombragent. Ce n'est pas cynisme sacrilège, ni même irrespectueuse insouciance, mais communauté amicale avec ceux qui ne sont plus. On ne songe pas à écarter des morts les rires de l'enfance, pas plus que les chants de l'oiseau ; ce n'est rien qu'un gazouillement de plus.

Vers l'an 1000 de l'ère chrétienne, l'islamisme pénétra dans l'Inde. Il y fit des conquêtes rapides et dans les royaumes ennemis qui se partageaient la vaste péninsule, et dans les âmes des nations si nombreuses qui les peuplent. Sur une population de plus de deux cents millions d'habitants, l'Inde enferme environ quarante millions de croyants qui suivent la loi de Mahomet.

Des dynasties musulmanes s'établirent et s'élevèrent au plus haut degré de puissance. Puis des monuments furent construits, dignes par leur magnificence des princes qui les créaient, mosquées, palais, tombeaux enfin, que l'on cite parmi les plus étonnantes merveilles d'un pays où tant de merveilles ont été entassées d'âge en âge.

A Delhi, le plus ancien monument funéraire de quelque importance que les Musulmans aient bâti dans l'Inde (1235) consacre le souvenir de l'empereur Altamsch. Les siècles lui pèsent lourdement, et la coupole qui sans doute le couronnait a disparu, laissant béant, ouvert à tous les vents, le sanctuaire où le prince repose. Son sarcophage trône sur un piédestal qui forme plusieurs degrés. Tout est couvert de rinceaux délicats, de feuillages fantastiques; les inscriptions courent dans les frises, aux chambranles des portes, répétant partout les préceptes saints et le nom sacré d'Allah. Les jambages de l'écriture arabe, non pas rigides comme ceux des lettres latines, mais contournés, capricieux, bizarres, se prêtent à l'ornementation, et partout, de Grenade à Delhi, les artistes musulmans en ont su tirer parti très habilement : murailles qui enferment la salle funéraire, ogives sarrazines qui encadrent l'entrée, tout enfin est couvert de broderies qu'une main délicate et fine a ciselées sur la pierre. Très peu de saillies et rien qui arrête brutalement le regard. Il y a de la grâce, de la sveltesse, je dirais presque de la gaieté, et bien qu'un espace énorme s'étende entre l'Inde et l'Andalousie, on reconnaît aussitôt, entre ce tombeau et les radieuses splendeurs de l'Alhambra, une étroite parenté. La même foi inspira et

conçut ces merveilles, comme une brise fécondante qui emporterait à travers la terre les mêmes parfums.

Akber, qui fut un prince très puissant et voulut imposer son nom à une ère nouvelle, est inhumé à Secundra dans un magnifique mausolée. Ce monument, qui remonte aux premières années du dix-septième siècle (Akber mourut en 1605), forme une masse carrée que surmontent quatre minarets placés aux angles, mais aujourd'hui décapités. La porte s'encadre dans une large ogive. Sa courbe, son ornementation, rappellent le goût persan.

Mahomed Ghose fut ministre d'Akber, et son mausolée, élevé à Gwalior, entreprend, semble-t-il, par une magnificence royale, d'égaler le serviteur au maître. Les dispositions générales du monument ne sont pas cependant les mêmes, et ce tombeau, très plaisant, très gracieux, avec ses tourelles toutes à jour, ses portiques en ogive, ses petites logettes, sa grande coupole et ses dômes mignons, ses toits enfin faisant forte saillie, répète les aspects pittoresques des kiosques où les Turcs de Constantinople abritent l'eau de leurs fontaines.

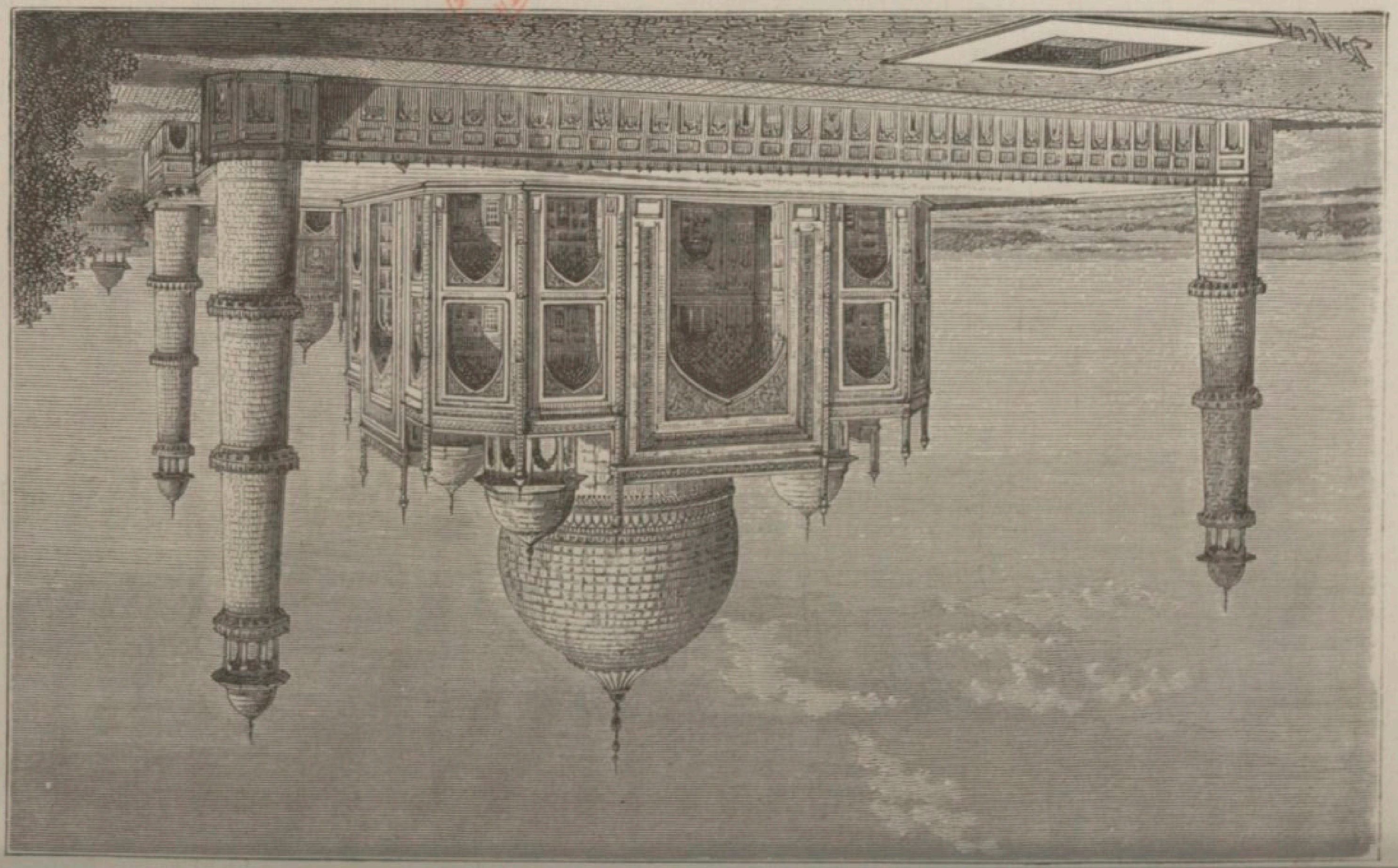
Mais entre tout ce qu'a créé l'art musulman dans l'Inde, entre tous les monuments si divers qui ont germé en ce vaste pays, le prodige suprême, c'est le Tadji Mahal d'Agra.

Shãh Jehan, qui mourut en 1666, le fit élever, et nous remarquerons qu'à cette date relativement si prochaine de nous l'Islamisme en Europe, en Afrique, en Asie Mineure, s'affaissait de toutes parts en une irrémédiable décadence. Plus d'art, si ce n'est dans quelques objets d'industrie populaire, plus de hautes traditions : la stérilité, la mort. Et tout au contraire, aux régions

lointaines de l'Inde, un art musulman de foi confondant, harmonisant certaines traditions sarrazines ou arabes, perses aussi et même indoues, enfantait au même moment ses plus beaux chefs-d'œuvre.

Aux bords de la Jumna un splendide jardin verdoie, il lance dans le ciel ses palmiers au panache vacillant, il épaissit ses ombrages profonds. Puis un monument jaillit, avec des minarets hardis, sveltes comme les palmiers, avec un dôme majestueux comme la ramure puissante qu'étale un sycomore centenaire. Le jardin est sombre, presque noir ; le monument est blanc et rayonne. Les minarets sont ronds comme ceux de Constantinople, mais plus forts, la coupole est bulbeuse comme celle que coiffent les tombeaux des califes au Caire. Le monument affecte la forme d'un carré aux angles coupés ; il est fait de marbre blanc. On y travailla durant vingt-deux ans. L'entrée s'enferme dans une ogive triomphale et jamais la mort n'annonça sa retraite plus magnifiquement. Puis à droite, à gauche, sont deux rangs de baies ogivales ; l'ombre douce qui les remplit fait une tache harmonieuse au milieu de l'éblouissante splendeur du marbre. Le monument repose sur une terrasse très vaste ; il a une enceinte bistrée de marbre et de grès rose, qui complète heureusement le décor de ce palais de fées.

La salle octogonale qui règne au centre de l'édifice est surmontée d'une coupole. Une balustrade, taillée tout à jour et avec une adresse singulière dans le marbre le plus fin, limite une enceinte sacrée. Là s'élève le sarcophage de Momtaz Zémanie, et dans le marbre dont il est fait s'incrustent de précieuses mosaïques.



Le Tadji Mahal d'Agra.

Porphyres, agates, cornalines, bien d'autres pierres encore allient leurs couleurs et composent des fleurs. Cette tombe est un bijou joyeusement épanoui.

Un second sarcophage non moins splendide et surmonté d'un petit dé de marbre renferme le corps de l'empereur Shâh Jehan ; mais ce sarcophage, dans la pensée du défunt, ne devait pas être déposé là, et ce n'était qu'à une seule personne qu'était destiné le Tadji-Mahal, à la belle Momtaz Zémanie, aussi nommée Arzoumund Bânou, la femme désirée, que Shâh Jehan avait follement aimée.

Artémise inconsolée éleva à son époux Mausole le fastueux mausolée que l'on comptait au nombre des sept merveilles du monde ; Shâh Jehan éleva aux cendres de sa femme une non moins étonnante merveille. Shâh Jehan était musulman, et l'on dit la loi musulmane peu favorable aux femmes. Cependant Mahomet lui-même, a dit : « Dieu n'a fait que deux choses par-« faites : la femme et la rose. »

Cimetière Turc à Constantinople.

Campo Santo à Pise.

CHAPITRE VII

CHRISTIANISME

MOYEN AGE

Le christianisme s'est étendu sur tout ce qui fut le monde romain, et, bien que déjà en guerre avec lui-même et livré en proie aux sectes, aux hérésies, aux dissensions intestines, il a une force d'expansion qui semble longtemps irrésistible. Les invasions ne lui font pas obstacle ; il conquiert les conquérants, les vainqueurs adoptent la foi des vaincus. Les rois se font chrétiens, et chrétiennes se font les hordes qu'ils commandent. Conversion rapide et sans doute peu raisonnée ; mais que tous ces barbares, ainsi que le dit un

auteur du temps, fussent conduits au baptême comme les troupeaux à l'abreuvoir, qu'importe, ce sont toujours des recrues nouvelles, innombrables, terribles, et qui assurent dans toute l'Europe la prédominance de la foi de Jésus.

Le Christianisme est autant une révolution sociale qu'une révolution religieuse. Tout change et d'esprit et d'aspect. L'empire des Césars, qui si longtemps avait maintenu sa majestueuse unité, se brise, se partage, s'émiette. Pour faire des bâtisses nouvelles on renverse les anciens temples, on pille les marbres, on emporte les colonnes; de même ces passants sanguinaires qu'on appelle des conquérants taillent, découpent les provinces pour se faire des royaumes, des duchés, des seigneuries. La féodalité triomphe et s'organise, si toutefois on peut honorer du mot d'organisation un état d'anarchie où les divers éléments de la société n'ont entre eux d'autres liens que ceux de la suzeraineté souvent despotique et du vasselage souvent séditieux. L'autorité même du roi, dès qu'elle tombe entre des mains débiles, est aussitôt méconnue, et un duc de Normandie peut impunément prendre le roi de France par le pied et le jeter à bas du fauteuil qu'il appelle son trône. Si après trois siècles Ahasvérus revint en Europe, il ne dut rien reconnaître, ni les mœurs, ni les lois, ni la foi, ni les hommes, ni les cités.

La cité antique telle que la civilisation gréco-romaine l'avait conçue et réalisée s'étalait librement, souvent sans remparts, jusqu'au jour où les invasions grondantes en firent élever. Le goût délicat des Grecs s'y révélait dans la magnificence des temples, dans la décoration

élégante des habitations ; l'esprit pratique des Romains apparaissait dans les percements réguliers des grandes voies, dans les forums encadrés de portiques, dans le dallage partout bien établi et bien entretenu, les égouts, les trottoirs, les aqueducs souvent de proportions colossales, enfin dans tout ce qui intéressait l'ordre, la sécurité, l'hygiène publique.

La cité, telle que la fait le moyen âge chrétien, étouffe dans ses murailles crénelées, ses hautes tours, ceinture qu'elle n'ose jamais dépouiller; elle a des rues étroites, elle a non pas des arcs triomphaux qui s'ouvrent aux fastueux cortèges, mais des poternes où la herse, toujours prête à tomber, menace la tête des passants ; elle a des maisons serrées côte à côte, sans cour, sans jardin, sans air, sans lumière ; elle ne connaît ni les pavés, ni les trottoirs, ni les égouts ; elle est sombre, noire, fétide, pittoresque cependant, et au-dessus de ses toits pointus, trois masses de pierre souvent jaillissent: la tour de la cathédrale où le bronze chante la prière, le donjon où vit le prince, puis quelquefois le beffroi. Ces trois géants qui se regardent et dominent la ville résument trois puissances : le clergé, la noblesse, la bourgeoisie ; la paix règne rarement entre eux.

Les tombeaux ne diffèrent pas moins de ceux qu'élevait l'antiquité païenne. En Egypte, à Athènes, à Rome, partout dans le monde ancien, selon une loi qui ne souffrit que bien peu d'exceptions, la tombe est établie en dehors de la ville. C'est encore en dehors de Rome qu'il nous a fallu chercher les sépultures des princesses parentes de Constantin. Mais ces coutumes païennes sont bientôt et de toutes parts abandonnées. Dans une société

que préoccupe la destinée de l'âme, que touche très peu la santé du corps, qu'importe l'hygiène publique? Les morts s'emparent de l'église, au moins les morts privilégiés ; et qui pourrait dénombrer ce qu'il était alors de privilégiés ! L'homme d'église, prêtre, moine, évêque, trouve sa tombe là où il a vécu ; l'homme d'épée a pour demeure dernière la chapelle de son manoir ou quelque église que ses largesses ont enrichie ; le bourgeois opulent réussit parfois à introduire subtilement sa cendre dans l'église, sa paroisse ; le manant, l'artisan, celui qui rampe au plus bas va encombrer les cimetières dont les églises partout s'environnent. Ainsi l'église, comme elle est le centre principal de la vie, devient le centre de la mort. Quelles furent les conséquences de ces inhumations au milieu même des villes, dans les temples, les châteaux, les monastères : les épidémies, les pestes le montrèrent bien des fois cruellement. Les morts firent rude guerre aux vivants. Inutile leçon ; l'usage se maintint durant bien des siècles et toute autre considération était sacrifiée au bonheur de reposer dans une terre entre toutes bénie.

Le manant est donc à la porte de l'église et aussi près de son Dieu que l'on voulait bien le tolérer. De sa tombe nous ne dirons rien ; l'histoire est aristocrate et ne prend guère souci que de ce qui s'est imposé aux yeux ou par la grandeur ou par la magnificence. Au reste les cimetières, encore très nombreux, qui entourent les églises de nos villages, avec leurs croix de bois, leurs tertres gazonnés, leurs petits murs croulants, nous laissent sans doute une idée assez juste de ce que furent les cimetières des pauvres au moyen âge.

La forme la plus simple et la plus fréquente que présentent les tombes enfermées dans les églises est celle d'une dalle posée sur le sol ou plus rarement fixée au mur. On pourrait signaler des dalles funéraires de tous les âges depuis le huitième siècle jusqu'au dix-huitième siècle. Une grande dalle noire avec ces deux mots : *Karolo Magno*, recouvre, sous le dôme d'Aix-la-Chapelle, le caveau où Charlemagne trônait pompeusement. Une dalle plus riche, incrustée de mosaïque qui simule une figure couchée, fermait la tombe de Frédégonde. Cette reine peu recommandable ouvre les annales royales que la mort rassemble à Saint-Denis. Nous devons dire toutefois que ce monument a peut-être été refait au cours du douzième siècle. Au reste, la plupart des monuments funéraires consacrés à la mémoire des rois des deux premières races, et le tombeau de Chilpéric Ier, et le tombeau de Childebert, tous les deux représentés sceptre en main, couronne en tête, sont des œuvres du douzième ou même du treizième siècle. Saint Louis tout particulièrement mit un soin pieux à restaurer et à reconstruire les monuments sépulcraux des rois ses prédécesseurs.

Souvent les dalles funéraires portent gravée en traits légers la représentation du défunt. Est-ce un évêque, il a la mitre au front, l'anneau au doigt, la crosse posée près de lui. Est-ce un abbé, il a aussi sa crosse moins ornée toutefois et son froc aux larges plis. Est-ce un chevalier, il est armé de pied en cap ; il a la cotte de mailles, les éperons aux pieds, la lourde épée, le poignard à la ceinture, puis l'écu où s'étale l'énigme compliquée de ses armoiries. Est-ce une religieuse, elle est

chastement enveloppée dans sa longue robe et sa tête est à demi voilée. Est-ce un architecte, il tient dans sa main un petit modèle de l'église que son génie enfanta. Mais, à l'exception de quelques rois qui même dans la tombe n'ont pas voulu quitter le sceptre, tous et toutes le plus souvent ont les mains jointes pieusement; la pierre immortalise leur prière. Puis tout alentour, formant encadrement, court l'inscription énumérant les titres pompeux. Tout cela fait le pavé de l'église, bizarre alliance d'orgueil et d'humilité, sceptres, écus, épées, crosses, titres de gloire sont à terre ; le pied des manants les foule et les efface.

Quelques-unes de ces dalles sont incrustées de marbre ou de cuivre. Le marbre est réservé au visage et aux mains.

Le moyen âge a multiplié à l'infini les dalles funéraires. Pas une église gothique qui n'en ait enchâssé quelques-unes dans son pavé. Dans les plus humbles villages même on en trouve très souvent. Près de Versailles, dans l'église de Magny-les-Hameaux, on en peut voir un grand nombre, et de fort belles, que la colère fanatique de Louis XIV fit arracher aux ruines de Port-Royal des Champs. Pauvres vieux abbés d'un autre âge, pauvres chevaliers qui n'avaient pu connaître même le nom de Jansénius, il fallut déserter l'asile qu'ils s'étaient choisi, il fallut que s'exilassent leurs cendres; peut-être avaient-elles dans leurs tombes respiré je ne sais quel miasme d'hérésie, et le grand roi ne dédaignait pas de faire la guerre aux morts pour la gloire de la foi catholique.

Changer de climat n'est pas toujours pour un homme

changer de mœurs, de coutumes, d'esprit. Les chevaliers venus de France, d'Espagne, d'Allemagne, et jetés au loin par le tourbillon des croisades, emportèrent aux rives lointaines de l'Orient leurs habitudes religieuses et féodales. Les dalles funéraires que les pieds des infidèles foulent maintenant aux ruines des couvents chrétiens de Cypre, celles que l'explosion d'une poudrière secouait rudement il y a peu de temps, dans ce qui fut l'église des chevaliers de Rhodes, ne diffèrent pas des dalles que nos églises d'Europe conservent. Au monastère que les gorges de Daphni si majestueusement encadrent, près de la voie sacrée d'Athènes à Eleusis, il est dès dalles encore avec des blasons et des inscriptions. Là dorment des chevaliers latins qui s'étaient taillé dans l'Attique le duché d'Athènes. Ils y ont trouvé la mort, ils y trouvent l'oubli.

A Jérusalem, au seuil même de l'église du Saint-Sépulcre, une dalle porte le blason et l'épitaphe d'un chevalier français. Il était venu de bien loin, sans doute accompagné des vœux de tout ce qu'il aimait, mais il ne devait plus revoir ni son château ni les siens. Il eut du moins la joie de trouver une tombe auprès de la tombe de son Dieu. Ainsi il donne encore un exemple de courage, de foi, de dévouement, aux pèlerins qui passent et foulent sa poussière.

Quelquefois la représentation du défunt faite au trait ne parut pas suffisante. Le ciseau plus hardi sculpta la dalle en bas-relief. Combien de marbres dans les églises d'Italie étalent ainsi des chevaliers cuirasse sur la poitrine, mains jointes, tête nue! Parfois leur femme est couchée auprès d'eux, elle aussi priant dévotement. Sur

les saillies de la sculpture le pied trébuche désagréablement ; mais le moyen âge chrétien se souciait aussi peu du confortable que de l'hygiène. Nous citerons, entre les monuments conçus selon ce type, deux tombeaux d'évêques placés dans la nef de la cathédrale d'Amiens. Ce sont deux dalles de pierre noirâtre. Les prélats y sont étendus sculptés en haut-relief. L'un d'eux tient la main levée et bénit d'un geste noble et grand. Tout alentour de lui de petits anges se groupent et l'encensent. Le travail est fin, délicat, large cependant, et l'on peut compter ces monuments au nombre des plus parfaits.

Enfin on tailla pour les placer au-dessus des tombes de véritables statues, elles aussi presque toujours couchées et sommeillant les mains jointes. Un sommeil, une prière, c'est ainsi que le moyen âge chrétien paraît avoir compris le plus souvent la mort.

Lesquelles de ces statues aujourd'hui encore dispersées dans toute l'Europe faut-il citer ici? Celles des princes et princesses Plantagenets dans l'Anjou, à Fontevrault, ont eu la plus orageuse destinée. Exécutées au treizième siècle et placées dans cette riche abbaye de Fontevrault qu'on appela le cimetière des rois, elles furent respectées jusqu'aux premières années de ce siècle. Mais en 1817 le prince régent d'Angleterre les demande au gouvernement français ; vainement. Toutefois sous Louis-Philippe on les enlève et les transporte à Versailles d'abord, puis au Louvre. La république de 1848 les restitue à leur abbaye. Ce n'est pas tout encore. La reine d'Angleterre renouvelle les demandes du prince régent ; étourdiment le gouvernement de

l'empereur Napoléon III accorde ce que le gouvernement de Louis XVIII, en proie cependant à l'invasion étrangère, s'était obstiné à refuser. Par bonheur, l'opinion s'émeut; les résistances des autorités locales s'accentuent. La reine d'Angleterre juge de bon goût de ne pas insister. Ainsi les statues du terrible Cœur de Lion, le roi Richard, d'Henri II, d'Éléonore de Guyenne (celle-ci en bois, les autres en pierre), d'Isabelle d'Angoulême, nous sont enfin restées. Les deux rois sont représentés sans armes, couronne en tête et le corps entièrement enveloppé d'un manteau fastueux. Mais, s'ils dorment sous les mêmes voûtes qu'ils s'étaient choisies pour demeure dernière, comme tout a changé autour d'eux! L'abbaye de Fontevrault reste debout, mais dépouillée de ses splendeurs, déchue, déshonorée; ce sont les tribunaux qui se chargent maintenant de la peupler. Fontevrault est une maison centrale et des condamnés composent la cour des Plantagenets. Pauvre roi Richard! nous avons vu aux bords du Danube le repaire féodal où la félonie de son hôte le retint prisonnier; voici que sa tombe, elle aussi, est enfermée dans une prison.

Plusieurs des monuments funéraires de nos rois ne se composent que d'une statue posée à plat sur une dalle. Ainsi voyons-nous à Saint-Denis Philippe III le Hardi, le sceptre dans la main droite, les pieds sur un lion, la couronne au front et majestueusement drapé dans son manteau royal. La tête, d'un beau travail, accuse une certaine individualité. C'est la première fois peut-être que, dans la longue série de nos tombes royales, l'artiste se soit préoccupé de préciser les

traits réels du prince dont il avait mission d'éterniser la mémoire. Toutes les statues royales antérieures sont des créations de pure fantaisie.

A compter du treizième siècle peu de princes manquent à la glorieuse nécropole de Saint-Denis. Philippe IV est là et le petit Jean Ier ; sous ses pieds d'enfant, qui ne savaient pas marcher encore quand ils glissèrent dans la tombe, on a placé un lion. Puis voilà Charles IV, Philippe VI, Jean II, qui mourut en Angleterre au milieu des « *festoiements et bombances* », nous dit-on : car le souvenir de Poitiers ne pesait pas lourdement à son âme frivole. Charles V a fait au milieu des siens une place à son connétable Du Guesclin, jaloux, semble-t-il, de sentir encore dans la tombe cette vaillante épée auprès de lui.

On a prodigué à la statue sépulcrale de Charles VI les attributs de la souveraineté : le sceptre, la main de justice, la couronne, toutes choses que le pauvre fou ne savait guère porter. Sa femme, Isabeau de Bavière, a sous les pieds deux chiens, emblème d'une vertu qu'elle connaissait peu. Ce n'est pas l'unique fois que nous surprendrons le marbre en flagrant délit de mensonge impudent.

Toutes ces statues sont de marbre et trahissent le plus souvent une extrême maladresse de ciseau. Des fautes grossières prêtent à sourire. Ainsi ces figures couchées portent des draperies qui exigeraient, pour motiver leurs plis, la position debout.

Louis XI manque à Saint-Denis ; plein de dévotion pour Notre-Dame de Cléry dans l'Orléanais, il y avait fait lui-même construire sa tombe dans l'église réédifiée

par ses soins, assurant ainsi à son cadavre une protection qu'il croyait toute-puissante.

Les monuments royaux que nous venons d'énumérer ne sont rien que des statues. De même ceux d'Olivier de Clisson à Josselin, de Dammartin à Dammartin près de Paris, de Tanneguy du Châtel, de mille autres encore moins fameux. Quelle abbaye n'a pas sous les ogives de son cloître quelque abbé gravement couché, quelque preux chevalier se reposant enfin de ses rudes travaux? Combien en avons-nous vu aux monastères, aux églises de l'Aragon, du Portugal, de la Castille! Ce sont les vaillants batailleurs qui allaient reconquérir pied à pied sur le Maure la terre d'Espagne.

Il faut remarquer que les statues de comtes, de barons, de seigneurs, sont le plus souvent armées de toutes pièces, la tête seule exceptée, et les mains jointes, tandis que les statues royales, sans autres armes que le sceptre, s'enveloppent d'un ample manteau. Ces rois ne prient pas, ne dorment pas; ils commandent encore, et leur orgueil, semble-t-il, se refuse à croire qu'ils aient quelque chose à se faire pardonner de Dieu.

Nous avons dit que dans ces monuments funéraires souvent la statue de l'épouse prend place à côté de la statue de l'époux. A Limoges, sous le nom vulgaire de monument du Bon Mariage, on voit un couple taillé au même bloc de pierre. La tradition qui s'y rattache est touchante et curieuse. Deux jeunes époux du diocèse de Poitiers avaient entrepris le pèlerinage de Saint-Jacques de Compostelle. La femme meurt à Limoges; elle y est ensevelie. Le mari continue seul son pieux voyage, seul accomplit le vœu fait en commun, et seul revient en

France. Arrivé à Limoges il meurt à son tour. La tombe de sa femme est ouverte, et le cadavre de celle-ci se réveille et recule pour faire place au cadavre de l'époux. Les statues reproduisent naïvement ce prodige. La femme, la main droite posée sur son cœur, comme pour attester à jamais le même amour et les mêmes serments, se retourne un peu, tandis que l'homme, les mains croisées sur la poitrine, s'endort, heureux d'avoir retrouvé, fût-ce dans la tombe, sa place d'époux.

Combien nous pourrions citer de monuments plus importants, plus illustres, et non pas exclusivement composés d'une ou de deux statues! A Saint-Denis c'est le tombeau refait au temps de saint Louis, qui, sous une ogive flanquée de pinacles et surmontée d'un riche fleuron, abrite la statue de Dagobert et le naïf bas-relief d'un jugement dernier. Au cimetière du Père-Lachaise, c'est un monument composé de deux statues d'origine incertaine et d'arcades ogivales formant encadrement, où la crédulité publique salue pieusement la tombe d'Héloïse et d'Abélard. A Loches, Agnès Sorel, la dame de beauté, est étendue les mains jointes; deux agneaux, gracieux emblème de douceur, sont accroupis à ses pieds; deux anges agenouillés, ailes pendantes, s'apprêtent à soulever cette tête charmante et qui fut tant aimée.

Les papes ont laissé à Avignon un château armé de murailles énormes, sinistre, formidable, et qui témoigne de leurs craintes plus encore que de leur puissance. Ils ont laissé aussi quelques tombes, et la plus belle, décorée, comme une châsse, de niches, d'ogives, de fleurons, de pinacles, encadre pompeusement la statue

couchée de Jean XXII. Ce Jean XXII était de Cahors; on le disait savant en médecine autant qu'on pouvait l'être au quatorzième siècle; il se piquait de philosophie. Un traité composé par lui, et dit *Élixir des philosophes*, témoigne de ce goût.

A Souvigny, dans le département de l'Allier, Charles duc de Bourbonnais et sa femme Agnès de Bourgogne occupent un magnifique tombeau. Le duc Charles, qui fut, nous dit le chroniqueur, plaisant et mondain entre tous les princes et chevaliers de France, revit dans le marbre et sommeille étendu. Il cache à demi son armure de guerre sous un riche manteau; le collier d'un ordre tombe sur sa poitrine, il a une couronne au front, un lion sous les pieds. Sa femme est non moins somptueusement vêtue. Les têtes reposent sur un oreiller et un double dais les abrite. Le piédestal, très ornementé, se partage en dix petites niches symétriqnement alignées, cinq de chaque côté. Là sont agenouillées les statuettes des dix enfants du duc et de la duchesse. Chaque prince a près de lui le patron qui le protège.

A l'égal de la France, les autres pays de l'Europe occidentale sont riches en monuments funéraires du moyen âge. Près de Burgos, la Chartreuse de Miraflorès montre trônant majestueusement, au milieu du chœur de sa chapelle, le tombeau en albâtre de Juan II et de sa seconde femme Isabelle. Les statues couchées disparaissent au milieu des écussons, des chiens, des lions, des enfants. Sur la base, sur le piédestal grimacent des griffons, courent des inscriptions, s'enroulent des rinceaux. Les ornements surabondants, diffus, se confon-

dent, grimpent les uns sur les autres; c'est un fouillis où l'œil ne sait où se reposer.

La même chapelle, sous une large niche pratiquée dans la muraille, enferme le tombeau d'Alphonse, frère de la reine Isabelle. Le prince prie, dévotement agenouillé. Encore des rinceaux, des feuillages découpés à jour et des enfants, essaim joyeux, qui se jouent dans cette luxuriante végétation de pierre; mais un peu plus de goût et d'harmonie fait accepter cette folle profusion.

A Burgos encore, le couvent dit *Huelgas reales*, plaisirs royaux, un nom bien aimable pour une chose aussi austère, confond, dans des sarcophages barbares, mais pittoresques, quelques poussières de princes et de rois.

Alcobaça, en Portugal, doit toute sa célébrité à son monastère, aujourd'hui vide et à demi ruiné, autrefois peuplé de plus de mille religieux, prospère, vénéré, opulent entre tous. On y compte encore six cloîtres, et les bâtiments, les jardins, les dépendances de toutes sortes, couvrent un espace immense.

Au bras droit du transept de l'église, une chapelle renferme les sépultures royales. Deux faisceaux de fines colonnettes la partagent en trois nefs d'inégale largeur. Les voûtes courbent, tendent leurs nervures sans s'élancer toutefois d'un jet hardi, et sur la muraille des consoles blasonnées reçoivent leur retombée. Tout cela est petit, discret, plein de grâce plus encore que de majesté. Deux sarcophages somptueux immortalisent le souvenir d'Inès de Castro et de Pèdre le Justicier, qui si follement l'aima. Cette histoire, et d'amour et de

sang, est restée populaire; les poètes l'ont chantée, quelques-uns même, entre autres notre Houdart de Lamotte, l'ont transportée sur le théâtre. Nous la rappellerons en quelques mots. Pèdre, fils d'Alphonse VI, étant encore seulement infant royal, s'éprend d'Inès et résiste obstinément au projet de mariage que la politique paternelle avait négocié pour lui avec une princesse de Navarre. Alphonse furieux fait emprisonner son fils et tuer Inès. Les meurtriers sont deux seigneurs de la cour; les rois alors trouvaient sans peine dans leurs familiers de complaisants bourreaux. Alphonse meurt et Pèdre devient roi. Les assassins d'Inès se sauvent en Castille; mais là règne un autre Pèdre, lui aussi surnommé le Justicier, et très âpre lui aussi en ses vengeances. Les réfugiés sont livrés; le roi, ou pour mieux dire l'amant, leur fait arracher le cœur. Puis le corps d'Inès est exhumé; on l'habille, on l'enveloppe du manteau royal, on le couronne, sinistre apothéose, et pompeusement on le transporte au monastère d'Alcobaça. Telles étaient les mœurs des grands dans la Péninsule au quatorzième siècle.

Le sarcophage du roi repose sur quatre lions; il a sur ses faces de petites niches où s'abritent de mignonnes statuettes. Pèdre lui-même apparaît couché sur sa tombe ainsi que sur un lit de parade; il porte la couronne, et des anges s'agenouillent pieusement autour de lui.

Le sarcophage d'Inès répète les mêmes dispositions; mais pour le soutenir des anges en prière remplacent les lions. Elle sommeille étendue, elle aussi, entourée de l'essaim charmant des anges et des chérubins; il

semble que leurs ailes vont caresser ce beau visage doucement endormi. L'ombre, autour de ces fantômes de marbre, fait flotter une incertitude mystérieuse. Les deux amants sont placés pied contre pied, afin qu'au jour où ils se lèveront du sépulcre leurs yeux puissent se rencontrer dans le premier regard.

Dans la même chapelle reposent Alphonse II, Alphonse III, et leurs femmes; mais les sarcophages, en forme de coffre, ne présentent ni la même richesse, ni le même intérêt.

Palerme, dans sa cathédrale, a des tombeaux de rois. Roger II, prince normand, le premier qui fut roi de Sicile (son père, Roger Ier, n'avait que le titre de comte), est là, et non loin de lui sont sa fille Constance, son gendre Henri VI et Frédéric II, qui fut empereur d'Allemagne. Voilà des noms fameux, le dernier surtout. Roger introduisit en Sicile le mûrier et la canne à sucre. Frédéric II, au milieu des ténèbres du treizième siècle, apparaît comme un roi dégagé des préjugés vulgaires et du fanatisme grossier, souvent féroce, qui dominait les nations. C'est un savant, un curieux, il sait écrire, mérite rare pour un prince; il sait parler les langues des peuples si divers qu'il s'efforce de maintenir sous son unique autorité; il compose des lettres en latin, des traités sur des sujets variés, et tout cela au même temps où les preux sont incapables même de signer leur nom. C'est un sceptique enfin, un tolérant; et cependant des hordes affolées se ruent sur l'Orient, c'est l'âge des croisades; Frédéric lui-même est contraint d'y prendre part. Sa politique, plus habile que l'épée des chevaliers, lui ouvre Jérusalem, mais les deux cultes

rivaux, l'Islamisme, le Christianisme, y doivent être librement exercés. On sait quelles protestations farouches, quelles fureurs ce compromis sacrilège souleva dans le camp chrétien. Ce n'était pas alors le siècle de la justice, ni de la tolérance, ni de la raison; Frédéric II se trompait d'époque, et par des haines inexpiables, des complots, des révoltes où entraient jusqu'à ses fils, on le lui fit cruellement voir.

Ces monuments, exécutés au cours du douzième et du treizième siècle, présentent le contraste le plus frappant avec les monuments funéraires de la même époque que les autres pays de l'Europe nous ont montrés. Le style dit roman, le style dit gothique, ne prospérèrent jamais dans l'Italie, et moins encore, s'il est possible, en Sicile. A peine furent-ils adoptés, et non sans altérations, dans quelques monuments qu'élevèrent les villes du nord. Entre les causes très diverses qui s'opposèrent dans la péninsule au développement d'un art que l'Allemagne, la France, l'Angleterre, l'Espagne, acceptaient avec enthousiasme, il faut signaler les matériaux mis en œuvre. Dans tous les pays que nous venons de citer on construisait, créant des bâtisses nouvelles et faites de matériaux nouveaux; en Italie, durant les premiers siècles qui suivirent le triomphe du Christianisme, on reconstruisait; pour élever des temples chrétiens les temples païens livraient leurs colonnes et les blocs de leurs robustes murailles. Quand les architectes trouvaient sur leurs chantiers des monolithes de granit et de marbre, des fûts symétriques, comment en auraient-ils pu faire, sans ravage et sans un travail énorme, les faisceaux de colonnettes chers aux artistes gothiques? comment avec

de lourdes architraves, des entablements, des frises somptueuses, auraient-ils pu projeter des nervures, aiguiser des corniches, découper des trèfles et des rosaces? La pierre même, païenne obstinée, imposait le plan et les dispositions générales du monument.

Les tombeaux des rois à Palerme paraissent, eux aussi, avoir été faits d'épaves antiques. Les sarcophages de porphyre, avant de s'ouvrir pour des princes chrétiens, ont dû contenir des cendres païennes. Des baldaquins de porphyre abritent les sarcophages, et les quatre colonnes qui les portent parent leurs chapiteaux d'un lourd feuillage, descendance dégénérée de l'acanthe corinthienne.

Que de tombes le moyen âge a laissées à Naples! A Santa Chiara, dont les restaurations modernes ont fait une sorte de salle de bal toute pimpante, tout éclatante d'or et de peintures, on est très surpris de découvrir, derrière le fastueux décor du maître autel, des tombes royales d'un tout autre style et d'un tout autre temps. La plus riche est consacrée au roi Robert le Sage, qui mourut en 1340; c'est l'œuvre de Masuccio. On dirait une alcôve faite de marbre; de petits anges écartent les rideaux, et nous voyons le roi étendu sur un sarcophage que soutiennent des saints au visage austère. Puis à droite, à gauche, montent des colonnes luxueusement fouillées et un grand trèfle gothique s'épanouit au baldaquin qu'elles portent.

Un chef-d'œuvre exquis est la tombe d'un prince qui mourut à quatorze jours. Ce n'est rien qu'une petite plaque de marbre scellée au mur. L'enfant emmaillotté monte au ciel; deux anges doucement l'emportent.

L'exécution n'est pas bien délicate, les draperies sont lourdes, mais que de grâce, de sentiment et de naïveté !

La célèbre cathédrale de Saint-Janvier réunit dans ses tombeaux des papes, des princes, des chevaliers. Ceux-ci sont souvent représentés deux fois, en habit de guerre, en habit de moine, pour rappeler sans doute qu'ils expièrent sous le froc les péchés commis sous l'armure. Le pape Innocent IV, qui mourut à Naples en 1254, dort la tiare au front. Enfin certaines chapelles ombreuses sont comme des dortoirs où les archevêques, taillés dans le marbre, viennent tour à tour reposer.

Venise a ses doges non moins magnifiquement inhumés que des rois. Deux églises, à l'exclusion presque absolue de toute autre, se sont partagé ces illustres dépouilles : les *Frari*, *S. Giovanni e Paolo*. Deux doges, Franç. Foscari, Nicolas Tron, l'un mort en 1457, l'autre en 1473, encadrent aux Frari une chapelle entre leurs monuments, ouvrages l'un et l'autre de Rizzo. Ils s'adossent à la muraille. Celui de Foscari se partage en plusieurs étages. En bas, à l'ombre de niches richement ornementées, le doge apparaît et deux figures allégoriques se tiennent debout à ses côtés. Plus haut le sarcophage repose porté par des consoles. Puis viennent cinq niches peuplées de statues. Enfin, au fronton circulaire qui termine le monument, des anges s'enlèvent, comme pour aller préparer au ciel la suprême demeure du héros.

Le tombeau du doge Tron ne descend pas jusqu'à terre ; il est porté sur des consoles et forme baldaquin au-dessus du sarcophage. L'influence aimable de la Renaissance se fait déjà sentir dans ces deux monuments.

Les tombeaux plus nombreux encore de l'église S. Giovanni e Paolo sont pour la plupart du seizième, du dix-septième siècle, plus modernes même; nous en parlerons postérieurement.

A Pistoja nous signalerons un remarquable tombeau du quatorzième siècle. Cino da Pistoja, jurisconsulte éminent, y est représenté une première fois dans un petit bas-relief, environné de ses élèves, une seconde fois en de plus grandes proportions, assis encore et professant, tandis qu'une ogive, portée sur des colonnettes légères, lui prête un gracieux encadrement.

Plus ancien, plus barbare, mais non moins curieux est le tombeau d'un évêque, Berardus Madius, dans la cathédrale de Brescia. C'est un ouvrage des premières années du quatorzième siècle. Entièrement fait de marbre rouge, il représente le prélat couché et entouré d'un cortège d'hommes en de beaucoup plus petites proportions.

La cathédrale de Cracovie est la sépulture commune de la plupart des rois de Pologne. Quelques-uns reposent dans des monuments du moyen âge. Ainsi Vladislas le Bref, mort en 1333; le globe du monde dans la main, il dort sur sa tombe, que d'élégants bas-reliefs décorent. Ainsi Casimir le Grand, qui mourut en 1370; il a un lion sous les pieds, et lui aussi le globe du monde dans la main. Un baldaquin ogival encadre cette figure royale.

En exceptant les pays du Nord qui se dégagèrent plus lentement de la barbarie, presque tous les pays de l'Europe gardent des monuments funéraires qui montrent le goût des arts développé et florissant au moyen âge.

En Suisse même, pays de montagnards rudes et qui ne connurent guère les raffinements du luxe, le monument des comtes de Neuchâtel, en l'église de Neuchâtel, réunit les comtes, revivant dans la pierre, leurs femmes, leurs enfants ; ceux-là armés de toutes pièces, celles-ci chastement enveloppées dans leur longue robe, tous et toutes debout dans des niches et les mains jointes.

L'Angleterre est plus riche. Warwick, environné de quelques-uns des siens, trône dans la chapelle de Beauchamp. Ce terrible faiseur de rois, ainsi qu'il fut surnommé, s'immortalise dans le bronze et pose ses pieds sur un griffon et un ours. Au marbre qui lui fait piédestal se groupent des statuettes éplorées.

Le style dit Tudor fleurit en Angleterre entre les dernières années du quinzième siècle et les premières années du seizième. Ce style procède directement du style gothique ; il en est le suprême épanouissement : aussi peut-on rattacher aux monuments du moyen âge le tombeau du prince Arthur, fils d'Henri VII. Ce tombeau, qui décore le transept de la cathédrale de Worcester, affecte la forme d'une châsse. La statue disparaît à demi cachée sous son enveloppe splendide. La pierre jaillit, monte, se découpe. Ce sont des baies ogivales, des statuettes superposées, des pinacles, des fleurons, des créneaux délicatement ciselés ; et les emblèmes héraldiques racontent à qui sait pénétrer leurs mystérieuses énigmes l'histoire des Tudors et de leurs alliances. C'est la rose rouge des Tudors et la rose blanche que portait Élisabeth d'York, roses rivales et qui s'armèrent longtemps l'une contre l'autre d'épines cruelles; c'est la herse de la famille de Beaufort ; c'est le carquois de la

maison d'Aragon : car le prince Arthur avait épousé Catherine d'Aragon. On sait que celle-ci, devenue veuve après quelques mois de mariage, épousa en secondes noces le frère de son mari, le roi Henri VIII, un terrible épouseur et qui, après la joie de s'unir à une femme nouvelle, n'en connaissait pas de plus grande que de s'en débarrasser par le divorce ou la hache. Henri VIII est un Barbe-Bleue historique.

Le moyen âge a laissé en quelques lieux de France des constructions bizarres et dont l'usage reste incertain. Ce sont les lanternes dites des morts. Montmorillon en possède une ruinée, et Sarlat une autre mieux conservée et qui s'élève au faite du cimetière. C'est une tour ronde contenant à l'intérieur une salle voûtée et coiffée d'un couronnement très allongé et conique. La place que ces monuments occupent, les caveaux qu'ils surmontent, leur apparence sévère et sombre, semblent indiquer une destination funéraire. Peut-être aussi, on l'a supposé, ont-ils servi de fanal.

L'ossuaire est encore une invention du moyen âge chrétien, et non pas des plus joyeuses. Lorsque le cimetière, regorgeant de morts, refusait toute place à des fosses nouvelles, on reprenait ce qui lui avait été confié; la pioche défonçait, retournait les tombes. Les ossements étaient recueillis et entassés dans un ossuaire. Souvent ce n'était qu'un hangar misérable établi dans quelque coin du cimetière; quelquefois cependant c'était un édicule de pierre construit avec soin et non sans une certaine recherche décorative. La plupart des ossuaires ont disparu, et pour retrouver les derniers qui subsistent il faut aller jusqu'aux villages perdus dans les

landes bretonnes. Là, entre les cimetières que les règlements administratifs n'ont pas encore déplacés, quelques-uns gardent leur ossuaire, abandonné, croulant, poudreux. Le fossoyeur y dépose ses outils, et les crânes roulent entre les brouettes, les pelles et les pioches.

Les idées d'égalité avaient peu de crédit aux siècles du moyen âge; du haut en bas de la société le privilège régnait. Cependant les masses populaires, dans leur rancune inconsciente, se firent souvent de la mort je ne sais quelle sinistre déesse qui devait les venger de leur abaissement. Là était la revanche suprême. Ce rêve, cette rébellion timide trouva sa plus éloquente expression dans les danses macabres que les vers des conteurs, que le pinceau et le ciseau des artistes devaient bientôt populariser. Sanglante ironie, lugubre bouffonnerie! La mort, fantôme décharné, au ventre desséché et vide d'entrailles, mène le branle. Elle enlève la couronne d'un roi, elle jette bas la tiare d'un pape, elle tue celui qui commande, elle tue celui qui allait tuer, elle tue celui qui aime et, pour frapper l'amant aux bras de l'amante, grotesquement elle s'affuble des ailes de Cupidon; mais, clémente parfois, elle pousse à la fosse béante le malheureux qui pleure, l'aveugle qui mendie. La ronde infernale entraîne tout; elle roule, tourbillonne, les os craquent, de sinistres violons faits de peau humaine grincent, gémissent, et les diables frappent en ricanant sur des crânes comme sur des tambours.

En aucun temps l'humanité ne se fit une plus lugubre image de la mort qu'au temps du moyen âge chrétien. Et autour de ce mystère redoutable que de contes fantastiques volant comme un essaim d'oiseaux funèbres!

Que de légendes horribles! Quel affreux cauchemar dont les pauvres têtes humaines s'affolaient! C'est alors qu'on inventa le vampire, mystérieux fantôme qui violait les sépultures; et jamais tout ce monde grouillant qui hante les ténèbres, spectres et revenants, gnomes et succubes, ne menèrent un semblable sabbat.

Cimetières, cloîtres, ossuaires, églises même, avaient souvent, peintes ou sculptées, leurs danses macabres. Presque toutes ont complètement disparu. Le dix-septième siècle dut les proscrire; aux jours où la monarchie planait dans l'empirée de sa gloire suprême, ces farouches avertissements sur la vanité de toutes choses humaines ne pouvaient être qu'importuns. La danse macabre que l'on voyait à Bâle, une des plus remarquables, dit-on, et que la tradition attribuait au glorieux pinceau d'Holbein, n'a laissé que des fragments peu nombreux et très incomplets.

Rouen, dans ce qu'on appelle l'aire Saint-Maclou, conserve une danse macabre. C'est là un monument du seizième siècle, c'est-à-dire conçu sous l'aimable et radieuse influence de la Renaissance. Si nous en parlons ici, c'est que toute danse macabre est une chose essentiellement empreinte de l'esprit du moyen âge.

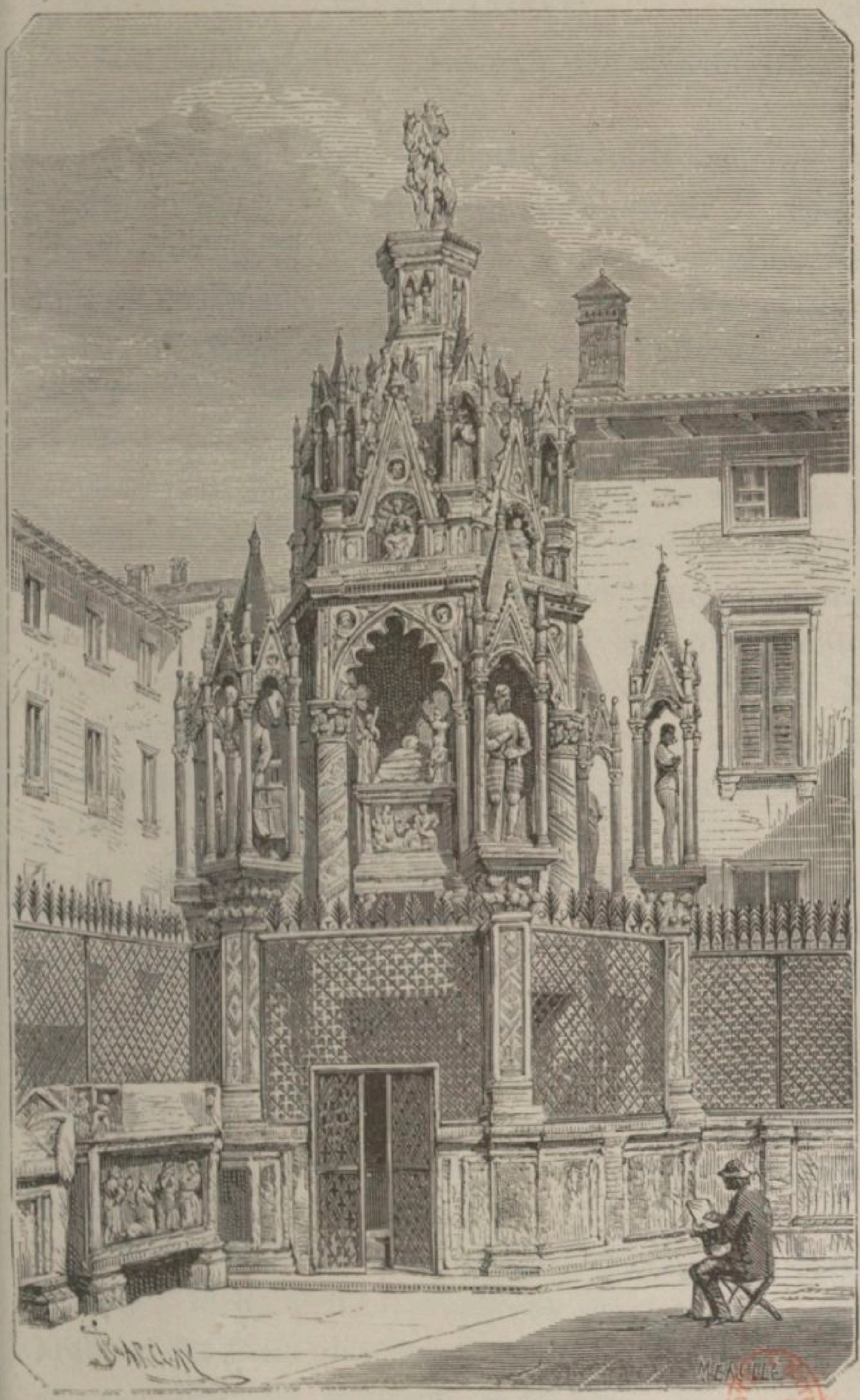
L'aire Saint-Maclou est une enceinte carrée qui semble le préau d'un cloître et qui, à l'exemple de tous les préaux, servit de cimetière. Une grande croix étend encore ses bras cléments sur cette terre faite de poussière humaine. Tout alentour s'alignent des constructions symétriques qui forment encadrement. L'étage supérieur est de bois et sur les poutres des attributs funèbres sont sculptés: crânes, ossements entre-croisés,

bières, croix, pioches, pelles, seaux où l'on porte l'eau bénite. Tout cela repose sur des colonnes de pierre, et des personnages accouplés, en saillie sur le fût, déroulent le poème sinistre de la danse des morts. Par malheur, le marteau révolutionnaire a passé là, et pas une figure n'a échappé à la mutilation. Combien sotte et atroce était cette manie de couper la tête à tout, hommes et choses ! Un contraste étrange, inattendu, s'accentue entre la pensée première de l'œuvre et le style adopté, l'exécution même. La Renaissance française a presque toujours quelque chose d'élégant, de fin, d'aimable; elle se plaît aux galantes légendes de la mythologie plus qu'aux sombres rêveries dont s'épouvantait le moyen âge : aussi cette danse macabre de Rouen, portée sur de sveltes colonnes, couronnée de chapiteaux délicatement ciselés, tempère ses terreurs, et le drame y tourne à l'élégie.

Nous avons énuméré bien des monuments que le moyen âge chrétien a dispersés sur l'Europe presque tout entière. Nous en avons omis beaucoup plus encore Trois cependant ne sauraient être passés sous silence : car il faut les compter au nombre des conceptions les plus originales et des chefs-d'œuvre accomplis. Ce sont aussi des types très différents. Vérone, Dijon, Pise, telles seront nos trois dernières étapes ; les tombeaux des Scalinger, les tombeaux des ducs de Bourgogne, le Campo Santo, telles sont les créations qui peuvent, au moins en ce qui touche les monuments funéraires, résumer dignement l'art du moyen âge.

Tout près de la place *dei Signori*, en avant de la petite église dite *Santa Maria l'Antica*, s'élèvent les

tombeaux de la famille des Scala ou Scalinger. De 1259 jusqu'aux premières années du quinzième siècle, époque à laquelle Vérone perdit son indépendance, les Scalinger furent toujours au nombre des citoyens les plus illustres et les plus puissants de la ville, souvent aussi ses maîtres incontestés. Leurs tombeaux sont de fastueux monuments et comme le moyen âge n'en érigea jamais en France, même à la gloire des rois. Les ambitions, les rivalités, les haines des Scalinger, encombrent l'histoire de Vérone ; leurs tombeaux encombrent tout un carrefour. La mort prend ici des airs d'apothéose. Scala dit Can Signorio était un grand prince ; il égorgea en pleine rue son prédécesseur Can Grande II, qui prolongeait sa vie et son pouvoir contre toute discrétion ; plus tard, il fit tuer son plus jeune frère. Au reste, Can Signorio aimait les arts, la poésie ; il s'environnait d'une cour brillante où le Dante séjourna quelque temps. Lui-même, de son vivant, se fit élever son tombeau ; six colonnes trapues en forment la base ; six colonnes d'un jet plus hardi s'y superposent, celles-ci tordant leurs nervures en spirale. Au-dessus du sarcophage où s'étend la statue du défunt, elles suspendent un dais magnifique et dont les arcades ogivales découpent une dentelure pittoresque. Puis ce sont des pinacles, des niches richement sculptées, où s'abritent des statues de saints ; car les élus du paradis ne dédaignent pas de faire cortège au prince fratricide. Caïn aurait été roi au moyen âge féodal, et non pas entre les pires. Aux angles du monument, six pilastres carrés soutiennent six grandes statues de pierre qui, elles aussi, ont leur dais. Au faîte de cette pyramide triomphale, fièrement campé sur



Tombeau de Scala Can Signorio à Vérone.

un cheval de bataille, la lance au poing, enfin trône le héros.

Un second tombeau, voisin du premier, renferme les restes de Can Ier ; avec moins de splendeur il répète, dans le même style, les mêmes dispositions générales. Il n'est que quatre colonnes pour porter le sarcophage, où la statue du prince s'endort sous l'aile des anges mignons ; il n'est aussi que quatre colonnes pour porter le dais énorme qui couronne le monument. Can Ier, comme Can Signorio, chevauche au plus haut de sa tombe, lance au poing et casque en tête. Combien magnifiques sont ces tyrans qui de leurs tombeaux se font un piédestal de gloire ! Ils semblent fouler encore aux pieds la cité qu'ils avaient asservie. Ils semblent jeter un regard dédaigneux et sur nous et sur ce temps présent qui ne connaît plus ni seigneurs ni paladins.

La ville de Genève aura bientôt son tombeau des Scalinger. On sait que le dernier duc de Brunswick a institué Genève sa légataire universelle, mais, par une clause formelle du testament, Genève est tenue d'élever à son fastueux bienfaiteur un tombeau exactement copié sur le plus beau des monuments des Scalinger. On répètera jusqu'aux grilles qui limitent tout alentour comme une enceinte sacrée.

En 1404, Philippe le Hardi, duc de Bourgogne, mourut dans le Hainaut. Il avait des seigneuries innombrables, des États plus vastes que ceux de bien des rois, et cependant, en mourant, il fit banqueroute à ses créanciers. Marguerite, sa femme, déposa sur le cercueil ceinture, bourse, clefs. C'était ainsi qu'alors une

épouse renonçait à la succession d'un époux devenu insolvable.

Mais, si l'on ne trouva pas d'argent pour payer les dettes, on en trouva pour construire, dans l'église de la Chartreuse de Dijon, que le feu duc avait fondée, un tombeau digne de sa puissance et de sa renommée. Ce monument, tout de marbre, est l'œuvre collective de Jacques de la Barse, Claux Sluter, Claux de Vouzonne, son neveu, valet de chambre du duc et son *tailleur d'imaiges*. Ce que l'on peut appeler le dé du tombeau représente, découpé à jour, comme un cloître avec ses galeries. Sous les ogives finement dentelées, des moines chartreux errent en proie à la douleur, et dessinant sous les lourds plis du froc les attitudes les plus variées. Ce sont des statuettes pleines de vie et d'une étonnante vérité. Une grande dalle de marbre noir, hardiment profilée, porte la statue couchée du duc. Il est richement vêtu, et des couleurs accentuent la magnificence du manteau et de l'armure que l'on aperçoit au-dessous. Les mains sont jointes dévotement. Au chevet, des anges agenouillés dressent leurs longues ailes dorées et tiennent le heaume que le duc coiffait aux jours de bataille. Les pieds de Philippe reposent sur un lion couché.

En 1419, au pont de Montereau, le duc Jean sans Peur expira sous la hache de Tanneguy du Châtel et les épées des gens du dauphin Charles. Quelques années plus tard lui fut élevé, dans la Chartreuse de Dijon et près du tombeau de son père, un monument non moins remarquable. Les artistes Jean de la Versa, sculpteur aragonais, Jean de Droguès et Antoine le Monturier, que les anciennes chartes qualifient *le meilleur ouvrier d'i-*

maigeries de France, eurent la préoccupation évidente d'imiter le tombeau de Philippe le Hardi, mais en renchérissant sur sa magnificence. Là encore la base du monument simule un cloître où circulent éplorés et priant les moines chartreux ; mais les arcades qui encadrent et abritent ces figurines sont ornementées avec une recherche et un luxe inouïs. Les statues du duc et de sa femme, Marguerite de Bavière, sont étendues les mains jointes, un riche bandeau autour du front ; les pieds sont appuyés sur la croupe de deux lions, et la tête mollement posée sur des coussins. Quatre anges formant deux groupes s'agenouillent au chevet ; les uns soutiennent le heaume du duc, les autres, l'écusson de la duchesse. L'or et les enluminures ajoutent à la splendeur des marbres. L'exécution est fine, délicate, sans gaucherie, sans naïveté enfantine. L'art qui a créé ces chefs-d'œuvre est un art savant, sûr de lui-même et glorieusement parvenu à sa suprême floraison.

Parmi les détails du tombeau du duc Jean, on remarque un rabot ; on sait que le prince adopta cet emblème lorsque son parent et irréconciliable ennemi, le duc d'Orléans, eut lui-même placé dans ses armoiries un bâton noueux. Le rabot devait triompher du bâton. C'est ainsi qu'en attendant le jour où l'on en appellerait au poignard on se lançait de menaçants rébus.

Les tombeaux des deux grands ducs de Bourgogne furent ouverts en présence de François Ier. Un chartreux était présent, il dit au roi en lui montrant la blessure visible encore que la hache de Tanneguy du Châtel avait laissée au crâne du duc : « Voilà la brèche par laquelle « les Anglais pénétrèrent en France. » En effet, après le

meurtre de Montereau, Philippe le Bon, fils et successeur du duc Jean, se rapprocha des Anglais, et par cette alliance faillit consommer la conquête et la ruine du royaume.

Les tombeaux des ducs jetés hors de la Chartreuse, que la Révolution ruinait, ont trouvé refuge dans le musée de Dijon. La salle qu'ils occupent est l'ancienne salle des gardes du palais ducal. Morts, les ducs sont retournés au lieu où, vivants, ils avaient passé bien souvent.

En 1225, cinquante galères de la république de Pise (Pise était alors une puissance maritime) rentrèrent au port chargées de terre qui avait été prise à Jérusalem et aux lieux que la dévotion chrétienne vénère tout particulièrement en Judée. Enlever de la terre à l'aride et rocailleuse Palestine, y pensait-on? Il eût été plus sage de lui en apporter. Les galères furent joyeusement accueillies des Pisans : ils allaient donc avoir le privilège de reposer dans une terre sainte entre toutes. Le cimetière, ou *campo santo*, ainsi créé, reçut des hôtes nombreux ; il avait, en outre de sa sainteté, la propriété de consumer, disait-on, les corps en vingt-quatre heures. Bientôt on songea à lui faire un digne encadrement. Giovanni Pisano fut chargé des travaux, qu'il termina en 1283. L'enceinte sacrée fut par lui enfermée dans un vaste cloître de 132 mètres de longueur sur 45 mètres de largeur. A l'extérieur, ce n'est qu'un mur de marbre sans ornement et percé seulement de deux portes. Mais à l'intérieur soixante-deux baies à plein cintre donnent sur le préau central. Des meneaux s'y dressent soutenant des trèfles, de petites rosaces découpées à jour,

d'un goût exquis. Ce ne sont pas des voûtes qui couvrent les galeries, mais une charpente laissée tout apparente.

Au cours du quatorzième et du quinzième siècle, les murs reçurent des fresques devenues célèbres et qui résument l'histoire de la peinture toscane dans sa floraison première, avant le triomphe éclatant de la Renaissance. Orgagna, Pietro Lorenzotti, Andrea di Firenze, Benozzo Gozzoli, d'autres encore, sont venus là immortaliser leur souvenir dans de vastes compositions.

Ce sont les vendanges et l'ivresse de Noé de Gozzoli, fresque fameuse qui, selon l'usage assez fréquent des peintres primitifs, réunit dans un même cadre les scènes diverses du même poème. A gauche, les raisins ont mûri sur une charmante treille ; deux hommes ont apporté des échelles et commencent la récolte. Une jeune femme, la tête rejetée en arrière, prend un panier déjà plein jusqu'au bord, tandis que sa compagne, la main gauche sur la hanche et soutenant de l'autre la corbeille que sa tête supporte, s'éloigne d'un pas gracieusement rhythmé ; admirables figures, bien réelles, bien simples et d'une élégance extrême. Un homme foule aux pieds le raisin qu'une troisième femme verse au cuvier. Puis à droite, près d'une charmante colonnade telle que Florence en connaissait au quatorzième siècle, telle que les premiers hommes n'en imaginèrent jamais, Noé est étendu, nu, honteusement gisant. L'un de ses fils, beau jeune homme florentin, raille et sourit en le regardant ; un autre, visage fin et d'une douceur angélique, détourne tristement les yeux, et la femme de

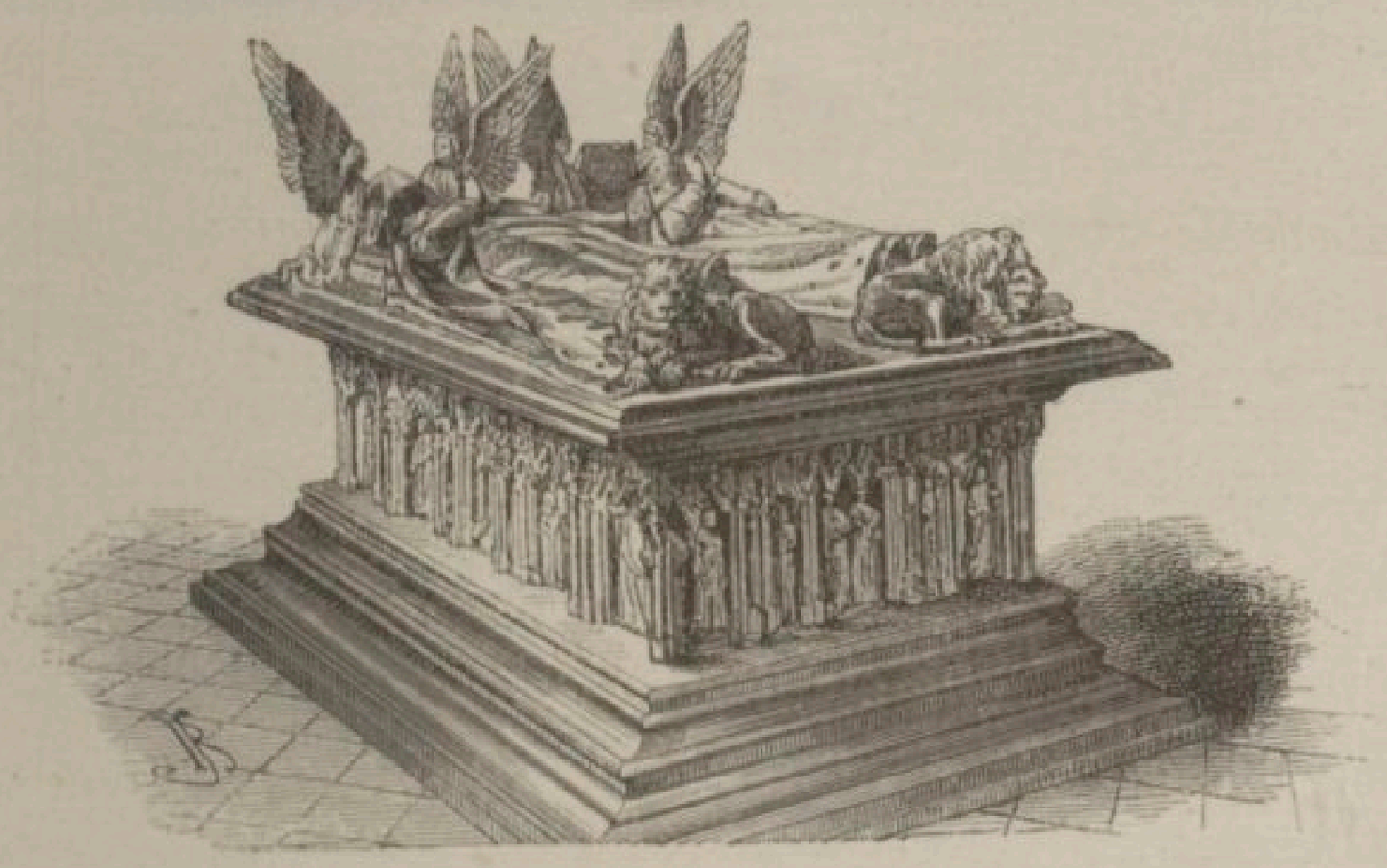
Noé, chastement drapée, lève la main, s'étonne et semble prête à pleurer.

Orgagna, mort en 1389, a rassemblé dans une seule page toutes les épouvantes, toutes les cruelles leçons que les artistes du moyen âge en France, en Allemagne, déroulaient dans leurs danses macabres. C'est le triomphe de la mort. Là, une compagnie joyeuse est réunie sous un bosquet ; les visages sourient, les lèvres murmurent des paroles d'amour, les fleurs s'épanouissent aux baisers du printemps ; tout rit, tout chante, tout est en fête, et cependant un fantôme affreux plane, accourt et va faucher toutes ces tendresses, tous ces rêves fragiles, toutes ces menteuses félicités. Puis un seigneur environné de ses femmes, de ses écuyers, de ses pages tenant en laisse de hardis lévriers, part pour quelque chasse. Tout à coup on s'arrête, les chevaux reniflent. Trois cercueils sont béants sur la route, et trois cadavres y enveloppent encore de vêtements somptueux leur hideuse pourriture.

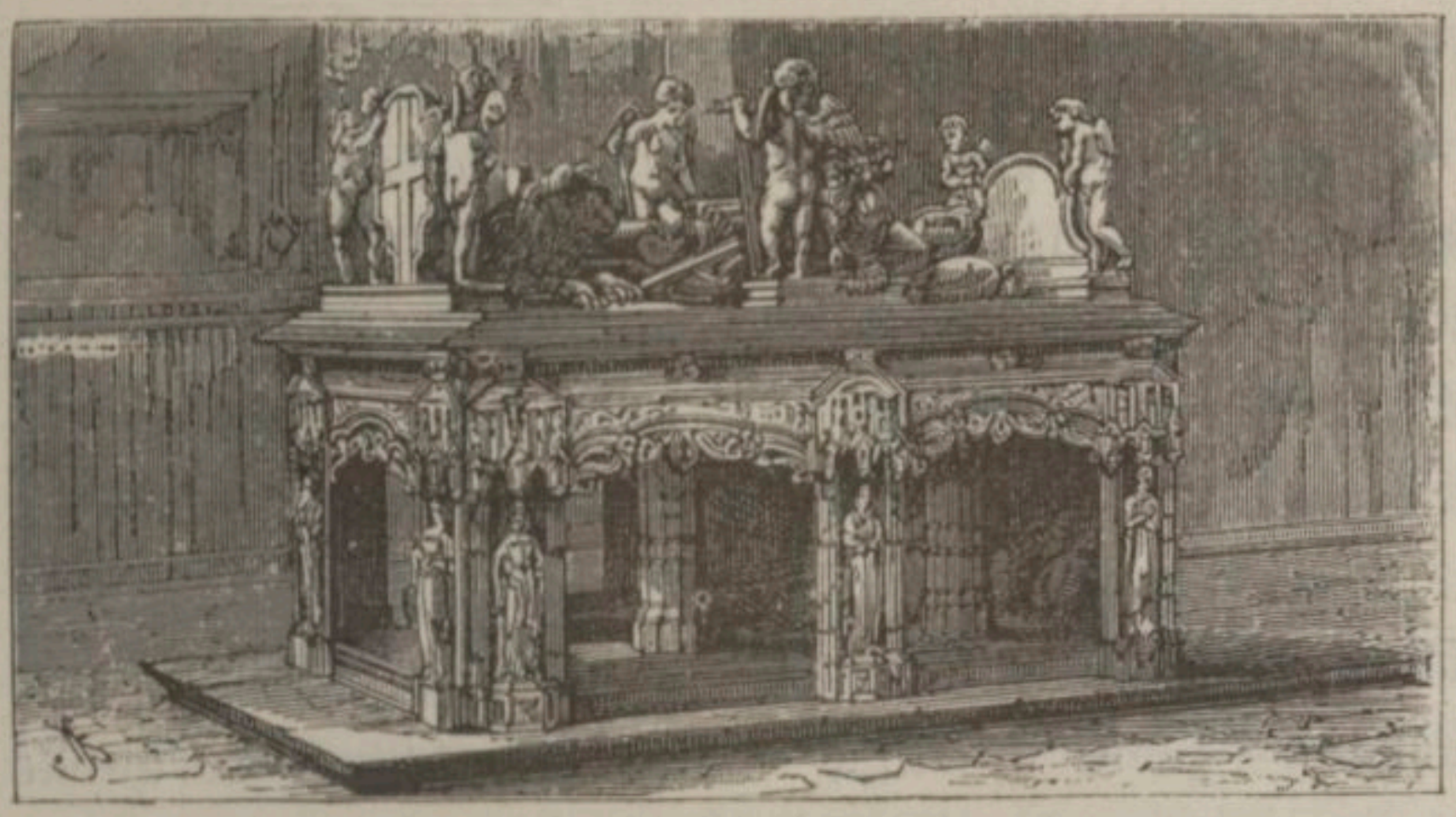
Le jugement dernier du même Orgagna ajoute peu à toutes ces terreurs. Le geste du Christ maudissant est d'une ampleur souveraine, et Michel-Ange n'a pas dédaigné de l'imiter.

Le Campo Santo de Pise ne reçoit plus de morts, mais quelquefois encore des monuments élevés à la mémoire de quelques illustres citoyens. C'est maintenant tout à la fois un musée et un panthéon, car toutes les épaves que tant de siècles écoulés ont laissées à Pise y ont été pieusement recueillies. Statues, sarcophages antiques, dalles chargées de blasons et d'orgueilleuses devises, bas-reliefs glorieux, ébauches informes, fragments sans

âge et sans nom, cuves de porphyre, chaînes qui fermaient le port de Pise, que Florence, rivale implacable, ravit autrefois et dressa en trophée, que Florence abdiquant ses vieilles haines dans l'harmonieuse unité d'une patrie commune a librement restituées, marbres païens, marbres chrétiens, se rapprochent, s'alignent réconciliés, confondus, et disent jusque dans la mort la gloire de la cité et du grand nom pisan.



Tombeau de Jean sans Peur à Dijon.



Tombeau de Philibert le Beau, à Brou.

CHAPITRE VIII

CHRISTIANISME

RENAISSANCE

La nécessité des transitions s'impose aux choses de la nature comme aux choses humaines. Ainsi l'art n'abandonne pas un style pour un autre brusquement, sans tâtonnements, sans regrets, pourrait-on dire. Entre le style gothique et le style qu'adopta la Renaissance, il semble qu'il soit un abîme. Quelques monuments cependant marquent le passage de l'un à l'autre. Parmi ces créations hybrides, où deux âges se rencontrent, deux influences se combattent, où s'éteint le crépuscule de l'idéal ancien, où se lève l'aurore de

l'idéal nouveau, il faut citer l'église de Brou, en Bresse.

Bien que Marguerite de Bourbon, dès le quinzième siècle, eût au même lieu projeté et commencé un édifice religieux, la véritable créatrice de Brou est Marguerite d'Autriche, tante de Charles-Quint. Sa vie fut traversée d'évènements cruels. Fiancée au dauphin Charles, fils de Louis XI, elle fut dédaignée ; la politique habile de la régente Anne de Beaujeu voulait unir à Charles une héritière plus opulente, Anne de Bretagne. Le duché que celle-ci apportait en dot valait bien un manquement de parole. De nouvelles fiançailles avec l'infant d'Espagne furent rompues par un second refus. Enfin, la pauvre princesse trouva dans Philibert II, prince de Savoie, l'époux tant cherché. Elle l'aima follement. Mais après quelques courtes années de mariage Philibert mourut, à peine âgé de vingt-quatre ans. Sa veuve fut inconsolable, et comme Artémise, une autre veuve illustre, elle voulut laisser un monument de sa douleur que l'on pût, à non moins juste titre que le mausolée, proclamer une merveille. On travailla durant vingt-cinq ans, et les artistes les plus fameux d'alors furent appelés des pays les plus divers : un Allemand, Louis Wamboghn ; un Bourguignon, André Colomban ; un Suisse, Conrad Meyt ; un Français, Philippe de Chartres. On dépensa deux millions deux cent mille francs, ce qui ferait environ vingt-deux millions de nos jours. Certes, le veuvage de la princesse Marguerite et son deuil inconsolé coûtèrent cher à ses vassaux. Il eût mieux valu pour eux payer les fêtes d'un second mariage.

A Brou, une seule pensée domine, inspire tout, l'amour. L'église tout entière est une châsse élevée sur

des reliques aimées. Un prince est là, jeune, beau, toujours adoré, semble-t-il, on l'a placé au milieu même du chœur; on le voit, on le salue, on l'invoque avant que l'on puisse voir et atteindre l'autel. Dieu n'occupe que le second rang, et longtemps le culte de la triste veuve ne monta pas si haut.

Deux femmes, l'épouse, la mère (Marguerite de Bourbon), entourent Philibert; elles l'accompagnent dans la mort et amoureusement le gardent. Un jubé ferme le chœur, des stalles magnifiquement sculptées l'encadrent, mais les tombeaux l'emportent sur tout par la richesse et l'élégance de leur ornementation. Celui de la mère, celui de l'épouse, s'appuient aux piliers qui portent les ogives; ils répètent, au moins quant à l'ensemble, les mêmes dispositions. La pierre assouplie se découpe tout à jour; ce sont des festons, des ogives légères, des fleurons, des pinacles, de petites niches où s'étagent et s'abritent de mignonnes statuettes; le ciseau a fait une dentelle. Marguerite d'Autriche apparaît deux fois : couchée, pieds nus, triste cadavre au plus bas de son tombeau et à demi cachée dans l'ombre; puis, sur une dalle de marbre noir, étendue et sommeillant les mains jointes, tandis que des anges, ou plutôt des amours, soutiennent son écusson. Cette devise mystérieuse est plusieurs fois répétée : *fortune, infortune.*

Marguerite de Bourbon n'est représentée qu'une fois. Elle a la couronne en tête, elle prie appuyée sur de riches coussins.

Mais ces monuments si somptueux se réduisent au rôle d'encadrement et par un dessein prémédité. Le mausolée chéri, béni, qui motive tout, qui doit concen-

trer tous les regards, comme celui qui y repose concentrait toutes les pensées, trône isolé. Le beau Philibert y est deux fois représenté : contre terre, dans une sorte de petite crypte ombreuse ; là ce n'est qu'un cadavre, et cependant, autour de lui, de fines statuettes se groupent et sourient, douces et clémentes saintes, éprises elles-mêmes, dirait-on, de ce charmant vainqueur. Puis, au-dessus, c'est Philibert encore, mais armé de toutes pièces, prêt à se lever et à combattre en l'honneur de sa belle dans quelque brillant tournoi. Il porte la couronne ducale ; son casque est auprès de lui, un lion est à ses pieds. Six anges, nus, tout aimables comme des amours païens, l'entourent ; deux tiennent le cartouche de l'inscription, deux autres l'écusson du prince, deux autres enfin son sceptre et sa hache d'armes.

Quelle tombe gracieuse, plaisante ainsi qu'une couche nuptiale ! Avec quelle tendresse le ciseau a caressé ces marbres que les larmes de Marguerite ont sans doute plus d'une fois mouillés !

L'église de Brou montre une parfaite unité; sinon dans son style, où des éléments très divers s'allient, du moins dans l'impression qui s'en dégage. Tout est élégant, non pas sans recherche ni sans afféterie ; le gothique prêt à expirer y multiplie ses caprices, contournant ses nervures, ses rosaces, ses trèfles ; tout s'harmonise cependant, et non sans bonheur. Ces élégances raffinées ont une saveur charmante, et que l'austère moyen âge n'a pas souvent connue.

Une même chapelle de la cathédrale de Rouen réunit deux monuments funéraires qui montrent l'une vis-à-vis de l'autre deux influences, le goût gothique inspirant

encore les artistes même épris des nouveautés de la Renaissance, et le goût classique, les réminiscences de l'art païen prenant enfin une irrésistible prépondérance.

Le tombeau des cardinaux d'Amboise, oncle et neveu, abrite, sous un baldaquin fastueux, les statues agenouillées des deux prélats. Un bas-relief occupe le fond représentant le duel fameux de saint Georges et du dragon. Des statuettes l'environnent, d'autres statuettes encore, celles-ci, assises, occupent dans la partie inférieure du monument six niches que de petits pilastres séparent. Tout est fouillé, ciselé avec une recherche extrême. Il y a profusion d'ornements, non pas lourdeur cependant. Tout est de marbre et d'albâtre. L'auteur fut Rouland Leroux, maître maçon de la cathédrale. Si la décoration trahit le goût nouveau et des grâces coquettes que le gothique ne soupçonnait pas, on peut signaler encore dans les fleurons et les pinacles un souvenir de l'art et des formes chers au moyen âge.

Tout au contraire, le monument qui fait face à celui des cardinaux d'Amboise, plus moderne cependant à peine de quelques années, n'a plus rien de gothique. Là dort, dit l'inscription, « Loys de Breszé, en son vivant « chevalier de l'ordre, premier chambellan du roy, « grand séneschal, lieutenant général et gouverneur « pour le dict sieur, en ses pays et duché de Normandie, capitaine des cent gentilz hommes de la maison « du dict sieur, » etc., etc. Nous ajouterons, ce qui était moins honorable peut-être, mais certainement plus profitable, mari de Diane de Poitiers.

Ici encore le défunt reparaît deux fois (c'était au seizième siècle un usage assez commun). Couché sur un

sarcophage de marbre noir, il est nu, décharné et tel que le fit la mort. Sa veuve éplorée s'agenouille au chevet, et la belle Diane a eu l'impudence de se donner pour pendant la Vierge tenant l'enfant Jésus. Quatre colonnes corinthiennes flanquent et encadrent cette première composition. Puis se dressent quatre cariatides élégamment drapées, et entre elles, dans une arche triomphale, Louis de Brézé chevauche, l'épée en main, le casque en tête; son cheval richement caparaçonné porte le chanfrein. Enfin, deux écussons, une figure de la Justice assise dans une niche, occupent le faîte et complètent le monument. Tout est fait de marbre blanc, de marbre noir et d'albâtre.

La Renaissance fut, en tout ce qui touche aux arts et aux lettres, une époque féconde entre toutes. Alors un goût charmant se plaisait à embellir les objets les plus vulgaires, et les artistes ne voyaient rien qui fût indigne d'occuper leur main. Pour ne parler que des tombeaux, combien on en peut citer qui sont des chefs-d'œuvre d'élégance ou de magnificence !

A Nantes, dans les premières années du seizième siècle, Anne de Bretagne, qui fut toujours obstinément une princesse bretonne plutôt qu'une reine française, fit élever à ses père et mère, le dernier duc et la dernière duchesse, un monument d'une rare splendeur. Michel Columb, ou Colombe, Coulombe même (l'orthographe est incertaine), dirigea les travaux. Il était de Tours, ou du moins il y résida la plus grande partie du temps au cours de sa très longue vie. Il naquit vers 1450, c'est-à-dire à un moment où l'art du moyen âge restait encore en honneur, au moins en France ; il mourut en 1512, à la

veille du triomphe suprême de la Renaissance. Aussi ses œuvres portent-elles l'empreinte d'une double influence. Le sculpteur s'y révèle original, puissant, mais sans dépouiller les traditions et les naïvetés de l'*imaigier*. Michel Columb mérita une réputation très grande; nous voyons en effet Marguerite d'Autriche, en quête de tous les artistes fameux, s'efforcer de l'attirer à Brou. Le grand âge de Columb fut sans doute la seule raison qui fit échouer ce projet.

Le duc François II, sa femme Marguerite de Foix, sont couchés côte à côte et splendidement vêtus. Trois anges veillent à leur chevet, trois anges naïfs, doux, chastement drapés, et qui reflètent en l'épurant le type de certains petits paysans bretons, non pas des anges nus, un peu folâtres et très païens, comme ceux de Brou. La levrette et le lion sont couchés aux pieds du couple ducal. Sur le massif qui forme comme le piédestal du monument, des statuettes de saintes et de saints se groupent, et des pleureuses très réelles, très naïves. Quatre grandes figures occupent les angles; ce sont les vertus cardinales : la Justice, la Tempérance, la Prudence et la Force. La Justice, que l'on suppose reproduire les traits de la reine Anne, tient un livre et un glaive. La Tempérance tient un mors et une horloge. La Prudence porte deux visages, l'un de vieillard, l'autre de jeune femme, et cette allégorie, nous semble-t-il, manque un peu de clarté; la prudence doit-elle donc s'armer du mensonge? La Force, et c'est peut-être la plus admirable de ces figures, d'une main porte une tour, et de l'autre, sans effort, mais d'une irrésistible puissance, elle en arrache un dragon grimaçant. L'ajustement est

pittoresque, harmonieux. Le casque qui coiffe la tête affecte la forme d'un gros coquillage; la cuirasse qui enferme et dessine le torse a des rinceaux, des écailles qui font songer aux armures antiques; la robe et les draperies qui couvrent à demi les bras ont la souplesse chère à la Renaissance, et la chasteté que voulait l'art du moyen âge.

Ce tombeau, tout de marbre, l'un des plus remarquables de cette époque, contient non pas seulement les derniers princes de Bretagne, mais la Bretagne indépendante elle-même : car en épousant successivement la duchesse Anne, Charles VIII et Louis XII firent épouser enfin à la France cette Armorique, vassale souvent ennemie et souvent rebelle.

Ce tombeau, autrefois placé dans un couvent de Carmes, maintenant dans la cathédrale de Nantes, va recevoir un digne pendant, le monument du général de Lamoricière, par M. Paul Dubois.

Un tombeau, joli, plaisant, délicatement décoré de rinceaux et de statuettes, est consacré, dans la cathédrale de Tours, au souvenir de deux des enfants issus de Charles VIII et d'Anne de Bretagne.

Le tombeau de Guillaume Langey du Bellay, au Mans, respire tout entier l'influence des traditions antiques. La statue du défunt, à demi couchée, porte une cuirasse, accusant les pectoraux et les saillies du torse comme les cuirasses romaines. Le sarcophage déroule une mêlée ardente d'hommes nus et de monstres marins; on dirait une copie, admirable du reste et pleine de mouvement, de quelque bas-relief antique. Deux sphinx portent le sarcophage; deux termes cariatides, nus et sans bras,

terminés par une gaîne, encadrent le monument. Les trophées sculptés sur le piédestal sont complètement dans le goût païen.

Le couvent des Célestins, dont un quai de Paris marque l'emplacement et garde le nom, réunissait dans sa chapelle plusieurs monuments funéraires très somptueux et consacrés à d'illustres mémoires. Là était le très gracieux tombeau des princes et princesses d'Orléans que le roi Louis XII leur descendant fit élever. Les statues, formant groupe et environnées d'apôtres et de saints, sont maintenant à Saint-Denis. Aux Célestins était encore le groupe charmant où Germain Pilon voulut représenter les trois vertus théologales, où la postérité plus justement reconnait et salue les trois Grâces. On connaît cette œuvre exquise, et les petits pieds nus que le ciseau si finement a caressés, et les bras d'un contour si pur et les mains qui s'enlacent, coquettes, délicates, et les draperies si élégamment chiffonnées, et les trois têtes souriantes. Jamais ne s'épanouit dans le marbre plus radieuse fleur de jeunesse. L'urne que soutiennent ces aimables cariatides et qu'elles semblent prêtes à emporter dans une ronde joyeuse renfermait, contraste étrange, le cœur de Henri II, celui de Catherine de Médicis, celui de Charles IX, trois cœurs royaux, trois cœurs tragiques.

Jean Cousin, qui fut tout à la fois sculpteur et peintre (les artistes de cette époque ardente ne s'enfermaient pas toujours dans une exclusive spécialité), avait immortalisé au même lieu, dans une très belle statue de marbre, Philippe de Chabot, qui fut, sous François Ier, grand amiral de France.

Ponzio, maitre Ponce, un sculpteur florentin que François Ier avait appelé près de lui, avait modelé la dalle funéraire de bronze qui représente nu, et fièrement musclé comme un athlète, le sire de Rocquencourt. C'est à lui aussi qu'est due la statue calme, majestueuse, très simple, de Charles de Maigny, qui fut capitaine des gardes de Henri II. Il est assis, armé de toutes pièces, et le bras accoudé soutient la tête que fait fléchir un sommeil profond.

Ces monuments sont maintenant au Louvre. Au Louvre aussi sont deux très remarquables ouvrages de Germain Pilon : la statue agenouillée du chancelier de Birague ; les longs plis de sa robe l'enveloppent majestueusement, et la statue de Valentine Balbia, femme du chancelier. Revivant dans le marbre, la noble dame est à demi couchée, somptueusement coiffée et vêtue ; son corsage est étroit, allongé, les manches sont bouffantes selon la mode de la seconde moitié du seizième siècle. Elle lit, attentive et calme ; sa main lentement tourne les feuillets, tandis que sur la jupe traînante un petit épagneul au poil long et soyeux se joue et semble prêt à aboyer. Un amour nu s'accroupit aux pieds de la dame. Certes, voilà une composition plaisante, et en même temps pleine de souplesse, d'originalité, de vie ; la pose a de l'abandon et du charme. Les sculptures, dont sont décorés la plupart des monuments funéraires du moyen âge et de la Renaissance, gardent un caractère plus sombre. La mort, la prière, le sommeil, toutes choses qui n'inspirent que de graves pensées, y sont presque toujours représentés. Ici c'est une femme, dans ses plus beaux atours, qui lit et médite. Mais sur le

piédestal, l'artiste, dans un bas-relief fait de marbre comme la statue (celle du chancelier est de bronze), nous montre la même femme, nue, échevelée, décharnée hideusement et laissant tomber les mains qu'une suprême prière a cependant croisées. On dirait un fantôme échappé à quelque sabbat mystérieux. C'est du réalisme, mais puissant et d'une habileté singulière.

On avait élevé dans l'église de Montmorency un monument considérable à la mémoire du connétable de Montmorency et de sa femme. Les deux statues couchées seules subsistent et sont au Louvre. Barthélemy Prieur les a sculptées. Le connétable est étendu les mains jointes, armé de pied en cap ; sa femme plus modeste a dépouillé tous les riches vêtements, toutes les parures que son haut rang lui pouvait permettre ; elle est enveloppée tout entière du long froc d'une religieuse.

Une très belle colonne torse, autrefois au couvent des Célestins, maintenant au Louvre, portait une urne qui contenait le cœur du connétable.

C'est à la Renaissance que la basilique de Saint-Denis doit ses plus admirables monuments, les tombeaux de Louis XII, de François Ier, de Henri II. Celui de Louis XII, œuvre, suppose-t-on, de Jean Juste de Tours et de son frère Antoine, présente douze arcades à plein ceintre que d'élégants pilastres séparent. Dans la frise court l'inscription et sur le faîte sont agenouillés en manteau royal le roi et sa seconde femme Anne de Bretagne. Les arcades font niche et les douze apôtres y sont assis. Puis l'on aperçoit un sarcophage où le roi et la reine sont demi-nus. La base déroule les campagnes victorieuses de Louis XII en Italie. Enfin aux quatre angles

du monument les quatre vertus cardinales se tiennent assises. Bien que toutes ces sculptures soient intéressantes, bien que dans les draperies dont elles se couvrent on devine un parti pris d'imiter les toges et les peplums aux plis majestueux, on peut signaler, surtout dans le dessin et le modelé des nus, certaines gaucheries, certaines incertitudes, des vulgarités, des laideurs même qui rappellent l'âge précédent.

Le moyen âge se délectait souvent aux plus cyniques grivoiseries, mais il craignait le nu au moins dans l'art, il le réprouvait, ne le comprenait pas, et, lorsque la Renaissance vint le réhabiliter glorieusement, ce ne fut pas sans efforts et sans tâtonnements que les artistes habituèrent leurs yeux à voir, à détailler l'harmonieuse beauté du corps humain, et leurs mains à la reproduire.

Le tombeau de François Ier marque une étape nouvelle dans la voie qu'ouvrait la Renaissance. Philibert Delorme, qui en fut l'architecte, lui a donné l'aspect général d'un arc de triomphe romain. Cette réminiscence classique est évidente. On retrouve les trois arcades flanquées de colonnes, ici d'ordre ionique, que les architectes romains aimaient à grouper. Sous l'arcade centrale deux sacorphages semblables portent les cadavres de François Ier et de sa première femme Claude de France, fille de Louis XII. La voûte est richement découpée en caissons, et des figures d'un très faible relief, mais de la plus grandiose tournure, s'y étalent. Les deux autres arcades restent libres, comme pour le passage de quelque pompeux cortège. Sur le faîte où l'on pourrait supposer un quadrige triomphant, le roi est agenouillé, agenouillés aussi sa femme et ses trois fils. Les bas

reliefs qui courent sur le soubassement sont justement célèbres. Le ciseau de Pierre Bontemps et de quelques autres sculpteurs y raconte l'épopée rapide mais sans lendemain des victoires d'Italie. Ce sont des bas-reliefs de très petite proportion, représentation élégante très réelle et très amusante de la vie de guerre et de camp au seizième siècle.

Le tombeau qui réunit Henri II et Catherine est une œuvre exquise, d'une parfaite unité, et qui suffirait à immortaliser l'artiste dont il est la création, Germain Pilon. Là encore, sur le faîte, le roi et la reine apparaissent agenouillés, et de riches prie-Dieu sont placés devant eux. Ces statues sont de bronze, de bronze aussi les vertus cardinales debout et faisant sentinelle aux angles du monument. Douze colonnes de marbre bleu turquin, coiffées de chapiteaux composites, enferment, selon la disposition que nous avons vue adoptée aux tombeaux de Louis XII et de François Ier, une sorte de sanctuaire où, couchés sur leur sarcophage, demi-nus, flétris et immobilisés par la mort, reparaissent Catherine et Henri. Ces cadavres que la Renaissance s'est quelquefois complue à représenter, sont très réels, effrayants même, sans laideur vulgaire cependant et le goût charmant qu'en ces temps de brillante floraison on respirait partout, a commandé aux artistes une certaine réserve; jamais n'apparaissent ces vérités trop hideuses que le moyen âge n'aurait pas manquer d'accentuer. Sur la base du monument, entre des mascarons pittoresques, quatre bas-reliefs paraissent personnifier des vertus, la foi, la charité, semble-t-il, l'espérance peut-être aussi et je ne sais quelle autre. Ces allégories manquent

parfois de clarté, mais jamais de grâce et d'élégance. Il y a là des draperies, rares du reste, mais pleines d'aisance et d'un jet harmonieux, des musculatures d'une fermeté, d'une force qui rappellent les plus fières inspirations de l'école florentine. Tout est très nu, et cette particularité témoigne de l'esprit large, libéral, éminemment intelligent aux choses de l'art, qui régnait au temps de la Renaissance. Une pruderie très sotte et au fond peu morale peut-être, proscrirait certainement aujourd'hui sur une tombe et particulièrement dans une église, ce libre étalage des nobles et beaux contours humains.

Parmi les monuments funéraires de l'époque de la Renaissance que la France possède, nous en signalerons deux encore, moins remarquables par leur beauté que par l'illustration des noms qu'ils consacrent. Ce sont les tombeaux du connétable duc de Lesdiguières et de Montaigne. Le premier, fait de marbre, décorait la chapelle du château de Tallard, l'une des très nombreuses seigneuries que le riche duc possédait. Il a été transporté à l'hôtel de la préfecture à Gap et occupe l'extrémité de la salle à manger. C'est chose assez bizarre de voir auprès de la salle des banquets officiels, un connétable de marbre blanc étendu sur un sarcophage de marbre noir et glorieusement environné de scènes de victoires. On pourrait croire que c'est le farouche commandeur. Don Juan serait-il en passe de devenir préfet ?

Le tombeau de Montaigne, dans la chapelle du lycée de Bordeaux, porte la statue couchée du défunt. Comme un preux, il est revêtu d'une armure, ce grand railleur

qui ne bataillait que de la plume; comme un dévot repentant, il joint les mains, il prie, cet incorrigible sceptique qui, sur les ruines de toute croyance et de toute philosophie, écrivait ces mots : que sais-je?

Ces deux monuments élevés aux dernières années du seizième siècle n'ont pas les grâces délicates qui, si joyeusement, s'épanouissent aux œuvres enfantées quelques années plus tôt. Le souffle de la Renaissance semble se ralentir ; ce doux génie s'altère et s'alourdit.

La Renaissance, du quinzième siècle aux premières années du dix-septième siècle, étendit rapidement son influence sur tout ce qui était alors l'Europe à peu près civilisée. Conquérante saluée avec empressement, elle passa les frontières. Nous allons la trouver au delà des Pyrénées. La cathédrale de Burgos, dans sa chapelle dite du connétable, réunit les monuments du connétable Pedro Hermandez de Velasco, mort en 1495, et de sa femme, Mencia de Mendoza, décédée quelques années plus tard. Les deux tombeaux sont isolés au milieu même de la chapelle; ils répètent les formes gothiques, mais déjà certains détails trahissent la Renaissance. Tolède aussi, dans sa merveilleuse cathédrale, renferme une chapelle tout spécialement réservée aux sépultures princières de D. Alvaro de Luna et de sa famille. Les deux tombeaux, séparés seulement par un très étroit espace, portent l'un la statue couchée d'Alvaro, l'autre, la statue de sa femme. La base est somptueusement décorée de bas-reliefs et de statuettes. Enfin, la face tournée vers le monument, dévotement agenouillés sur les degrés qui le portent, quatre moines murmurent une éternelle prière.

Mais c'est en Andalousie, à Grenade, qu'il faut chercher les tombeaux les plus remarquables que la Renaissance ait laissés en Espagne. Une porte ogivale, surmontée d'un grand écusson que deux massiers encadrent, marque l'entrée de la chapelle royale. Les murs confondent gracieusement les chiffres d'Isabelle et de Ferdinand. Deux mausolées de marbre apparaissent; l'un portant les statues couchées de Ferdinand et d'Isabelle, l'autre les statues couchées de Philippe le Beau et de Jeanne la Folle. Ce sont des monuments fastueux et qui consacrent dignement la mémoire des premiers princes chrétiens que Grenade vit dans ses murs. Ils furent élevés par les ordres et sous le règne de Charles-Quint. Le même style s'y révèle, les mêmes dispositions s'y répètent.

Le tombeau d'Isabelle et de Ferdinand, en montant au-dessus du sol, se rétrécit un peu. Quatre griffons aux ailes festonnées de rinceaux occupent les angles. Puis sur une corniche qui partage le monument en deux parties inégales, quatre statuettes de prélats sont assises; elles se superposent aux griffons. Chacune des faces les plus longues présente un médaillon arrondi et sculpté en bas-relief. Ces médaillons s'encadrent de niches groupées deux par deux où de saints personnages sont assis. Puis vient un blason surmonté d'une couronne et qui rassemble les lions d'Aragon, les tours de Castille, enfin la grenade, emblème du royaume récemment conquis. Deux anges, les ailes déployées, enguirlandent de fleurs ces armoiries qui résument les alliances heureuses, les guerres triomphantes, l'unification des Espagnes. Le couple royal

occupe le faite, étendu côte à côte, et se fait comme une couche de tous ces marbres glorieux. Isabelle, enveloppée aux plis d'une chaste robe, incline sur un coussin sa tête douce et charmante. Le front ceint une couronne ; quelques boucles de cheveux s'échappent et caressent les joues. Les yeux ont clos leurs paupières. Les mains, placées l'une sur l'autre, mollement reposent. C'est le sommeil sans rêve et tout plein, semble-t-il, de la sereine promesse de l'immortalité. Ferdinand aussi dort, mais en costume de guerre et les mains sur son épée.

Le second tombeau renchérit encore, s'il est possible, sur la splendeur du premier ; il trahit plus de recherche et de coquetterie. Sur le soubassement, les médaillons arrondis reparaissent et les quatre niches qui les accompagnent ; mais les statuettes se tiennent debout. Ce sont de jeunes femmes très élégantes et qui prétendent personnifier je ne sais quelles aimables vertus. L'un des bas-reliefs représente le Christ au jardin des Oliviers recevant le calice, tandis que sommeillent ses disciples. Aux angles, deux cariatides de femmes, deux cariatides d'hommes remplacent les griffons. Les jambes disparaissent sous des feuilles d'acanthe. Les torses sont nus et certaine maladresse d'exécution s'y trahit. Au-dessus d'un second ensemble décoratif où reparaissent les blasons environnés d'anges et les mignonnes statuettes, un sarcophage se dresse soutenu par deux magnifiques consoles. Là sont couchées les figures du prince et de la princesse. Un lion veille à leurs pieds ; ils ont la couronne en tête et le sceptre à la main. Jeanne a laissé fléchir sa belle tête comme une plante

laisse fléchir sa fleur fatiguée; sous le diadème, sous les colliers qui la parent, elle respire une candeur toute virginale.

Certes ces monuments sont beaux, riches surtout; mais il n'y a pas là cette mesure exquise jusque dans la splendeur, cette aisance, cette sveltesse qui prête un charme suprême aux monuments de tous genres que le seizième siècle enfanta en France. Ici on surprend dans quelques détails de la lourdeur, une recherche prétentieuse. L'œuvre n'a pas jailli tout d'un élan, avec ses grâces, ses élégances et comme au souvenir d'une radieuse vision. Une laborieuse méditation l'a conçue, lentement enfantée et non sans défaillance péniblement perfectionnée.

Le style dit Manoëlin, du roi don Manoël le fortuné, qui mourut en 1521, triomphe dans les plus admirables édifices du Portugal. Bien qu'il ait un caractère particulier, national, bien qu'il ne s'inspire en aucune façon des traditions de l'art antique, on peut le rattacher à la Renaissance. C'est un rameau extrême, quelque peu indépendant, vivant d'une vie toute personnelle, plein de sève toutefois, exubérant et magnifique.

Nous citerons, dans l'église du couvent de Santa Cruz, à Coïmbre, deux tombes fastueuses, conçues dans ce style, et que le roi don Manoël fit élever en l'honneur des deux premiers rois de Portugal, Alfonso Henriquez et Sanche. Les deux princes se font pendant. Leurs tombes, placées vis-à-vis l'une de l'autre, symétriquement adossées à la muraille, répètent, en variant quelques détails, le même sarcophage, les mêmes niches, statuettes, fleurons, pinacles, les mêmes feuillages opu-

lents qui festonnent la pierre, le même blason royal qui couronne le monument. Les deux princes apparaissent couchés et armés de toutes pièces. Leurs statues sont faites de marbres divers et empruntent, autant à l'opposition des couleurs qu'à la perfection du travail, un caractère saisissant. La vie semble couver encore dans ces fantômes immobiles.

Charles, le dernier duc de Bourgogne, le rival malheureux de Louis XI, par le siècle où il vécut et plus encore par ses folies sanglantes, ses témérités chevaleresques, appartient au moyen âge. Son tombeau, dont Philippe II ordonna l'érection, appartient au contraire à la Renaissance; il est placé aujourd'hui dans l'une des chapelles de la cathédrale de Bruges. Selon l'usage, le duc est représenté couché, armé, couronne en tête, un lion sous les pieds. Le sépulcre porte, finement sculptées, de très nombreuses figurines qui soutiennent dans leurs petites mains les écussons des très nombreuses seigneuries que le Téméraire possédait et qu'il ne sut pas conserver.

Le seizième siècle est le siècle de la Renaissance, mais aussi de la Réforme. Il remue les marbres, les débris antiques, il remue aussi les esprits et provoque une révolution profonde. La Réforme inaugura bientôt, au moins dans une très grande partie de l'Europe, des habitudes nouvelles. Elle proscrivait des temples statues, fresques, vitraux, et ne voulait rien autour de Dieu que des âmes en prière. Elle tolèra cependant les sépultures dans le saint lieu. Tout ce que la Hollande enfanta d'illustre repose dans des édifices qui, pour la plupart,

furent des églises catholiques avant de devenir des temples protestants.

Le plus grand des héros de l'indépendance nationale et de l'affranchissement religieux, Guillaume dit le Taciturne, est à Delf, et tous les princes, tous les rois qui jusqu'à nos jours se sont succédé en Hollande, ont pris place auprès de lui. Leurs cendres ambitionnent cette auguste protection.

Guillaume fut tué d'un coup de pistolet à Delf même en 1584. Son assassin était un catholique français nommé Gérard qu'avait soudoyé l'or de Philippe II et que les prédications, les encouragements fanatiques de certains moines avaient enflammé jusqu'au délire. Déjà deux ans auparavant, un marchand espagnol avait tenté de tuer Guillaume et n'avait réussi qu'à le blesser légèrement. Cet assassinat était toute une entreprise depuis longtemps mûrie. Quatre-vingt mille ducats avaient été promis au nom du roi d'Espagne à qui frapperait Guillaume. Granvelle, un cardinal, Alexandre Farnèse de Parme, un prince vaillant cependant, s'entremettaient activement en ces odieux complots et se faisaient les instruments des vengeances royales. On a regret à trouver ces grands noms au milieu de toutes ces infamies. Quant à Philippe II, enfermé dans ce sinistre palais de l'Escurial qu'il fit à son image, il avait coutume de combattre partout par l'intrigue et le meurtre; rien ne surprend venant de lui. Lorsque Gérard porta à Guillaume le coup mortel, quatre hommes de nations différentes, inconnus les uns aux autres, étaient à Delf poursuivant la même sanglante mission. Gérard, hypocritement, s'était dit calviniste et fils d'un calviniste martyr

de sa foi ; il simulait une piété ardente dans le nouveau culte, fréquentait les temples et, sous le prétexte d'aumônes à recevoir, il avait réussi à se ménager accès au logis de Guillaume. Le mensonge préparait le meurtre ; mais tout n'est-il pas permis, jusqu'au crime, au fanatique qui combat et tue pour sa foi? La mort de Guillaume coûta beaucoup d'argent au roi Philippe II et lui servit fort peu. Supprimer un homme est chose facile ; mais non pas supprimer une cause. C'est l'éternelle erreur de ceux qui tuent dans un but politique ou religieux. Ils font œuvre odieuse et vaine. Brutus tue César, quelques années après César renaît dans Auguste et la liberté romaine n'en est pas moins supprimée ; Charlotte Corday, bravement, glorieusement, pourrait-on dire si un meurtre était jamais glorieux, tue Marat, le régime de la terreur n'est ni détruit ni suspendu ; Philippe II fait tuer Guillaume, la Réforme religieuse, l'affranchissement de la Hollande ne s'en accomplissent pas moins.

Le tombeau de Guillaume le Taciturne est un monument considérable, mais non pas très beau. Le protestantisme, par ses austères pruderies, sa haine des images, ne pouvait être un inspirateur heureux des beaux-arts. Tout est fait de bronze, de marbre blanc, de marbre noir. L'Italie de la Renaissance envoyait un peu dans toute l'Europe non pas seulement ses artistes, mais ses matériaux. Le moyen âge se contentait le plus souvent des pierres que l'on prenait aux carrières prochaines.

Nous retrouvons dans ce mausolée de Delf, certaines dispositions que présentent les monuments élevés à

Saint-Denis, au temps de la Renaissance. Ces colonnes, ces portiques qui forment un abri où s'étend sur son sarcophage la statue du défunt, rappellent un peu, ce nous semble, les lits carrés, enfermés de colonnes, surmontés d'un vaste baldaquin, dont le seizième siècle faisait un usage fréquent. La tombe est comme une dernière couche où l'homme doit trouver un éternel repos.

Les colonnes du tombeau de Guillaume portent des frontons tronqués. Quatre statues de bronze occupent les quatre angles. Ce sont des vertus, l'une porte sur son chapeau ces mots : « *aurea libertas* » la liberté d'or. Selon un usage que nous avons déjà signalé, le prince est représenté deux fois : assis en costume de guerre, puis couché sur son sarcophage tandis qu'à ses pieds se blottit un chien. Ce chien n'est pas un être imaginaire, emblématique, mais réel ; Guillaume en effet avait un chien qui l'aimait passionnément et qui ne voulut pas lui survivre. On a voulu qu'il partageât avec son maître l'immortalité du marbre.

Quatre obélisques reposant sur des têtes de morts se dressent au faîte du monument, et un groupe d'enfants soutient la table où se lit en latin l'inscription que nous traduisons : « A l'éternelle mémoire de Guillaume de « Nassau que Philippe II, roi d'Espagne, la terreur de « l'Europe, craignit, ne dompta pas, n'effraya pas, mais « qu'il fit disparaître par un complot infâme en sou- « doyant un assassin. »

A Bréda en Hollande comme à Delf, le monument le plus curieux est un tombeau. Celui-ci est aussi une œuvre du seizième siècle, plus ancienne toutefois que

le tombeau de Guillaume, presque aussi importante, mais non pas d'un goût beaucoup plus pur.

Sur un massif carré très peu élevé, Engelbert, comte de Nassau, qui fut un des très rares serviteurs dont les violences de Charles le Téméraire ne lassèrent pas la fidélité, dort couché auprès de sa femme Marie de Bade. Ce sont des statues d'albâtre. Quatre hommes de grande proportion sont agenouillés aux angles du monument : l'un est nu, les autres bizarrement armés de cimeterres ou de masses et vêtus de costumes, de cuirasses où les souvenirs gothiques se mêlent aux réminiscences antiques. Ces figures font l'office de cariatides et sur leurs épaules portent une longue dalle ou plutôt un pavois où l'armure, le blason du duc sont confusément dispersés. L'ensemble de cette décoration funéraire est pittoresque, curieux et non sans majesté.

Le tombeau de la reine Élisabeth est au nombre des plus beaux que renferme l'abbaye de Westminster. Dix colonnes corinthiennes soutiennent un dais splendide où s'entassent les inscriptions, les armoiries. C'est sous cet abri que la reine apparaît couchée et magnifiquement enveloppée du manteau royal. Ce tombeau, bien qu'élevé au dix-septième siècle, appartient, quant à son style, à la Renaissance.

On trouve des monuments qu'inspire le génie de la Renaissance jusque parmi les sépultures des rois de Pologne, dans la cathédrale de Cracovie. Casimir Jagellonde qui mourut en 1492, abrite sa statue couchée sous un élégant portique aux arcades en plein cintre, aux sveltes colonnes et qui respire le goût nouveau.

Étienne Basari mourut en 1586. Son tombeau s'adosse à la muraille. Sous une arche flanquée de deux colonnes et que des trophées, des écussons surmontent, le roi est à demi étendu, accoudé, sceptre en main, et deux figures allégoriques enfermées dans des niches somptueuses, veillent à ses côtés.

Nous avons dit que l'art ogival, la véritable création, l'expression la plus fidèle du moyen âge chrétien, ne trouva pas en Italie une faveur unanime ni bien durable. Les monuments antiques encore nombreux, glorieusement debout, imposaient aux yeux d'autres exemples, donnaient d'autres leçons. Ces leçons, jamais complètement abandonnées, furent de nouveau dès le quinzième siècle avidement écoutées. La Renaissance naquit en Italie ; l'art païen y avait préparé son berceau. Les guerres qui conduisirent Charles VIII jusqu'à Naples, Louis XII jusqu'à Gênes, permirent aux Français de contempler des modèles nouveaux ; la Renaissance rentra en France avec nos soldats. On pourrait toutefois dans quelques monuments nationaux, signaler dès la fin du quinzième siècle, certaines altérations du style gothique, certaines aspirations qui font présager une transformation prochaine.

Quoiqu'il en soit, dans la révolution artistique de la Renaissance, l'Italie se montre en avance sur la France de près d'un siècle. Que de monuments funéraires (pour ne parler que de ceux-ci) nous pourrions citer datés du quinzième siècle et qui déjà reproduisent, plus ou moins ingénieusement interprétés, les ordres, les formes antiques! Les églises de toute la péninsule en sont encombrées. Les types varient peu. Le plus souvent le monu-

ment s'adosse à la muraille. C'est une arcade à plein cintre flanquée de pilastres ou de colonnes, surmontée d'un fronton, dans le tympan quelque bas-relief retrace un sujet pieux, de préférence une madone placide. Puis plus bas, et sous la protection du regard de la sainte, le défunt, prélat, savant, guerrier, il n'importe, s'étend, vêtu du costume qui fut le sien, sur un sarcophage imitant très souvent l'ornementation des sarcophages antiques. L'inscription, toujours rédigée en latin, quelquefois en vers, répète aussi certaines formules, certaines expressions qu'affectionnait l'antiquité classique. Rinceaux, figurines, petits détails sont ciselés dans le marbre avec une finesse extrême.

Venise possède beaucoup de tombeaux conçus d'après ce modèle. Nous en trouvons quelques-uns dans l'église S. Giovanni et Paolo. Cette église, mieux encore que les *Frari*, peut être appelée le panthéon de Venise ; c'est ici le lieu d'en parler, car bien que les monuments funéraires qu'elle abrite, remontent les uns jusqu'au moyen âge, les autres seulement au dix-septième et au dix-huitième siècle, la Renaissance y garde la première place. Doges, prélats, princes, guerriers y tiennent leurs assises solennelles et semblent encore majestueusement délibérer sur les destinées de la République.

Au mur d'entrée s'adosse le tombeau de Pierre Mocenigo, mort doge en 1476. C'est une œuvre de P. Lombardo. Trois figures d'hommes, de demi-grandeur naturelle, soutiennent sous un grand arc le sarcophage où trône Mocenigo ; des draperies l'enveloppent, deux figures plus petites se dressent à ses côtés. Six niches, où s'abritent autant de gracieuses statuettes, forment

l'encadrement. Enfin trois dernières figures veillent au faite du monument.

Voilà un obélisque de marbre noir que décore un médaillon; sous les flots ondoyants de sa fastueuse perruque, le peintre Lanza, mort en 1674, y est représenté. Une femme, la patrie peut-être, pleure pompeusement au pied du mausolée.

Bragadin était un vaillant serviteur de Venise; il fut au seizième siècle pris par les Turcs et écorché vif. Un buste qu'une barbe épaisse ombrage, reproduit les traits du martyr.

Au bras droit du transept, sur son sarcophage accroché à la muraille, Nicolas Orsini chevauche casque en tête. Il mourut en 1509; et sa statue, ouvrage de la Renaissance, est de bronze doré et de grandeur naturelle.

Le tombeau du doge Lorédan est une œuvre du quinzième siècle. Lorédan est assis entre deux figures d'hommes. Quatre colonnes corinthiennes forment encadrement; et deux figures de femmes font sentinelle à droite et à gauche.

Un chef-d'œuvre d'harmonie et d'élégance est le tombeau du doge Vendramin, qui décéda en 1478. Alexandre Léopardo, l'heureux auteur du monument, a placé, sous une baie à plein cintre, le sarcophage où sommeille le doge revêtu d'habillements somptueux. Il est des figurines sur le sarcophage, et des figures de guerriers qui se dressent de chaque côté, deux niches enferment Adam et Ève représentés dans leur primitive nudité. Il y a certaine gaucherie dans ces corps de marbre, mais de la grâce cependant et aussi de la fermeté, de l'ampleur.

Le doge Marc Corner, et par la date de son gouvernement et par l'âge de son monument, nous reporte au quatorzième siècle. Ce monument se compose d'une arcade ogivale surmontée de pinacles gothiques et de statues.

Au bras gauche du transept, dans un groupe de marbre qui respire le goût du quinzième siècle, Antoine Dentone montre sainte Hélène remettant à Victor Capello le bâton de commandement. Antoine Venier, qui fut doge et mourut en 1400, suspend son sarcophage au-dessus de la porte de la chapelle dite du Rosaire. Cette chapelle était un sanctuaire renommé moins pour sa sainteté que pour ses richesses artistiques. Là se trouvait l'un des plus admirables chefs-d'œuvre du Titien, le martyre de saint Pierre le Dominicain. Tableau et chapelle, un incendie a tout détruit au cours de l'année 1867.

Encore des tombes, il en est partout. Voici le doge Malipiero, des rinceaux délicatement sculptés dans le goût de la Renaissance s'épanouissent sur son sarcophage. Voici le sénateur Renzio, mort en 1501 ; quatre niches peuplées de mignonnes statuettes se creusent au marbre de son sarcophage. Le doge Steno sommeille les mains jointes, ses traits anguleux, son menton effilé, son nez allongé, courbé comme le nez du Dante, et le suaire qui enveloppe le corps, tout rappelle le moyen âge et ses sombres austérités. Les marbres conservent quelques traces de peinture.

Moins grave, plus charmante, Aloïse Trevisan repose sous la garde d'un petit génie, tandis que le général Pompée Giustiniani se hisse sur son cheval de bataille et se fait de sa tombe un glorieux piédestal. Voici en-

core un Mocénigo qui fut doge et décéda en 1423. Un riche baldaquin de marbre abrite son sarcophage égayé de figurines. Le doge Marcello, qui lui aussi régna au quinzième siècle, occupe une tombe plus somptueuse encore. La baie cintrée qui enferme le sarcophage, est flanquée de deux fines colonnettes dont les cannelures gracieusement serpentent. Horace Baglioni enfourche son coursier et, sabre au poing, se lance en quête de quelque furieuse mêlée.

Le plus moderne de tous ces tombeaux est aussi le plus laid. Le marquis de Chasteler qui fut l'un des chefs les plus ardents de l'insurrection du Tyrol sous Napoléon Ier, y repose. Quel triste monument et qui accuse un art épuisé! Plus rien qui rappelle cette richesse d'invention qui prêtait dans l'âge précédent un certain charme, un certain effet même aux œuvres de goût le plus contestable. Tout s'est stérilisé. Un socle aux profils durs et secs, un buste froid comme le marbre dont il est fait, voilà tout ce que l'imagination de l'artiste a pu trouver.

En pénétrant dans l'église nous avons salué le nom de Mocénigo, au moment de sortir par une autre porte, nous le retrouvons encore. Il semble commencer et finir l'histoire de Venise, et Venise en effet en a peu connu d'aussi illustres.

Une personnalité triomphante domine en Italie les hommes et les œuvres de la Renaissance, ou pour mieux dire l'art moderne, car Michel-Ange se hausse au-dessus de tous, et les créations sorties de sa main puissante règnent au-dessus de tout. Michel-Ange a fait des tombeaux, et jamais gloire humaine, descendue dans la

tombe, ne trouva pour éterniser son souvenir des marbres plus fameux.

A Florence, dans l'église de *San Lorenzo*, une enceinte retirée, tranquille, ne laisse pénétrer qu'un jour adouci. Un respect inconscient y fait aussitôt modérer le pas, baisser la voix. Est-ce la majesté de la mort? Non, la mort est chose commune et que l'on rencontre partout, sa présence émeut sans doute, mais non pas aussi profondément. Est-ce vénération pour les hommes qui ont fait de cette chapelle leur demeure dernière? Non, ces hommes étaient des personnages très médiocres, très peu aimés; Laurent II, Julien, tous deux fils de Laurent Ier le Magnifique n'auraient jamais illustré le nom de Médicis si leurs aïeux n'eussent pas pris ce soin. Est-ce piété enfin et Dieu se révèle-t-il dans quelque autel entre tous révéré? Non, l'autel n'est rien, on le voit à peine, on l'oublie aussitôt. Il n'est là qu'un homme, mais qui remplit tout, efface tout, Michel-Ange. Il a fait pénétrer dans ces marbres sa pensée, et l'on ne saurait subir sans trouble ce tête-à-tête formidable.

Comme la foi, l'art a ses sanctuaires renommés, chéris, respectés; et à travers les générations, tout ce qui aime le beau, le grand, y fait pèlerinage. Peu nombreux sont ces sanctuaires, car peu nombreuses sont les œuvres exquises, parfaites, qui caractérisent une évolution de l'art, qui marquent une étape de l'esprit humain. Michel-Ange en a créé deux : la chapelle Sixtine où il fait planer toutes les grandeurs et toutes les épouvantes de la Bible, la chapelle des Médicis où son génie s'environne de mystère et ajoute à l'é-

nigme de la mort je ne sais quelle énigme nouvelle.

Deux tombeaux se dressent, l'un vis à vis de l'autre. Ils sont semblables quant à leurs dispositions architecturales. Dans une niche carrée la statue du prince est assise; à ses pieds, au-dessus d'un fronton semi-circulaire, deux figures sont étendues.

Julien est tête nue; il porte une armure antique qui dessine librement la musculature de la poitrine, il tient négligemment dans ses mains un bâton de commandement. Julien de Médicis, avons-nous dit, est-ce lui? Est-ce un portrait fidèle? Non certes, le visage, pas plus que le costume, n'a de réalité. Michel-Ange ne fit jamais de portrait et sa pensée entrevoyait toujours au delà de l'homme, une vision plus haute. Ce Julien est un fils de Michel-Ange; il a toute la majesté, tout le calme, toute la grandeur que le vrai Julien n'eut sans doute jamais. A Michel-Ange seul il a été donné de trouver en dehors de la nature vraie, au-dessus d'elle, des voies où le génie marche sans s'égarer. Ses rêves devenus marbre, vivent et d'une vie sublime; ce sont là des êtres étranges et qui appartiennent à une autre humanité. Michel-Ange parle la langue des Titans et des dieux.

Les figures de la nuit et du jour s'étendent au sarcophage de Julien; dans cette femme nue qui s'accoude sur un masque antique et qui soutient de sa main droite sa tête appesantie, on peut sans peine reconnaître une personnification de la nuit; une chouette blottie à ses pieds précise l'allégorie. Quelle femme formidable et faite pour porter des héros dans ses flancs! Quels enfants de dieux pourraient tarir ses mamelles énor-

mes? Les muscles sillonnent le ventre de plis profonds.

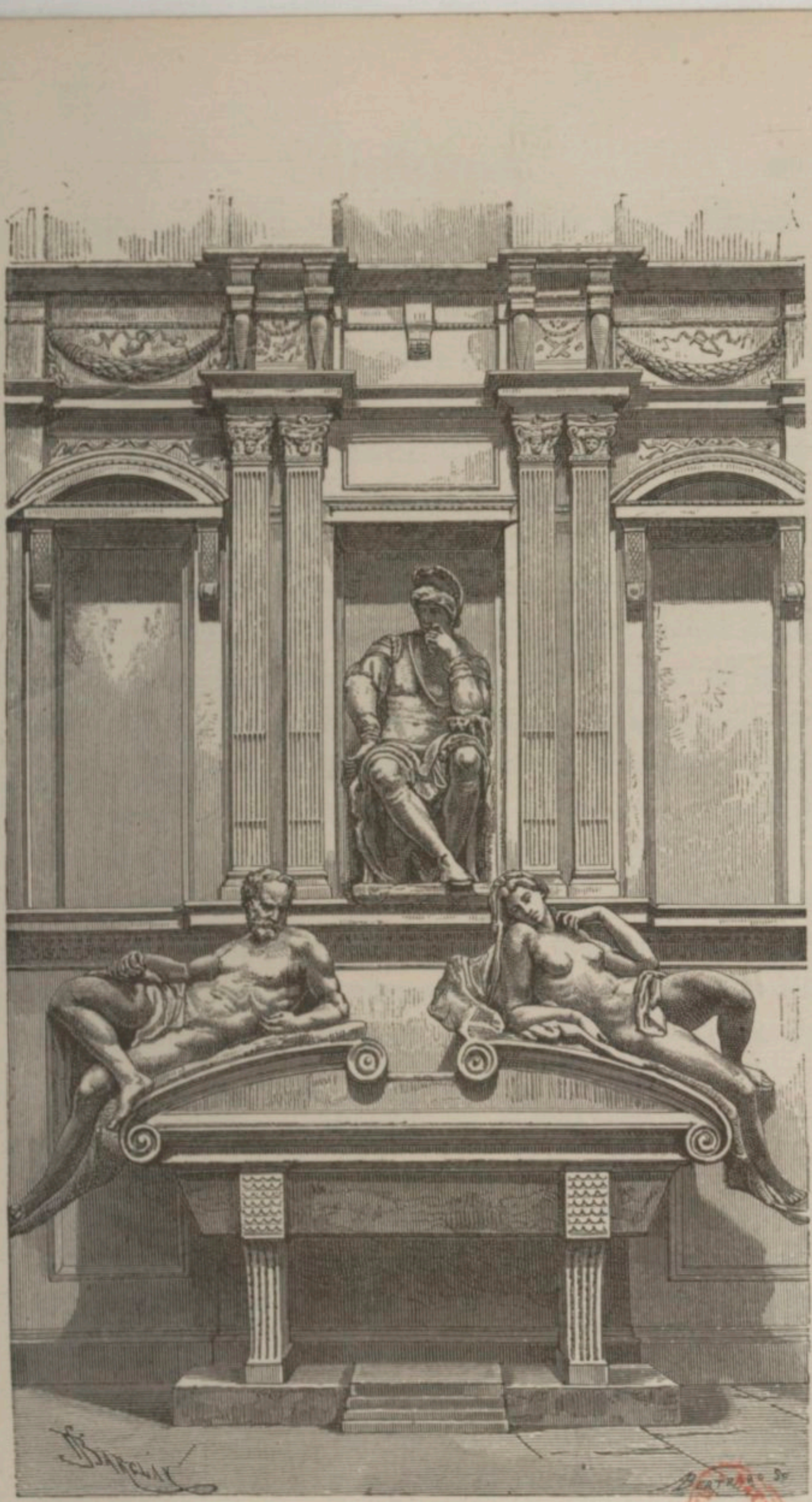
Mais comment reconnaître le jour dans cet homme qui se retourne sur le côté, et derrière son épaule montueuse, montre à demi sa tête brutalement ébauchée? C'est là une œuvre inachevée et la jambe droite reste prise dans la gangue du marbre. Ainsi beaucoup de morceaux sortis de l'atelier de Michel-Ange, sont demeurés incomplets, avec intention peut-être; le maître ne craignait-il pas d'affaiblir sa pensée première en l'accentuant? Ne craignait-il pas en les polissant d'amollir un peu les blessures frémissantes que son ciseau faisait au marbre? Cet inachèvement ne déplaît pas; il montre qu'aussi haut que puisse monter la pensée humaine, jamais elle ne remporte un absolu triomphe; il est toujours un au delà irréalisable.

Laurent II, tel que l'enfante Michel-Ange, est un personnage aussi peu réel que Julien. On ne le connaît que sous le surnom vulgaire du penseur (*pensieroso*). Il est assis et revêt une armure antique. Sa main droite s'appuie nonchalante et fière sur le genou; la main gauche soutient la tête. Le casque, librement imité des casques romains, projette sur le front une large tache d'ombre. Le visage respire une sombre rêverie. Cet étrange héros médite et semble contempler lui-même non sans effroi l'abîme de sa pensée. La pensée orageuse, profonde, inquiète, puissante cependant, voilà ce que les anciens entreprirent bien rarement de traduire dans une œuvre d'art. La plupart de leurs statues sont calmes, sereines. La douleur même alors qu'il faut l'exprimer, reste le plus souvent discrète, toujours harmonieuse. Les an-

ciens sont des heureux; Michel-Ange n'est pas un heureux. Il emporte partout avec lui la tourmente de ses ambitions sublimes; notre humanité n'est pas à sa taille, il l'élève, il l'agrandit, jamais assez pour qu'elle puisse contenir tout ce qu'il a rêvé. Au contraire, l'antiquité païenne aimait l'homme et n'imaginait rien qui pût être plus beau.

Un homme nu, une femme nue personnifient, dit-on, le crépuscule et l'aurore. Allégorie peu transparente. Cet homme armé d'une musculature surhumaine qui s'accoude et baisse les yeux, qui croise sa jambe droite sur sa cuisse gauche, qui repose, mais énorme, formidable, menaçant; cette femme musclée presque aussi puissamment que l'homme, et cependant fatiguée, dirait-on, par je ne sais quel effort prodigieux, la tête fléchissante, la main défaillante, est-ce là le crépuscule? Est-ce là l'aurore? Il n'importe; c'est mieux encore, des créations qu'on ne saurait oublier, bien différentes des œuvres antiques, aussi puissantes cependant, et l'esprit, s'efforçant de suivre dans son vol la pensée du maître, aperçoit, au travers de ces marbres émus, comme des horizons mystérieux.

Un examen détaillé et que l'impression première ne saurait permettre, révèle certaines bizarreries ou pour mieux dire, certaines témérités. Les bras de Laurent semblent bien gros en proportion des jambes, les mains bien petites. Michel-Ange savait profondément et mieux que personne de son temps, le corps humain. Son ciseau ne s'est pas trompé, mais son ciseau, sans doute pour ménager quelque développement harmonieux dans les lignes, quelque équilibre heureux, une ombre peut-



Tombeau de Laurent II de Médicis à Florence.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

être, n'a pas craint de trahir la vulgaire vérité. Michel-Ange ose tout, parce qu'il peut tout.

Michel-Ange, Jules II nourrissaient l'un pour l'autre une amitié tempêtueuse. Jules II avait le goût de l'énorme dans ses conceptions. La basilique de Saint-Pierre dont il poursuivit la reconstruction, devait dépasser en grandeur et en magnificence tous les monuments des âges modernes. Il voulut aussi préparer à son cadavre un mausolée sans rival (la modestie n'était pas la qualité dominante de Jules II). Le mausolée que Michel-Ange devait construire aurait réuni, dit Vasari, plus de quarante figures sans compter les enfants et les autres ornements. Victoires, prisonniers, vaincus renversés, vertus, prophètes, saints, que sais-je encore, auraient environné le fier pontife d'une héroïque phalange. Le monument isolé se serait dressé dans la basilique de Saint-Pierre et peut-être aurait-on douté si cette fastueuse basilique était élevée à la gloire du prince des apôtres ou seulement pour prêter un digne cadre au tombeau de Jules II.

Ces orgueilleux projets ne furent pas accomplis. Michel-Ange, sur les instances, les ordres même de Paul III qui projetait d'employer le génie du grand artiste à d'autres travaux, dut définitivement abandonner cette tâche démesurée. Déjà les héritiers de Jules II, ses successeurs Léon X, Clément VII avaient entravé les travaux, marchandé les dépenses. Toutefois de ce monument qui ne fut jamais réalisé, des débris nous restent, épaves glorieuses, créations sublimes. Ce sont, conservés maintenant au Louvre, deux captifs ; l'un le corps bosselé de muscles que tend un pénible effort, les mains

attachées par derrière, redressant sa tête pleine de douleur, et malgré sa force prodigieuse, prêt, dirait-on, à succomber sous une invisible étreinte ; l'autre jeune, beau, sommeillant et la tête inclinée mollement en arrière, marbre admirable plein de souplesse et de force, triste cependant et qu'une pensée de deuil profondément pénètre; l'un et l'autre, le premier surtout, sont inachevés. A Florence, car ces débris ont été dispersés un peu au hasard, ce sont quatre statues qui décorent maintenant une grotte rustique des jardins Boboli, c'est au Palais Vieux une victoire, terrible virago qui terrasse un prisonnier. L'œuvre est aussi inachevée. A Rome enfin, c'est le fameux Moïse.

A *S. Pietro in vincoli*, petite église voisine des ruines des Thermes de Titus, et de l'un des très rares palmiers qui aient consenti à pousser à Rome, une décoration de marbre monte et s'adosse à la muraille de droite. La statue couchée de Jules II occupe la partie supérieure; contre le sol, sans piédestal, entre deux statues, la vie contemplative, la vie active dont Michel-Ange fit les dessins, le Moïse apparaît. Il est le gardien superbe de ce tombeau où repose enfin le fougueux pontife. De tous les personnages de la fable et de l'histoire dont Jules rêvait de s'entourer, celui-là seul lui reste, mais le partage est glorieux encore, et mieux que le nom d'un pape qui cependant fut grand, le Moïse de Michel-Ange suffit à immortaliser cette tombe.

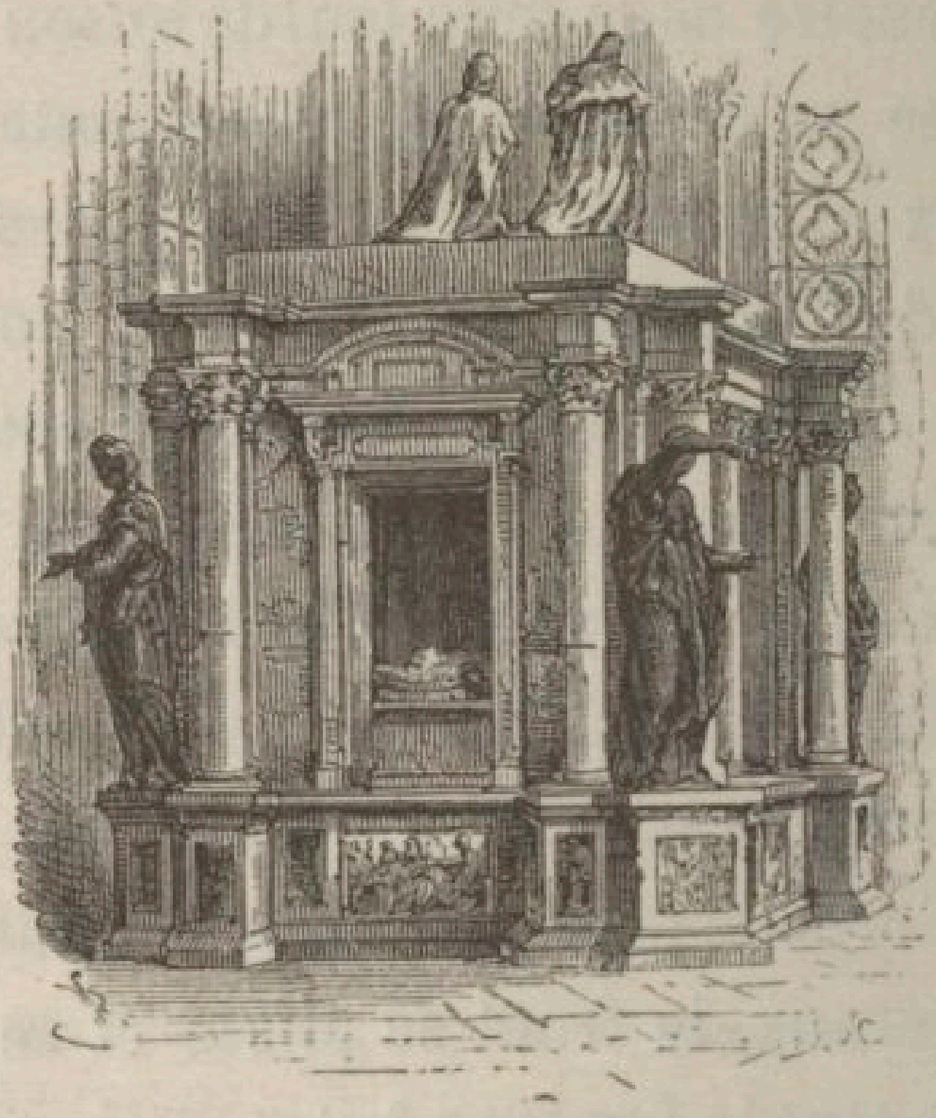
Le Moïse est assis. Le vêtement étrange qui l'enveloppe rappelle, par quelques plis majestueux, la toge antique, mais les jambes portent les braies que les sculpteurs romains donnaient aux statues des chefs bar-

bares. Les bras sont nus ; le bras droit se relève et s'appuie sur les tables de la loi, la main gauche retient les draperies prêtes à tomber. La barbe, torrent impétueux, déroule ses flots du visage jusqu'au bas du ventre. La main droite pénètre dans cette lourde toison et la relève un peu. La tête se détourne et se présente presque de profil, les yeux allument dans l'ombre des orbites un profond regard. Cette tête est-elle belle ? Non, si par ce mot de beauté on entend une harmonie souriante, une fleur doucement épanouie. Elle n'est pas belle, mais elle est grande et je ne sais quelle puissance titanesque lui fait une sublime auréole. Les traits sont rudes, les cheveux s'enroulent, se tordent comme les serpents au front d'une Gorgone ; le nez s'accuse durement, les joues ont des creux, le front se plisse et se sillonne de rides que peut-être la foudre a faites, mais non l'âge, car l'âge aurait peu de prise sur ce colosse. Les cornes qui jaillissent, donnent au prophète une farouche parenté avec les démons.

Il médite, il agite de redoutables pensées. Il est fort dans son corps et ses muscles pourraient broyer un taureau sous leur étreinte ; il est fort dans son âme, car c'est la destinée du monde qu'il semble couver. Va-t-il se dresser formidable entre l'homme et Dieu, celui qui fit du Sinaï un trône à sa grandeur ? Va-t-il dicter des lois terribles comme lui-même ? Va-t-il lancer la malédiction, et, brisant sur le roc les tables divines, épouvanter la terre de ses anathèmes furieux ?

Comme Michel-Ange a compris et traduit la sombre poésie des chants bibliques ! Raphaël devait tout au contraire, dans les formes païennes, faire pénétrer une

sérénité chrétienne. Raphaël, Michel-Ange cherchent Dieu ; mais Raphaël le fait aimer, Michel-Ange le fait craindre.



Tombeau de Henri II à Saint-Denis.

Tombeau du Cardinal de Richelieu à la Sorbonne.

CHAPITRE IX

CHRISTIANISME

DIX-SEPTIÈME ET DIX-HUITIÈME SIÈCLES

Quand s'ouvre le dix-septième siècle, le mouvement de la Renaissance a pris fin. L'art demande encore aux monuments antiques des enseignements et des exemples; mais la traduction trahit souvent l'original. On ne cherche plus seulement le beau, l'élégant, on veut le faste : les marbres se font orgueilleux.

Parmi les tombeaux qui marquent la transition entre le goût du seizième siècle et la mode du dix-septième siècle, on peut citer le tombeau de Sully et de sa femme à l'Hôtel-Dieu de Nogent-le-Rotrou que leurs

largesses bienfaisantes avaient enrichi. Les deux époux sont représentés magnifiquement vêtus et agenouillés devant des coussins qui portent, l'un la couronne ducale et deux bâtons de commandement, l'autre seulement un livre de prières. Ces marbres imposants, bien qu'un peu lourds, sont signés de Boudin. Il faut citer encore au Louvre le monument considérable qui recouvrait, dans l'église des Célestins à Paris, les restes de Henri de Longueville. C'est une œuvre de F. Anguier. Un obélisque chargé de trophées, quatre figures gracieuses, bien qu'un peu maniérées, qui l'encadrent, deux bas-reliefs de cuivre déroulant des scènes guerrières où les armes et les costumes antiques font une amusante mascarade, tels sont les éléments dont l'artiste a composé un ensemble qui ne manque pas de magnificence.

Ce même F. Anguier collabora, avec d'autres artistes moins connus, au somptueux mausolée que la princesse Orsini, veuve du dernier Montmorency, éleva dans l'église du couvent de la Visitation à Moulins, à la mémoire de son mari. On sait que ce prince, amiral et maréchal de France, fut gravement compromis dans les criminelles intrigues et rébellions de Gaston d'Orléans. Vaincu et pris à Castelnaudary, il eut la tête tranchée peu de temps après à Toulouse. Il fallait bien que Richelieu usât de l'argument terrible de la hache pour persuader enfin à cette turbulente et avide noblesse que si elle était au-dessus de bien des choses et de bien des hommes, elle n'était pas cependant au-dessus de la patrie et du roi.

Le monument de Montmorency faillit périr dans la

tourmente révolutionnaire. A Moulins, comme un peu dans toute la France, on proscrivait les marbres qu'illustrait quelque bruyant souvenir. Déjà on avait envahi la chapelle, la foule entourait le tombeau, les marteaux étaient levés, et le duc à demi étendu en costume romain sur son sarcophage, et les trophées qui l'environnent, et les statues qui lui composent une cour, sa veuve éplorée, quatre vertus, la noblesse, la piété, la valeur, la libéralité, tout ce fastueux dithyrambe de marbre allait voler en éclats. Mais une voix s'élève : « Qu'allez-« vous faire? Profaner la tombe d'un homme que les « tyrans mirent à mort! d'un bon républicain, d'un mar-« tyr de la liberté! » Ces paroles arrêtent les bras prêts à frapper; et grâce à ce brevet de civisme posthume étrangement décerné au dernier descendant d'une orgueilleuse maison qui se disait en noblesse l'égale des rois de France, la tombe est sauvée de toute injure.

Quelques années après Henri de Montmorency, mourait l'homme qui avait poursuivi sa perte, le cardinal de Richelieu. Sa tombe est dans l'église de la Sorbonne, au milieu de ces bâtiments austères, tout imprégnés, dirait-on, de science et de souvenirs, qu'il avait fait réédifier. Jusqu'aux jours de la Révolution, nous ne trouverons pas un seul tombeau de quelque importance qui ne soit placé dans une église ou une chapelle. Le seizième, le dix-septième, le dix-huitième siècles suivirent à cet égard docilement la tradition du moyen âge.

Le tombeau de Richelieu, œuvre de Girardon, est au nombre des tombeaux les plus remarquables que le dix-septième siècle ait élevés. Nous n'en connaissons

pas qui soit d'un ensemble plus harmonieux. C'est là dans le genre et le style de l'époque un véritable chef-d'œuvre. De la magnificence, mais pas de faste théâtral, une pensée douloureuse, dramatique même, puissamment exprimée dans le marbre, mais pas de vain et prétentieux étalage de deuil et de désespoir. Cela est éloquent et non sans grandeur. La tombe simule une sorte de lit de repos très peu élevé au-dessus du sol. Richelieu fléchit, s'affaisse, prêt à rendre le dernier soupir ; il est calme cependant, et, posant une main défaillante sur sa poitrine, il semble attester une fois encore son loyal dévouement à la couronne de France. Une femme, la Religion, est agenouillée derrière lui et le reçoit dans ses bras. Une autre femme, la France sans doute, assise aux pieds du ministre fameux, cache dans ses mains son visage éploré.

Le jour où il visita ce monument, le tzar Pierre, prenant dans ses bras le Richelieu de marbre, s'écria : « Grand homme, je t'aurais donné la moitié de mes « États à la seule condition que tu voulusses m'apprendre « à gouverner l'autre moitié. » Exclamation peu sincère sans doute, Pierre n'était pas de ceux qui ont besoin d'un maître pour savoir gouverner.

Comme tant d'autres, la tombe de Richelieu ne put échapper aux visites sacrilèges des hommes de 93. Elle fut violée ; on mutila le cadavre. La tête, momifiée et reconnaissable encore, cette tête qui avait agité tant de pensées, conçu et poursuivi tant de desseins, fut emportée et vendue. Ce n'est qu'il y a peu d'années, sous Napoléon III, *gloriosissime regnante*, dit l'inscription latine relatant le fait, que ce triste débris a pu retrouver

sa place. Ainsi Richelieu subit, au moins dans la mort, ce supplice de la décapitation dont vivant il avait plus d'une fois usé.

Moins heureux encore que Richelieu, son habile élève Mazarin a vu sa tombe enlevée du collège des Quatre-Nations, aujourd'hui l'Institut, où elle se trouvait. Elle décore maintenant une des salles basses du Louvre.

C'est un monument non sans mérite, et qui fait honneur à son auteur Coysevox, inférieur cependant à celui de Richelieu. Trois vertus de bronze élégamment drapées environnent le sarcophage, où la statue de marbre du cardinal s'agenouille dévotement. Un petit ange nu, tout aimable, lui tient compagnie.

Après Mazarin, Colbert, Turenne, Louvois. Colbert, agenouillé sur un haut sarcophage, voit deux statues de femmes assises à ses pieds ; c'est une œuvre de Coysevox encore, et qui a conservé dans l'église Saint-Eustache sa place primitive. Turenne reposait à Saint-Denis ; il est dans l'église des Invalides, faisant pendant à Vauban (le tombeau de ce dernier est moderne). L'un et l'autre encadrent dignement la somptueuse crypte où trône Napoléon. Louvois était aussi primitivement inhumé aux Invalides, et certes plus que personne il avait droit à l'honneur de cette sépulture ; car ce fut sous son ministère et par son influence directe que l'hôtel des Invalides fut créé. Mais Louis XIV n'aimait pas qu'en aucun lieu quelque autre souvenir vînt éclipser le sien. Sa gloire était jalouse jusqu'à l'injustice et la petitesse. Il fit enlever des Invalides la tombe de Louvois et l'exila à Tonnerre, dans le silence et l'oubli d'une petite ville de province.

Nous citerons après ces noms fameux le tombeau d'un personnage beaucoup plus obscur, le chanoine Guillain Lucas, fondateur d'une école d'orphelins. Ce tombeau, érigé dans la cathédrale d'Amiens par un sculpteur picard, Blasset, en 1628, porte une figure devenue célèbre, l'ange pleureur. Le mignon enfant, assis et nu, s'accoude à un crâne, tandis que sa main gauche repose sur un sablier. La tête s'incline et les yeux semblent répandre des larmes.

Les monuments que nous venons d'énumérer sont au nombre des plus remarquables. Une certaine recherche du faste s'y trahit déjà, mais avec une discrétion relative. L'aspect d'ensemble est imposant, magnifique, harmonieux. L'excès ne devait pas tarder à paraître.

Il semble bientôt que l'on prenne une invincible horreur de la simplicité. L'artiste se met l'esprit à la torture pour composer des formes nouvelles, pour trouver des effets inattendus, et cet effort pénible prête aux monuments quelque chose de lourd, de prétentieux. On a voulu dire beaucoup, mais cette éloquence n'est plus souvent qu'un verbiage pompeux. Faire du bruit, mener grand tapage ce n'est pas parler, encore moins penser sagement, grandement, noblement. Bientôt on tombe dans les plus étranges bizarreries. Le marbre est tourmenté, violenté sous un ciseau impitoyable; on veut qu'il réunisse les effets de la peinture à ceux de la sculpture et de l'architecture. Nous voyons des sarcophages, mais c'est trop peu. Un fantôme en soulève le couvercle de ses mains décharnées, et le cadavre, la tête fléchissante, lugubrement s'y enfonce. Il y a des tro-

phées, des amours qui pleurent, des femmes qui se lamentent, des vertus échevelées, des génies chargés d'écussons, d'interminables inscriptions. Au tombeau de la mère du peintre Lebrún, qui fut exécuté d'après les dessins du fils, un ange tourbillonne, fait sonner sa trompette; la pauvre femme se réveille, entr'ouvre son cercueil, murmurant une prière et cherchant au ciel le Dieu qui va tout juger. La petite église de Saint-Nicolas du Chardonnet, à Paris, renferme ce monument plus curieux que beau. A Notre-Dame, sous l'abri discret des chapelles gothiques, ont pris place quelques monuments de cette époque et de ce style. Les marbres encombrants s'entassent et grimpent jusqu'aux voûtes; l'étroitesse du cadre les agrandit encore, et ce n'est pas sans un vague malaise que l'on voit, à demi-perdus dans l'ombre, ces fantômes aux flottantes draperies, ces squelettes découpés tout à jour et brandissant une faux, ces guerriers en perruque, toute cette funèbre mythologie que les vitraux tachent de leurs reflets mystérieux. Quelle manie de chérubins, d'anges, d'ailes, de crânes qui grimacent, de guirlandes, de drapeaux, d'armes, de suaires! Et tout cela remue, s'agite, gesticule, pleure, crie. Si par hasard le personnage défunt est représenté étendu sur sa tombe, nous le voyons se redresser à demi, secouer les flots abondants de sa perruque, lever la main, commençant je ne sais quel geste oratoire, comme s'il voulait haranguer l'Éternel. La mort elle-même leur commande en vain le repos.

Et cependant la France, au milieu de cette débauche de fastueuses rêveries, garde toujours une certaine mesure. C'est surtout lorsque l'on passe la frontière et que

l'on va étudier les monuments funéraires de la même époque élevés dans les autres pays de l'Europe, que l'on apprécie ce goût français qui tempère un peu même les excès, qui règle les plus téméraires fantaisies.

A Vienne, dans la très vilaine cave de l'église des Capucins, les empereurs d'Autriche ont leur sépulture. On compte très peu de monuments, on ne rencontre guère que des cercueils de métal posés directement sur le sol et qui ressemblent vaguement à des malles alignées. Le tombeau de Marie-Thérèse et de son époux l'empereur François Ier affecte plus de prétention. Il est de bronze, environné de figures allégoriques, surmonté de couronnes; et l'on ne saurait rêver chose plus ridicule. Balthazar Moll l'exécuta en 1755. A Munich, dans la cathédrale, le duc Maximilien Ier, qui fut surnommé le Salomon de l'Allemagne et régna cinquante-six ans, fit élever, au cours du dix-septième siècle, un monument à la mémoire de Louis V, mort, il y avait trois siècles, empereur d'Allemagne. C'est un monument considérable, isolé en avant du chœur. Sur deux degrés de marbre rouge formant socle, une enceinte est limitée par une balustrade. Puis vient un catafalque qui, par des ouvertures étroites, laisse voir les statues couchées de l'empereur, de sa femme Marie Béatrice de Glogau et de leur fils Étienne. Posée sur un coussin, la couronne impériale occupe le faîte. Des ossements entrecroisés forment frise tout alentour. Quelques enfants demi-nus soutiennent des écussons. Deux figures sont assises : une femme, la Sagesse qui tient un sceptre; un homme, le Courage, qui tient une épée. Un sceptre, une épée, deux choses pointues; pointues sont encore

les lances ornées de panonceaux que quatre hommes d'armes agenouillés dressent aux quatre angles du tombeau; rien n'est moins harmonieux que toutes ces pointes en arrêt et qui menacent le passant. Deux hommes, vêtus pompeusement en chevaliers de la Toison d'Or, Albert et Guillaume, princes de la maison de Wittelsbach, se tiennent un peu en dehors de l'ensemble du monument et semblent avoir été ajoutés postérieurement. Tout est de bronze.

A Nancy, la chapelle qu'éleva le duc de Lorraine, Charles III, au cours du dix-septième siècle, réunit sept sarcophages de marbre enfermant les restes des ducs de Lorraine et de leur famille. Au-dessus de la corniche seize médaillons sont séparés par des trophées de guerre. Les colonnes, d'ordre composite, sont de marbre noir et surmontées de chapiteaux de marbre blanc. L'ensemble est noble, grandiose, sans cette recherche théâtrale qui fait si souvent ressembler les tombes de cet âge à des apothéoses d'opéra.

Le dix-huitième siècle continue les traditions du siècle précédent. Il innove peu, se contentant de renchérir encore sur les folies et les magnificences à la mode. A Saint-Pierre de Rome on peut suivre ce mouvement.

Les plus anciens monuments funéraires de la basilique papale appartiennent à la Renaissance; ainsi l'admirable tombeau de Sixte IV dont Pallajolo cisela le bronze. L'influence impérieuse de Michel-Ange paraît avoir inspiré Guillaume de la Porte lorsqu'il conçut le tombeau de Paul III mort en 1549. Le monument, enchâssé dans la muraille, porte sur le faite la statue assise du pape, bronze puissant et d'une tournure superbe.

La Justice et la Prudence, à demi étendues sur le sarcophage, étaient nues ou presque nues ; leurs formes héroïques, leurs contours opulents qui n'effarouchaient pas les hommes du seizième siècle, fussent-ils d'église, firent scandale par la suite. Une ridicule pruderie a fait envelopper ces téméraires déesses de draperies de fer blanc.

En pendant à ce mausolée et pour compléter symétriquement l'encadrement du grotesque et fastueux décor de bronze doré qu'on appelle la chaire de saint Pierre, le Bernin a dressé le monument d'Urbain VIII. Les mêmes dispositions générales sont répétées. Le pape représenté assis a pour compagnes la Justice et la Charité. Le ciseau, moins audacieux, a laissé à ces déesses de plus amples draperies, mais d'une transparence complaisante. Charité et Justice semblent les arrières-cousines des grasses et plantureuses flamandes que Rubens et son élève Jordaens se plaisaient tant à déshabiller. Il y a de la lourdeur et de la recherche. Entre Guillaume de la Porte et le Bernin un siècle s'est écoulé, et si les radieux triomphes de la chair qu'aimait tant la Renaissance ne sont plus en si grand honneur, si les scrupules timorés et hypocrites de la dévotion vont grandissant, le mauvais goût, l'amour du faste, de la pompe vont aussi grandissant tous les jours.

Le Bernin, architecte, sculpteur, apparaît au dix-septième siècle à Rome, comme le grand maître, la suprême lumière dans le monde des arts. Les papes le protègent et l'enrichissent, les rois le flattent et le désirent, Louis XIV songe à lui alors qu'il se résout à terminer le Louvre, il lui envoie une véritable ambassade comme à

un souverain. Le Bernin est environné d'élèves nombreux, tous pleins de sa pensée et qui s'en font les dociles collaborateurs. Le Bernin est un homme habile, inventif; il a du feu, de l'audace, de l'imagination, une facilité qui devient souvent banale, quelquefois de grandes idées et toujours des idées pompeuses. Parfois c'est un maître qui s'impose par une personnalité puissante; plus souvent c'est un improvisateur ingénieux qui rabâche mêmes choses ou compose d'amusantes variations sur des thèmes connus.

La colonnade de Saint-Pierre, magnifique encadrement du monument, expédient habile pour dissimuler les différences de niveaux du quartier environnant et le débouché irrégulier des rues, est une création d'architecte et de décorateur. Au contraire, la chaire de Saint-Pierre semble le rêve d'un tapissier en délire.

Le Bernin agite le marbre furieusement; papes, prélats, dieux, anges, saints, prophètes, rien de ce qui est sorti de ses mains, ne peut garder un peu de calme. Ce sont de véhémentes gesticulations. Une bourrasque perpétuelle remue, soulève les draperies et les fait ressembler à des nuages orageux.

La basilique de Saint-Pierre était, quant à sa masse, à peu près terminée, lorsque parut le Bernin. La décoration était inachevée; elle fut en très grande partie l'œuvre du nouveau-venu. Lui et ses élèves ont peuplé les niches, dressé le baldaquin, décor de bronze qui témoigne que l'énorme n'est pas toujours le grand, incrusté, ciselé les marbres, élevé quelques-uns des plus somptueux tombeaux.

Nous avons cité celui d'Urbain VIII; nous pouvons y

joindre celui de la comtesse Mathilde et celui de Christine de Suède. La comtesse Mathilde, qui vivait au onzième siècle, fut durant tout le cours de sa vie, la très fidèle amie des papes. Vivante, elle les protégea obstinément ; morte, elle les enrichit par un testament qui, du reste, fut l'origine des plus furieuses querelles. La papauté ne fut pas ingrate. Au cours du dix-septième siècle et par ordre d'Urbain VIII, les restes de la célèbre comtesse furent enlevés du monastère de San Benedetto, près Mantoue, où ils reposaient, et transférés à Saint-Pierre. Le Bernin dessina le monument et sculpta la statue de la princesse. Elle est représentée debout, coquettement drapée, et familièrement elle porte sous son bras la tiare papale et les clefs de saint Pierre. Deux enfants nus encadrent l'inscription.

Le monument de la reine Christine, étroit, disposé tout en hauteur comme le précédent (cette disposition était imposée par les proportions du pilier où l'un et l'autre tombeaux s'adossent), est l'œuvre de Fontana, mais imite un peu le tombeau de la comtesse Mathilde. Un bas-relief raconte sur le sarcophage la conversion de la reine. Des anges, ou plutôt des amours nus, tout mignons, se jouent avec le sceptre, l'épée et la couronne, piquante allégorie et qui semble faire allusion aux humaines faiblesses de Christine. Ces faiblesses cependant pouvaient avoir de tragiques dénouements ; le pauvre Monaldeschi en sut quelque chose. La reine apparaît de profil dans un grand médaillon.

Léon XI ne fut pape que vingt-sept jours, assez cependant pour recevoir par ambassadeur l'abjuration de Henri IV. Un bas-relief retrace ce mémorable événement.

On a fait percher Alexandre VII au-dessus d'une porte. Un grand squelette de bronze soulève la draperie de marbre qui enveloppe sa tombe. Cette invention ridicule et théâtrale rappelle aussitôt le Bernin.

Aux dernières années du dix-huitième siècle, Canova éleva le tombeau de Clément XIII. C'est une œuvre d'un goût nouveau, mais, s'il est possible, plus malheureux encore. Au moins les caprices du Bernin sont amusants, décoratifs, les écarts les plus étranges de sa riche imagination produisent quelquefois des effets inattendus. Canova est aussi prétentieux et plus froid.

Ce monument de Clément XIII présente une porte basse que deux lions très peu réels gardent symétriquement. Un génie est à droite, nu, efféminé. A gauche une grande femme se dresse, des rayons sur la tête ; elle s'est coiffée d'un soleil, une croix énorme dans la main, c'est la Religion. Il est difficile de l'incarner en une figure plus banale et plus maussade. Le pontife agenouillé prie sur son sarcophage. C'est le meilleur morceau de cette trop vaste composition.

Ainsi ce tombeau marque une mode nouvelle, un style pauvre, fastidieux, que Canova, Thorwaldsen après lui devaient suivre. Nous n'en parlerons pas davantage pour le moment, car il prit tout son développement, obtint toute sa faveur après la Révolution Française et dans les premières années du siècle présent.

En dépit de tous ces défauts qui sont plutôt ceux de l'époque, le Bernin, avons-nous dit, avait un grand talent, et c'est encore un artiste d'un ordre peu commun. Mais sur ses pas se traînèrent des imitateurs, des copistes qui exagérèrent encore ses bizarreries et son mauvais

goût sans y mettre la verve qui les faisait quelquefois pardonner.

La chapelle San Severo, à Naples, est un modèle heureusement inimitable de cette pitoyable décadence ; elle présente l'expression suprême des pompeuses extravagances où s'égara l'imagination des artistes italiens au dix-septième et plus encore, s'il est possible, au dix-huitième siècle.

San Severo n'est pas une chapelle publique, mais un oratoire privé dont la famille de Sangri s'est fait une sépulture commune.

Le seuil franchi, aussitôt deux anges nous présentent l'eau bénite, et d'un air si poli, si aimable, qu'en vérité un impie même ne saurait refuser. A droite, à gauche s'alignent sur deux files de somptueux tombeaux. Puis autour de l'autel, d'autres anges, demi-nus, le front caressé des boucles soyeuses de leurs cheveux, mignons, coquets, voluptueux, composent un groupe souriant. La tombe devient un boudoir.

Deux tombeaux encadrent l'autel. A gauche, Cecilia Gaetani, femme d'Antonio di Sangro, se dresse ; et cette statue est communément nommée la Pudeur. Pudeur étrange en vérité : la dame, il est vrai, est complètement et jusqu'au visage même, enveloppée d'un voile; mais ce voile a des complaisances très peu pudiques. Tout le corps est dessiné, accentué, précisé. On dirait que la noble Cecilia est tombée dans l'eau, qu'heureusement on l'a recueillie et que, ses vêtements mouillés encore et collant aux membres, elle est venue poser devant le sculpteur. Quel jeu ridicule ! Ce marbre est sans style, sans dessin, sans vérité. Ce n'est qu'un tour de force,

qu'un chef-d'œuvre d'adresse, l'amusement d'un virtuose du ciseau, non pas la création d'un sculpteur.

Même observation et même condamnation sont motivées par la statue de l'homme s'efforçant de se délivrer des filets du péché qui fait pendant. La première est l'œuvre de Corradini, la seconde l'œuvre du Guccirolo, disent les uns de Francesco Querioli, disent les autres; tout cela cependant ne mérite guère qu'on se dispute l'honneur de la paternité.

On appelle aussi la seconde statue le désenchantement; car des doutes subsistent sur le sens exact de ces rébus mystérieux.

Un homme nu est debout; un filet le tient prisonnier, il s'efforce de s'en dépouiller. Un ange ailé, la raison, dit-on, s'avance vers lui, vole, mais comme le marbre ne saurait rester suspendu en l'air, une disgracieuse draperie tombe jusqu'à la plinthe et fait l'office de support. Le moindre défaut de cette composition est l'obscurité. La sculpture n'aime pas les métaphores, et cette allégorie théologique, traduite en marbre, prête à rire.

L'habileté de main indiscrètement s'étale. L'artiste, ou pour mieux dire, le tailleur de marbre y cherche sa gloire. Il a taillé, fouillé, refouillé, très fier sans doute d'avoir imaginé de montrer dans le même bloc un homme et les mailles d'un filet découpées tout à jour. Quel triomphe! a-t-il pensé. Quelle niaiserie! dirons-nous. Un torse bien étudié (celui qui apparaît ici est mou et plat), une tête puissante et vraie éveillerait moins d'étonnement peut-être, mais plus d'admiration.

Le bizarre est du reste chose plus facile à réaliser que le beau.

La France, avons-nous dit, conseillée par un bon sens instinctif, évita ces suprêmes folies et les hontes de cette complète décadence. Le dix huitième siècle, en exagérant même les pompes et les afféteries du siècle précédent, enfanta encore chez nous des monuments funéraires qui méritent certaines critiques, mais aussi de réels éloges. Le premier monument que nous rencontrons au début du dix-huitième siècle, est simple d'aspect et d'une harmonie heureuse. L'église Saint-Roch à Paris le possède. Dubois y repose, Dubois qui fut archevêque de Cambrai comme Fénelon, cardinal, premier ministre et que le Régent, son compère et son élève, appelait familièrement un drôle. Le marbre l'immortalise. Il est représenté agenouillé, amplement enveloppé de sa robe de prélat. Il prie, souriant, un peu railleur; lui-même s'amuse des bons contes qui égaient sa confession. Il priera longtemps encore s'il doit expier tous ses péchés. Une pruderie ecclésiastique un peu tardive a fait disparaître l'inscription qui sans doute célébrait dignement les vertus que le défunt aurait pu avoir.

Un monument funéraire résume dans un ensemble très remarquable, les qualités et les défauts de l'art au dix-huitième siècle en France, c'est le tombeau du maréchal de Saxe à Strasbourg. Le maréchal mourut à Chambord et l'on peut s'étonner de le voir inhumé en Alsace, dans une ville à la quelle ni sa naissance, ni sa mort, ni un séjour prolongé, ni le souvenir de quelque action d'éclat, rien enfin ne le rattachait. Mais le maré-

Tombeau du maréchal de Saxe à Strasbourg.

chal était protestant et mourut protestant; l'Alsace, depuis la révocation de l'édit de Nantes, restait la seule province où le culte réformé fût toléré. C'était donc le seul lieu où pût reposer le maréchal, si l'on voulait qu'il reposât en terre française.

Pigalle, que ses camarades d'atelier appelaient : « la tête de bœuf, le mulet de la sculpture », car il manqua longtemps de facilité et n'arriva au talent, à la gloire que par un effort pénible et obstiné, Pigalle sculpta le tombeau de Maurice de Saxe. C'est son œuvre la plus considérable et l'une des plus considérables qu'ait entreprises le dix-huitième siècle.

En avant d'une pyramide qui s'adosse à la muraille du temple Saint-Thomas, un décor pompeux, et dont les marbres de couleurs variées relèvent encore la magnificence, réunit les objets les plns divers. A gauche un aigle blessé gît, les ailes fléchissantes, près d'un ours et d'un lion; cette ménagerie énigmatique rappelle sans doute les emblèmes héraldiques des nations vaincues. A droite un faisceau de drapeaux précise avec plus de clarté ies souvenirs de victoire. Un génie ou plutôt un amour pleure éteignant son flambeau. Pigalle ne laisse pas ignorer à la postérité que son héros cherchait les triomphes aimés de Vénus non moins que ceux chéris de Mars.

Une femme éplorée, échevelée, les vêtements en désordre, les seins à demi-nus, comme une belle dame qu'on aurait surprise dans le désordre de son petit lever, s'efforce d'arrêter la Mort, c'est la France qui fait ainsi parade d'un désespoir de théâtre. Mais la Mort, fantôme décharné qu'un long suaire enveloppe, n'écoute

rien, elle tient d'une main le sablier qui marque l'heure fatale et de l'autre main soulève le pesant couvercle du cercueil, tandis qu'appuyée sur sa massue, la Force, Hercule puissamment musclé, demi-nu, abaisse son front attristé. Mais Maurice est prêt ; il ne se fait pas attendre, il connaît la mort, l'ayant bravée cent fois, et ne saurait la craindre. Revêtu de son armure, décoré de ses ordres, le bâton de maréchal dans la main, la tête haute, calme, sereine, il descend d'un pas assuré les degrés qui conduisent à la tombe. C'est là le personnage principal qui motive et domine ce drame; il a de la grandeur. L'âme d'un vaillant anime ce marbre héroïque.

Le goût des compositions compliquées, théâtrales, des allégories sentimentales et dramatiques hante les meilleurs esprits. Lorsque mourut le Dauphin, fils de Louis XV, Diderot, fort expert aux choses de l'art et très aimé, très écouté au monde des artistes, fut consulté par Cochin sur les dispositions les meilleures que l'on pourrait donner au tombeau projeté. Voici en quels termes Diderot, dans sa prose brûlante, esquisse les monuments qu'il rêvait de voir exécuter :

« J'ouvre un caveau. La Maladie sort de ce caveau « dont elle soulève la pierre sur son épaule. Elle ordonne « au Prince de descendre. Le prince, debout sur le « bord du caveau, ne la regarde ni ne l'écoute. Il con- « sole sa femme qui veut le suivre. Il lui montre ses « enfants que la Sagesse, accroupie, lui présente. Cette « figure tient les deux plus jeunes entre ses bras. « L'aîné est derrière elle, le visage penché sur son « épaule. Derrière ce groupe, la France lève les bras

« vers les autels. Elle implore, elle espère encore. »

Autre projet, l'imagination de Diderot est prodigue d'idées :

« Voici ce que j'appelle mon monument, parce que « c'est un tableau du plus grand pathétique, et non « le leur, parce qu'ils n'ont pas le goût qu'il faut pour « le préférer.

« Au haut du mausolée je suppose un tombeau creux « ou cénotaphe, d'où l'on n'aperçoit guère d'en bas que le « sommet de la tête d'une grande figure couverte d'un « linceul, avec un grand bras tout nu, qui s'échappe « de dessous le linceul, et qui pend en dehors du céno- « taphe.

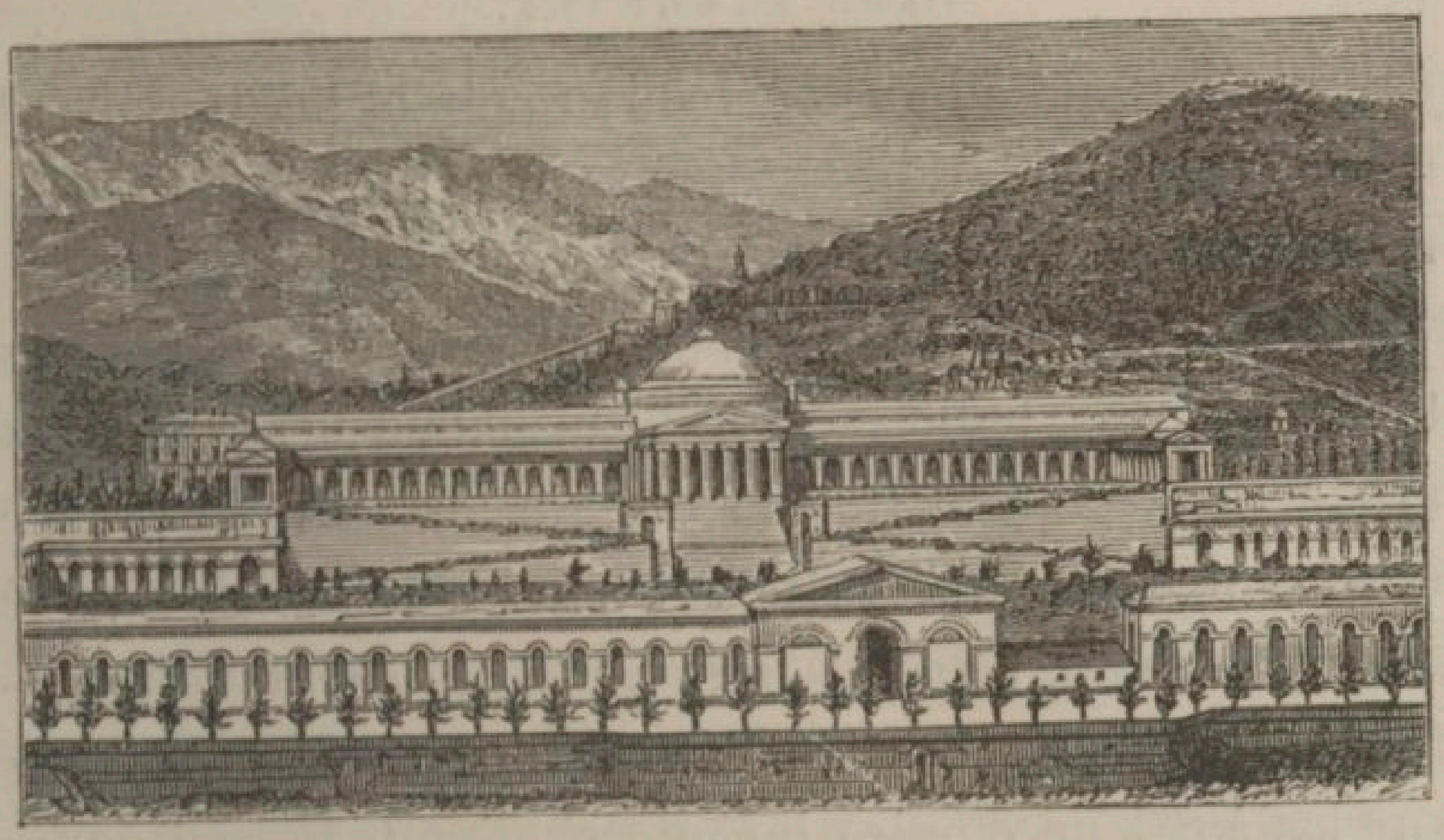
« L'épouse a déjà franchi les premiers degrés qui « conduisent au haut du cénotaphe, et elle est prête à « saisir ce bras. La Religion l'arrête, en lui montrant « le ciel du doigt. Un des enfants s'est saisi d'un des « pans de sa robe et pousse des cris. L'épouse, la tête « tournée vers le ciel, éplorée, ne sait si elle ira à son « époux qui lui tend les bras, ou si elle obéira à la « Religion qui lui parle, et cédera aux cris de son fils « qui la retient. »

Aucun de ces projets ne fut réalisé. Mais celui qu'exécuta Guillaume Coustou et qui décore la cathédrale de Sens, est une conception du même genre. On y voit deux urnes liées ensemble par une guirlande, l'Immortalité formant un faisceau des attributs qui symbolisent les vertus du prince mort, le génie des sciences et des arts, la Religion caractérisée par la croix qu'elle tient, enfin l'Amour conjugal éteignant son flambeau et regardant

tristement un enfant qui rompt une chaîne de fleurs, emblême de l'hymen.

C'est un madrigal taillé dans le marbre.

Tombeau de Clément XIII à Rome.



Campo Santo à Gênes.

CHAPITRE X

CHRISTIANISME

DIX-NEUVIÈME SIÈCLE

La Révolution éclate ; l'Europe, violemment remuée jusqu'en ses assises premières, va prendre une face nouvelle. La Révolution étend ses réformes et sur les vivants et sur les morts. Il n'est désormais qu'une loi pour ceux-là ; il ne sera pour ceux-ci qu'une enceinte commune. Plus de sanctuaires, de chapelles où quelques familles privilégiées usurpent comme une part des prières adressées à Dieu. Les traditions constamment obéies depuis douze siècles sont désertées ; les inhumations sont interdites à l'intérieur et même autour des

églises. Des cimetières où tous grands et petits doivent descendre, sont établis en dehors des villes (loi de prairial an XII).

L'esprit public, en France tout d'abord, puis dans toute l'Europe, subit une transformation profonde. Les aristocraties s'abaissent, les castes s'effacent ; la France nouvelle inscrit dans sa devise, entre les mots de liberté et de fraternité, celui d'égalité ; c'est le règne de la démocratie qui commence. La foi affaiblie ne garde puls sur les âmes un empire incontesté. Combien, au cours de leur vie, n'ont franchi que rarement et sans ferveur, le seuil de l'église ; aussi sont-ils peu jaloux d'y reposer après leur mort. La réforme radicale imposée aux sépultures est aisément acceptée. L'hygiène publique dont le moyen âge chrétien prenait peu souci, devient la préoccupation dominante.

La mort dans ses monuments présente un aspect tout nouveau. Au commencement du siècle règne ce qu'on a appelé le style empire, style lourd, prétentieux et qui affecte, mensongère prétention, de reprendre les traditions et d'imiter les formes antiques. Ce style le plus déplaisant qui fut jamais, immobilise dans la peinture les Romains et les Grecs de David, artiste éminent cependant, il compte aussi dans la sculpture deux artistes de grande renommée : le Danois Thorwaldsen et l'Italien Canova. C'est au premier qu'est dû dans la basilique de Saint-Pierre, le tombeau du pape Pie VII ; au second le tombeau de Clément XIII dont nous avons déjà parlé et la pyramide funéraire qui consacre, dans la même basilique, la mémoire des derniers Stuarts. Deux petits génies qu'on y voit sculptés, ont reçu de

courtes tuniques de fer blanc qui atténuent discrètement leur nudité. Ce monument date de 1819.

Canova qui avait illustré tant de hauts personnages ne voulut pas s'oublier dans son panthéon de marbre. Lui-même prépara les dessins de son tombeau que ses élèves exécutèrent après sa mort. Ce tombeau est à Venise dans l'église des *Frari*, il avoisine celui d'un autre artiste Vénitien aussi fameux et plus grand, le peintre Titien. Ici encore c'est une pyramide adossée à la muraille ; on n'en voit qu'une face. Une porte est béante, le médaillon de Canova la surmonte et deux anges le soutiennent. Vers cette porte toute pleine de ténèbres et qui dans la pensée de l'artiste mène au gouffre du grand inconnu, un cortège funèbre s'avance. Une femme voilée ouvre la marche ; elle porte dans ses mains l'urne que l'on suppose contenir les cendres du défunt ; puis vient un génie qui porte un flambeau, puis viennent deux femmes qui portent des guirlandes, puis encore deux génies qui portent des flambeaux. Que de flambeaux, que de génies ! aussi nombreux que les officiers légendaires à l'enterrement de Marlborough. Ce n'est pas tout cependant. Cette procession se déploie sur la droite ; sur la gauche est couché le lion ailé de Venise, il pleure. Auprès de lui s'asseoit un génie plus grand que les autres. Il est nu, et porte lui aussi l'inévitable flambeau. Il incline la tête, fleur nonchalante ; on dirait le bel Endymion attendant pour s'éveiller le baiser mystérieux de Diane. C'est bien là un de ces éphèbes de sexe incertain et de fadeur certaine dont le ciseau de Canova se plaisait à caresser les membres sveltes mais sans vigueur, les formes molles et la che-

velure coquettement bouclée. Sans doute l'exécution est remarquable ; les draperies, dont s'enveloppent les femmes, sont fines et souples encore qu'un peu banales, sans doute une certaine grâce aimable tempère cette afféterie, il y a de l'élégance, mais c'est cette élégance monotone, traînante, sans éclair, sans élévation, toute de commande, dirait-on, qui s'étale le plus souvent dans la sculpture comme dans la littérature de cette époque. Ce tombeau de Canova est aussi ennuyeux qu'une harangue de Fontanes. Rien de plus froid que le désespoir de tous ces marbres éplorés.

Plus simple, mais beaucoup plus remarquable est le monument que vers le même temps un artiste allemand, Rauch, élève de Thorwaldsen, sculptait à Rome. Nous voulons parler du monument de la reine Louise de Prusse, celle même qui, après Iéna, osa affronter le redoutable tête-à-tête du vainqueur et mourut, dit-on, de la douleur des désastres subis.

Le tombeau eut ses traverses et ses disgrâces comme la princesse qu'il devait contenir. Embarqué dans un port italien sur un navire portant pavillon anglais, il est saisi par un corsaire américain ; l'Angleterre et l'Amérique étaient alors en lutte. Le tombeau fait route pour les États-Unis, dont peut-être il ne serait jamais revenu. Mais un second navire anglais est rencontré ; le corsaire doit lâcher sa proie, et le tombeau, d'abord conduit en Angleterre, est enfin restitué à la Prusse.

Ce tombeau, érigé en 1815, est à Charlottenbourg, près de Berlin. Sur un lit de repos, que des aigles décorent, la reine est étendue, les mains croisées et sommeillant. Chastement le corps revêt d'amples dra-

peries ; et le visage de cette reine, qui fut bonne autant que belle, s'éclaire d'une douce sérénité.

Ces tombeaux signalés par nous sont placés dans des chapelles royales, des églises ou des basiliques. Nous avons dit cependant que, d'après les lois nouvelles, les sépultures devaient être rigoureusement exclues de l'enceinte des villes. Mais la règle a souvent fléchi, alors surtout qu'il s'agissait des grands de la terre. Les archevêques de Paris sont inhumés dans leur basilique. Les princes d'Orléans ont fait élever près de Dreux, au milieu des ruines d'un château qu'un parc riant égaie de ses ombrages, une chapelle où tous sont appelés à descendre. C'est un édifice d'un style incertain ; le gothique y fleurit, mais un gothique aimable, coquet, un gothique de romance et le dôme qui s'élève au centre, conception très peu gothique, semble avoir après coup, ceint son diadème de fleurons et de pinacles. Les vitraux sont renommés ; Ingres, Devéria, Larivière, d'autres encore en ont fourni les cartons ; la manufacture de Sèvres les a exécutés. Quelques-uns, faits d'une seule glace, véritables chefs-d'œuvre d'audace, déploient de vastes compositions où toute une population de figurines s'agite. Les tombeaux ne sont rien que des sarcophages de pierre dispersés dans les chapelles et derrière le chœur. Pour placer la duchesse d'Orléans auprès de son mari, il a fallu percer la muraille et construire un petit réduit où elle repose séparée seulement du prince par les trèfles d'une clôture gothique. En effet, la princesse protestante n'a pu pénétrer librement dans un temple catholique.

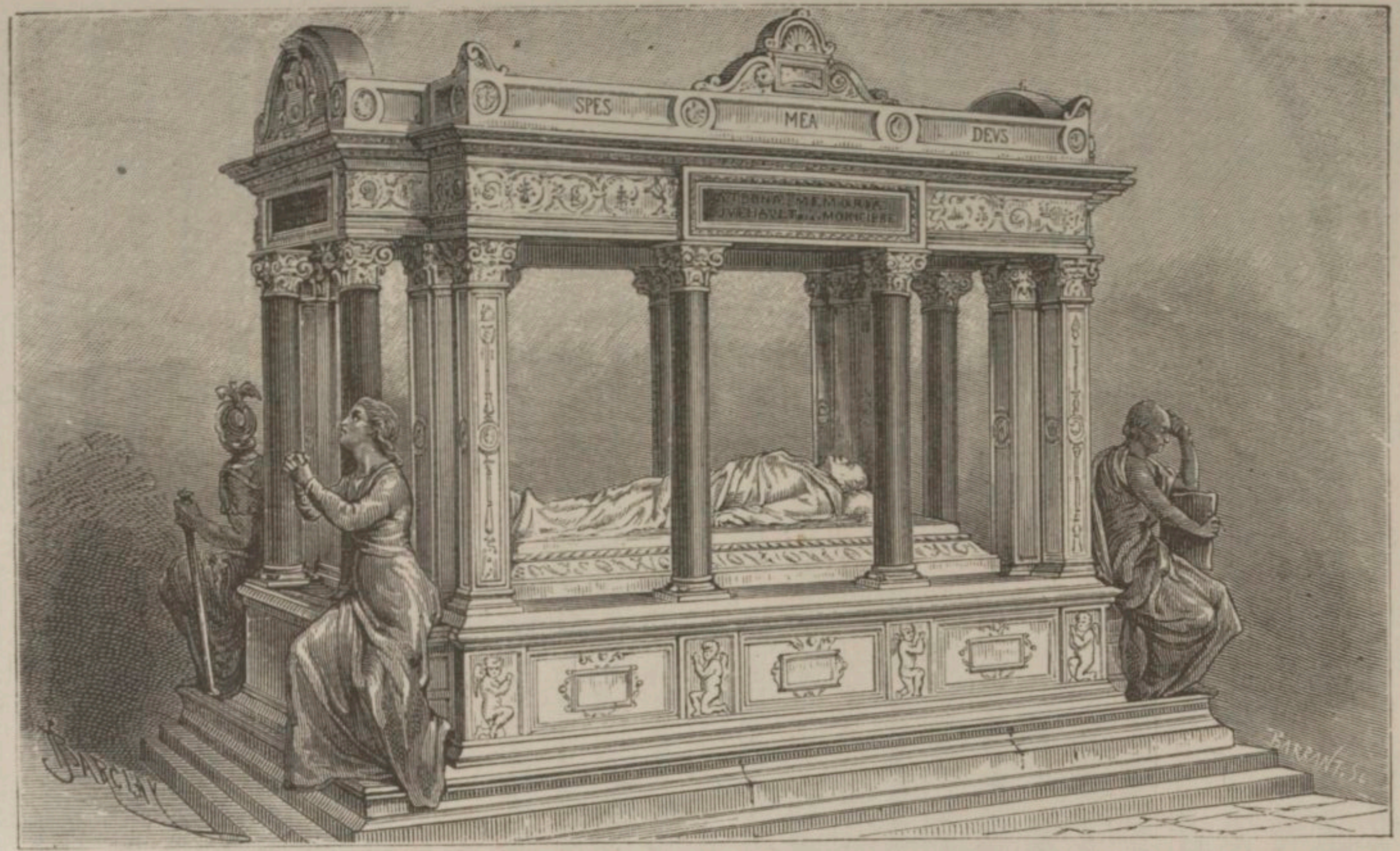
Quelques sarcophages portent des statues couchées ;

celui du duc d'Orléans, celui aussi de la princesse Adélaïde, sœur du roi Louis-Philippe.

On peut citer encore comme chapelle funéraire royale la chapelle du Saint-Suaire, à Turin, attenant tout à la fois au palais et à la cathédrale. C'est une construction du dix-septième siècle, d'un goût bizarre. Le marbre noir forme les murs et se découpe dans la coupole en arceaux très compliqués. Le roi Charles-Albert a dressé là des monuments à quelques-uns des plus illustres entre ses aïeux. Les statues blanches s'enlèvent sur leur sombre encadrement, comme des fantômes dans les ténèbres.

On connaît le fastueux tombeau de Napoléon aux Invalides, et la crypte circulaire béante sous le dôme, et le grand sarcophage de porphyre finlandais qui renferme le corps. Sur le sol, une étoile de mosaïque rayonne, et chaque rayon porte un nom de victoire. Les drapeaux déchirés qui rappellent les assauts furieux et les mêlées sanglantes, se dressent en faisceaux. Puis les renommées géantes que Pradier a sculptées dans le marbre, limitent l'enceinte sacrée. Cariatides austères, elles attendent, semble-t-il, le réveil du héros pour sonner encore ses triomphes et sa gloire. Derrière le baldaquin se dérobe l'entrée de la crypte; et deux colosses de bronze sont là debout, la force civile et la force militaire. Deux tombeaux uniformes portent les noms de Bertrand et de Duroc; les deux soldats fidèles dorment auprès de leur empereur, le chien dort ainsi près de son maître.

Un tombeau plus récemment achevé renferme dans la cathédrale de Nantes le corps du général de La Mori-



Tombeau du général de La Moricière à Nantes.

cière : la même enceinte réunira ainsi le dernier prince qui fut duc de Bretagne et le dernier général qui commanda une armée pontificale. Ce tombeau, œuvre commune d'un architecte, M. Boite, et d'un sculpteur, M. Paul Dubois, répète avec une heureuse élégance les formes chères à la Renaissance. Les quatre figures qui occupent les angles, la Foi, la Charité, la Méditation, vertu étrangement choisie et qu'on s'attend peu à trouver au monument d'un homme qui fut colonel de zouaves, le Courage enfin, sont justement populaires ; cette dernière figure surtout, bien qu'elle accuse une parenté trop prochaine avec le penseur de Michel-Ange.

Après ces monuments que l'on peut dire hors du droit commun, puisqu'ils occupent dans les églises une place aujourd'hui légalement interdite, nous dirons quelques mots des cimetières. Il n'en est pas qui soit plus fameux que le cimetière du Père-Lachaise, créé aux premières années de ce siècle, et déjà encombré de tombes illustres par le nom qu'elles portent ou le luxe qu'elles étalent.

Là, si ce n'est dans les monuments que vendent tout faits par douzaines les marbriers, plus de types consacrés, plus de style commun. L'éclectisme règne ; l'éclectisme, c'est-à-dire un mélange de tous les styles, de toutes les traditions, de toutes les fantaisies. L'absence de caractère personnel est le caractère essentiel de notre architecture le plus souvent. Et ces types imités des créations d'une autre civilisation et d'un autre âge, font parfois violent contraste avec le rôle qu'a joué l'homme enfermé dans la tombe. La raison accepte un

obélisque dressé sur la tombe de Champollion qui pénétra les mystères de l'histoire des Pharaons ; un obélisque est encore bien placé sur les restes de l'ingénieur Lebas qui dressa sur notre place de la Concorde un monolithe égyptien ; mais pourquoi le duc de Morny, personnage très moderne, s'enferme-t-il dans une chapelle gothique ? Pourquoi, sur le très classique sarcophage où nous lisions à Rome le nom de Scipion, lisons-nous ici le nom du très romantique Delacroix ?

Beaucoup de ces monuments cependant sont très remarquables. Nous ne saurions en citer que quelques-uns. Celui du général Foy ; sous un édicule dorique, le général, demi nu, héroïquement idéalisé par David d'Angers, commence un grand geste oratoire ; celui de Garnier-Pagès, une tribune vide ; celui du général Gouvion Saint-Cyr, un exèdre dont une statue marque le centre ; celui de Casimir Périer, qui trône au milieu d'un carrefour ; celui du sculpteur Duret ; celui très original, très beau, œuvre de l'architecte Coquart, qui sous une haute stèle de granit, confond les deux généraux Lecomte et Clément Thomas. Et que de noms nous pourrions énumérer qui sont la suprême splendeur d'une tombe : Dupuytren, Thiers, Scribe, Auber, Alfred de Musset, Visconti, le père Enfantin, Cherubini, Chopin, Barye, Pradier, Kellermann, Arago, Rachel...., acteurs, médecins, artistes, hommes de guerre, hommes de plume, hommes de foi, panthéon où tant de héros confondus n'ont de commun que la gloire.

Les tombes les plus belles ne sont pas toujours les plus visitées. La foule oublie les tombeaux de Molière et de La Fontaine, transportés là du cimetière Saint-Joseph

au lendemain de la Révolution, mais elle visite obstinément le très laid et très prétentieux monument où l'on voit, dans un groupe de marbre, un guerillero espagnol frapper d'un coup de tromblon le très peu illustre général Gobert; mais elle afflue au très peu authentique tombeau d'Héloïse et d'Abélard, au tombeau de Raspail, prison de pierre qu'un fantôme de marbre enveloppe lugubrement de ses lourdes draperies; mais elle connaît, au cimetière Montparnasse, la tombe des sergents de La Rochelle.

Le cimetière du Père-Lachaise n'enferme pas seulement de magnifiques monuments, mais aussi des sites pittoresques, des tableaux d'une sereine et douce poésie. L'abandon ajoute à la tristesse, mais aussi au charme austère des tombeaux. Au fond de quelques massifs, le cimetière prend l'aspect d'une antique nécropole. La mousse ronge les dalles, les orties les couvrent à demi, un sentier fuit rocailleux et raviné par les pluies, les cyprès jaillissent noirs et leurs racines soulevées font incliner les stèles, chanceler les croix. Quelques bouquets fanés pendent encore aux grilles que la rouille dévore, et les couronnes traînent dans les feuilles mortes. Cependant on lit sur les marbres renversés : concession à perpétuité ; et parfois, dans une échappée subite, apparaît au loin l'immense Paris vivant.

Le cimetière Montmartre et le cimetière Montparnasse ont aussi leurs très remarquables monuments, celui-là la couche funèbre qui fait la tombe d'Horace Vernet, les monuments de Théophile Gauthier, de Gozlan, de Clapisson, de Troyon, celui où Godefroy Cavaignac, le frère du général, cadavre de bronze que Rude mo-

dela, dort étendu dans son suaire, celui où Baudin montre sa tête trouée d'une balle, celui où un autre fusillé, le journaliste Chaudey, apparaît dans un médaillon de bronze, celui du ténor Nourrit, celui, au faîte du cimetière israélite, où se dresse Halévy.

Le cimetière Montparnasse, moins varié d'aspect (car il est établi, au contraire des deux autres, sur un terrain plat), moins riche en hôtes fameux, réunit cependant le général Petit que le dernier baiser de Napoléon à Fontainebleau immortalise mieux que ses campagnes, le médecin Lisfranc que détestait Dupuytren, les deux historiens Augustin et Amédée Thierry, l'archéologue Quatremère de Quincy, le peintre Gérard, le sculpteur Rude, le grand navigateur Dumont d'Urville qui trouva sur le chemin de fer de Versailles le terme de ses voyages et de sa vie, l'architecte Duban. Une stèle élégante, et qui témoigne du goût parfait de l'architecte, M. Duc, surmonte la tombe de Duban et porte son médaillon.

La dernière guerre a fait élever, en divers lieux des campagnes de France et notamment autour de Paris, des monuments qui, s'ils ne renferment pas tous des dépouilles humaines, consacrent tous de funèbres souvenirs. A Coulmiers, un haut tumulus qu'une croix surmonte, rappelle l'un des très rares combats où la fortune nous ait été favorable. Au plateau de Châtillon, à Buzenval, au Bourget, à Bagneux, à Champigny, des stèles, des obélisques, marquent comme les étapes sanglantes de l'armée de Paris.

Il faut citer encore à l'École des beaux-arts le très élégant monument de MM. Coquart et Pascal, où la Jeunesse, marbre du sculpteur M. Chapu, présente au

buste de Régnault le rameau d'or que méritèrent si bien sa vaillance et son dévouement.

Nous avons dit, et sans plainte, qu'en certaines parties nos cimetières parisiens présentaient le spectacle de l'abandon. Les herbes folles, les feuilles tombées, deuil de l'année qui n'est plus, accompagnent heureusement la majesté de la tombe et le silence de la mort; mais c'est chose pénible de voir cet abandon s'étendre jusqu'aux tombes qu'un nom fameux ou respecté consacre. Sans doute l'entretien d'une sépulture est un devoir de famille ; mais la famille s'éteint, se disperse ; dans notre âge de démocratie les familles ne restent pas constituées au delà de quelques très peu nombreuses générations. La Cité, l'État ne devraient-ils pas se substituer à la famille disparue ou négligente ? La Cité, l'État ne sont-ils pas les obligés des hommes qui se sont signalés par leurs services publics, leurs talents, leur génie ? La dépense serait faible ; la mort n'a que de très modestes exigences, et nous ne demandons pour elle que l'aumône d'un souvenir, le tribut de quelques fleurs. Si ceux-là qui n'ont été dans la vie que des hommes, non sans vertus peut-être, mais du moins sans renommée, trouvent dans la tombe l'oubli lorsque ne sont plus ni parents ni amis, c'est une fatalité contre laquelle on ne saurait s'élever. Mais que le poète, le capitaine,l'artiste, l'homme d'État subisse dans sa tombe l'injure de la poussière effaçant son nom et des broussailles librement victorieuses, alors que l'écho n'est pas encore las de répéter sa gloire, ce n'est ni juste, ni digne, et la patrie qui n'oublie pas l'homme ne devrait pas oublier la tombe.

Les catacombes de Paris ont une réputation assez peu méritée. Ce ne sont rien que des carrières abandonnées. On en a fait un vaste ossuaire, où depuis le commencement du siècle vont s'accumuler les débris humains repris tous les cinq ans aux fosses communes des cimetières. Dans ce dédale de galeries étroites et uniformes rien ne présente un intérêt bien particulier.

Nos cimetières modernes, et c'est là leur défaut commun, manquent d'ensemble et d'harmonie. A peine pourrait-on citer en France un cimetière, celui de Montfort-l'Amaury aux environs de Paris, qui présente un effet architectural, une conception d'ensemble. Encore ce cimetière a-t-il emprunté un encadrement plus ancien. Il occupe le préau d'un cloître; et les galeries voûtées où la fantaisie lugubre de l'artiste a sculpté des crânes grimaçants, déploient des perspectives d'une austère majesté. Partout ailleurs l'édilité, créant un cimetière, a clos de hautes murailles un terrain quelconque, ménagé quelques carrefours, tracé quelques allées, et cela fait, a abandonné le terrain au libre envahissement des sépultures. Aussi voit-on, et le contraste n'est pas toujours heureux, auprès de quelque monument où s'affirment le goût et le talent d'un architecte éminent, se dresser quelque chapelle banale, quelque stèle achetée toute faite à l'étalage d'un marbrier.

L'Italie, au moins dans quelques-unes de ses cités les plus fameuses, n'a pas voulu qu'il en fût ainsi. A Turin, à Milan, à Gênes, à Brescia, à Bologne, à Naples, les cimetières ont été construits sur un plan laborieusement préparé, splendidement exécuté. Le *campo santo* de Gênes, l'un des plus remarquables et tout récem-

ment terminé, présente une colonnade alignée au frontispice, un majestueux développement de portiques et de terrasses qui s'étagent ; les grandes montagnes qu'escaladent les oliviers lui composent un cadre magnifique. A Bologne le *campo santo* est en plaine ; ses portiques fastueux n'acceptent que des tombes décorées avec éclat. La gloire, la richesse, la vanité y ont seules droit de cité ; un pré est réservé aux plus humbles sépultures. Sans doute c'est là un partage peu démocratique ; mais du moins le cimetière devient ainsi un monument qui a de l'unité dans sa splendeur.

Le nouveau *campo sancto* de Naples mérite aussi un souvenir. Une belle route que des platanes ombragent, y conduit, laissant sur la gauche la montagne où perche le palais de Capo di monte. Cette route décrit de longs lacets, jalouse, semble-t-il, de ménager au passant la joie de contempler longuement le brillant tableau étalé devant lui. Chaque pas en avant agrandit l'horizon. On découvre la ville énorme avec ses palais rouges et ses terrasses blanches, le golfe rayonnant, les campagnes, les collines vertes, et plus près les figuiers trapus, les oliviers poudreux et les agavés renversant aux talus de la route leurs longues feuilles bleuâtres. Si les morts pouvaient les voir, combien ces magnificences radieuses leur feraient regretter la vie !

Nous franchissons le seuil. Devant nous se dresse un groupe de marbre : la Foi, colossale figure que quatre anges accompagnent. Des portiques se déploient tou alentour, et derrière leurs colonnes aux austères chapiteaux doriques, s'alignent symétriquement les portes

des sanctuaires que se réservent les principales familles de Naples.

En arrière de cette enceinte un large perron descend aux parties basses du cimetière. Sur ses marches on s'arrête : car la vue est merveilleuse. Tout à l'heure le regard restait emprisonné en des limites étroites; maintenant il se promène librement sur un espace immense. C'est un coup de théâtre inattendu. A droite, à gauche s'alignent en une grandiose avenue de somptueux tombeaux. Les bustes apparaissent sur leurs socles de marbre, les statues se dressent, majestueuse assemblée. Plus loin les rosiers en buisson jettent au vent leurs pétales et leur parfum. Puis les tombeaux se pressent, obélisques, colonnes, temples, chapelles, plus nombreux que les maisons d'une ville. Celui de Fiorentino occupe un espace libre. Plus loin le ciel brille, la mer sourit, et le Vésuve étale sa croupe puissante; un peu de fumée blanche flotte à sa cime comme un panache au casque d'un chevalier.

Les cimetières espagnols modernes offrent le plus souvent une particularité remarquable. Ils présentent des portiques fermés de hautes murailles. Ces murailles étagent des cases où les cercueils sont placés. On les enfourne, peut-on dire ; puis une petite plaque de pierre ou de marbre est scellée, cachant l'ouverture. On y grave l'inscription. Les morts ne sont pas enterrés, mais murés.

Nous avons dit que la loi prescrivant l'établissement des cimetières en dehors des villes était un retour aux usages constants de l'antiquité païenne. Aujourd'hui on parle vaguement de rétablir un usage non moins païen;

la crémation a ses partisans. Déjà dans quelques villes d'Allemagne et d'Italie on a construit des édifices où les cadavres, au moyen de fours, sont réduits en cendres. C'est surtout à Milan que la crémation semble réunir les partisans les plus nombreux et les plus actifs. On achève en ce moment même un monument crématoire conçu d'après les plans les plus ingénieux, et la clientèle, espère-t-on, ne lui manquera pas. Les corps, introduits dans le four au moyen d'un petit chariot, seront rapidement consumés par la seule action du gaz enflammé. On pourra ainsi recueillir des cendres exclusivement humaines ; et l'on évitera l'inconvénient auquel l'antiquité ne sut pas remédier, de confondre dans une lamentable promiscuité les cendres d'un héros et celles d'un fagot. Nous ne croyons pas cependant que cette réforme se généralise. Elle serait un grave obstacle à la recherche des crimes possibles ; de plus les idées catholiques y sont nettement hostiles. Nous ferons toutefois observer à ce sujet qu'au sein du catholicisme, sous son patronage, dans l'enceinte même d'un couvent de capucins, près de Palerme, on pratique un usage qui est un compromis entre l'inhumation et la crémation. Les cadavres ne sont pas consumés par le feu, mais desséchés, momifiés.

Les bâtiments grossiers que groupe, à quelques pas de la route de Monreale, le couvent des capucins de Palerme, n'ont aucun intérêt. L'étrange cimetière qui les accompagne en a seul fait la célébrité. Là, depuis deux siècles environ, les familles riches de Palerme ont envoyé leurs morts. Des galeries se développent, voûtées et se croisant comme les rues d'une ville. Les

morts font la haie, sinistre compagnie, cohue hideuse. Jamais l'imagination malade ne s'épouvanta d'un semblable cauchemar; Holbein aurait trouvé là de dignes danseurs pour sa danse macabre. Des niches se superposent sur deux rangs; les cadavres sont leurs statues. Pauvres cadavres qui font pitié! On les a cuits, on les a dressés, on les a habillés, les uns seulement d'un linceul, les autres des vêtements dont vivants peut-être ils s'enorgueillissaient. La mort se met en mascarade. Mais ces corps seraient tombés, car ils trébuchent, ils penchent; on les a ficelés, sanglés, cloués, attachés à la muraille. Il faut bien qu'ils amusent le passant de leurs laides grimaces. Quelques-uns cependant ont rompu leurs entraves, déchiré, celui-là sa robe poudreuse, cet autre son suaire; et les têtes échevelées fléchissent, et les bras décharnés se tendent lamentables dans le vide. On dirait que ces ruines humaines aspirent au suprême refuge de la terre qu'on leur refuse et qui devrait les cacher. Combien leur pèse cette honteuse parodie qu'on les condamne à jouer, et cette ombre de vie qu'elles ne peuvent dépouiller! Voici quelque magistrat qui garde sur sa poitrine vide un jabot de dentelle; voilà un enfant jauni et racorni, et plus loin une jeune fille étendue dans ses habits de fiancée. La tête noire et sèche porte une blanche couronne, lugubre ironie; un bouquet de fleurs d'oranger repose sur le sein affreusement aplati, et de tout petits souliers de satin sont trop grands encore pour contenir ce qui reste des pieds. Quelques coffres richement décorés s'alignent au long de la muraille; des cadavres y sont enfermés, ceux-ci plus heureux: car on leur épar-

gne l'injure d'une sacrilège curiosité. Le jour pénètre librement par de larges soupiraux dans ces retraites funèbres ; on rencontre cependant des passages où l'ombre les enveloppe à demi. Le mystère s'accroît, et s'accroît aussi l'épouvante. Des chats, des rats hantent ces tristes lieux et, faisant rouler les cranes tombés, agitant les guenilles traînantes, ils précipitent leurs courses folles à travers les galeries.

Nous avons dit qu'à la Révolution Française est due la réforme qui éloigna les sépultures hors de l'enceinte des villes, et nous ne contesterons pas la sagesse de cette mesure. Mais au moins en France, la Révolution, en rompant violemment avec les traditions antérieures, n'a-t-elle pas quelquefois dépassé le but? S'il était urgent d'établir des nécropoles nouvelles, fallait-il partout détruire les nécropoles anciennes ? Quand certaine nécessité publique n'en faisait pas une loi, pourquoi avoir dispersé les cendres des générations passées? Pourquoi tant de tombes profanées ? Et n'est-ce pas une chose triste à avouer que, parmi les monuments funéraires de la France antérieurs à la Révolution, presque tous sont vides des restes qu'ils contenaient ?

Les nations qui nous entourent, l'Italie, l'Angleterre surtout, n'ont pas montré cet esprit de colère et de proscription. Sans doute, à notre exemple, elles ont exilé leurs cimetières à quelque distance des lieux habités; mais pieusement, elles ont conservé les sanctuaires où leurs grands hommes reposent. Bien plus, faisant fléchir la loi en faveur de quelques personnalités spécialement révérées, elles ajoutent quelquefois des tombes aux tombes, des souvenirs aux souvenirs que

les siècles ont amoncelés. Ainsi le *campo santo* à Pise, ainsi Santa Crocce à Florence, ainsi S. Giovanni el Paolo à Venise, ainsi Westminster à Londres, continuent la tradition nationale, et leurs portes s'ouvrent dociles et respectueuses aux morts dont la patrie conduit le deuil.

Westminster ! Quel admirable monument ! Beau des mémoires qu'il consacre plus encore que des magnificences architecturales qu'il réunit. Que de renommées encombrent cette enceinte ! Le marbre et le bronze y racontent l'histoire d'Angleterre.

Combien c'est chose saisissante, vénérable qu'un édifice que la nation fait sien, qu'elle honore, qu'elle chérit à travers les siècles, qu'elle embellit sans cesse, à qui elle confie toutes ses gloires, toutes ses pensées ! Les pierres vivent, semble-t-il, car l'âme de la patrie les a pénétrées. La France n'a rien de semblable. Son Panthéon porte sur le fronton une menteuse inscription : « Aux grands hommes la patrie reconnaissante. » La patrie n'a jamais su y assurer le repos à ses grands hommes. Notre Panthéon n'est qu'une hôtellerie. Mirabeau y a passé, il n'y est plus ; Voltaire, Rousseau y sont venus : la réaction de 1815, haineuse aux idées philosophiques, les en a, dit-on, bannis ; Marat, ô honte ! y a fait séjour quelque temps. On citerait vingt décrets de la Convention décernant les honneurs du Panthéon, et pas un seul de ces décrets n'a été suivi d'exécution. Le Panthéon est comme un livre magnifiquement relié, mais qui ne contient que des pages blanches.

Saint-Denis n'est plus rien qu'un cénotaphe. La Révo-

lution a brisé les marbres, dispersé les débris des rois; on a pu réparer les monuments, mais non pas recueillir les souvenirs perdus, l'âme de la vieille France s'en est pour jamais envolée. Notre histoire est ainsi, dans les monuments, pleine de lacunes; nos annales ont été violemment déchirées.

Saint-Denis était en France la sépulture des rois; Westminster est aussi en Angleterre la sépulture des rois. Mais la royauté anglaise, et ce trait marque quel esprit libéral l'animait ou du moins l'influençait, fit place auprès d'elle à tout ce que l'Angleterre avait enfanté de grand. Poètes, ministres, généraux, marins, tous les vaillants serviteurs de la patrie, ont obtenu l'hospitalité de Westminster. Palmerston, Livingstone naguère encore y venaient glorieusement; car l'aristocratique Angleterre consacre avec les mêmes honneurs la mémoire de quiconque et en quelque lieu que ce soit, a bien mérité d'elle. Notre royauté française, tout au contraire, s'appliqua à s'isoler de la nation: elle se fit de Saint-Denis un sanctuaire privilégié. A peine y accepta-t-elle les dépouilles de deux hommes qui n'étaient pas de sang royal: Du Guesclin et Turenne. Aux jours des colères et des folies de la Révolution, si le peuple eût trouvé dans la vieille basilique Sully auprès de Henri IV, Molière, Corneille, Racine auprès de Louis XIV, Voltaire auprès de Louis XV, peut-être aurait-il hésité à profaner, non pas seulement les rois dans leur passé, mais la patrie elle-même et toutes ses grandeurs. Les rois s'étaient crus assez défendus par leur seule majesté; mais le jour où cette majesté fut méconnue, il ne restait rien qui pût les sauver.

Puisse la France accepter à l'avenir son histoire, et ne plus imposer au passé des vengeances posthumes et vaines ! Si ce que le passé nous montre ou nous transmet est le bien, il faut l'honorer ; si c'est le mal, il faut s'instruire et pardonner.

Tombeau des généraux Lecomte et Clément Thomas
au cimetière du Père-Lachaise.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
IMPRIMÉS.

TABLE DES GRAVURES

Hypogées de Beni-Assan 1
Pyramides de Chéops 13
Thèbes, vallée des tombes royales. 37
Tombeau Lycien à Makry. 39
Tombeaux de la vallée de Josaphat 61
Sarcophage d'Eschmounazar, roi de Sidon. 64
Tombeau dit de Théron à Agrigente. 65
Intérieur d'un tombeau Étrusque. 67
Athènes, stèles funéraires 89
Voie Appienne (Rome) 91
Voie des Tombeaux à Pompéi. 119
Dolmen près de Saumur. 126
Tombeau de Théodoric à Ravenne 127
Galerie des Catacombes à Rome. 131
Tombeau de Galla Placidia, à Ravenne 158
Tombeaux des Califes au Caire. 159
Le Tadji Mahal d'Agra. 177
Cimetière Turc à Constantinople 181
Campo Santo à Pise. 183
Tombeau de Scala Can Signorio à Vérone 209
Tombeau de Jean sans Peur à Dijon. 217
Tombean de Philibert le Beau à Brou 219

Tombeau de Laurent II de Médicis, à Florence. 250
Tombeau de Henri II à Saint-Denis. 256
Tombeau de Richelieu à la Sorbonne 257
Tombeau du maréchal de Saxe à Strasbourg, ... 273
Tombeau de Clément XIII à Rome. 278
Campo Santo à Gênes 279
Tombeau du général La Moricière à Nantes, ... 285
Tombeau des généraux Lecomte et Clément Thomas au cimetière du Père-Lachaise. 300

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS

TABLE DES MATIÈRES

CHAP. Ier. — PAGANISME. — Égypte. 1

— II. — PAGANISME. — Lydie, Lycie, Perse, Phénicif, Judée 39

— III. — PAGANISME. — Étrurie et Grèce. 65

— IV. — PAGANISME. — Gaule et Rome. 91

— V. — CHRISTIANISME. — Les premiers tombeaug chrétiens. 127

— VI. — ISLAMISME. — Le Caire, Brousse, Constantinople. — Inde. 159

— VII. — CHRISTIANISME. — Moyen âge. 183

— VIII. — CHRISTIANISME. — Renaissance 219

— IX. — CHRISTIANISME. — Dix-septième et dix-huitième siècles. 257

— X. — CHRISTIANISME. — Dix-neuvième siècle. 279

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS R.F.

24246. — Typographie A. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

PUBLIC LIBRARY,
FITCHBURG, MASS.

LÉON PILLAUT

INSTRUMENTS

ET

MUSICIENS

AVEC UNE PRÉFACE

PAR

ALPHONSE DAUDET

PARIS

G. CHARPENTIER, ÉDITEUR

13, RUE DE GRENELLE-SAINT-GERMAIN, 13

1880

Tous droits réservés

PUBLIC LIBRARY,
FITCHBURG, MASS.

PUBLIC LIBRARY,
FITCHBURG, MASS.

PRÉFACE

A cette époque, je n'avais pas encore de rhumatismes, et six mois de l'année je travaillais dans mon bateau. C'était à dix lieues en amont de Paris, sur un joli coin de Seine, une Seine de province, champêtre et neuve, envahie de roseaux, d'iris, de nénufars, charriant de ces paquets d'herbage, de racines où les bergeronnettes fatiguées de voler s'abandonnent au fil de l'eau. Sur les pentes de chaque rive, des blés, des carrés de vigne; çà et là quelques îles vertes, *l'île des Paveurs*, *l'île des Moineaux*, une autre toute petite, sans nom, vrai bouquet de ronces et de branches folles, dont j'avais fait mon escale de prédilection. Je poussais ma yole entre les roseaux, et lorsque avait cessé le bruissement soyeux des longues cannes, mon mur bien refermé sur moi, un petit port aux eaux claires, arrondi dans l'ombre d'un vieux saule, me servait de

cabinet de travail, avec deux avirons en croix pour pupitre. J'aimais cette odeur de rivière, ce frôlement des insectes dans les roseaux, le murmure des longues feuilles qui frissonnent, toute cette agitation mystérieuse, infinie, que le silence de l'homme éveille dans la nature. Ce qu'il fait d'heureux, ce silence ! ce qu'il rassure d'êtres ! Mon île était plus peuplée que Paris. J'entendais des furetages sous l'herbe, des poursuites d'oiseaux, des ébrouements de plumes mouillées. On ne se gênait pas avec moi, on me prenait pour un vieux saule. Les demoiselles noires me filaient sous le nez, les chevennes m'éclaboussaient de leurs bonds lumineux ; jusque sous l'aviron des hirondelles venaient boire...

Un jour, en pénétrant dans mon île, je trouve ma solitude envahie par une barbe blonde et un chapeau de paille. Je ne vois que cela d'abord, une barbe blonde sous un chapeau de paille. L'intrus ne pêche pas ; il est allongé dans son bateau, ses avirons croisés comme les miens. Il travaille, lui aussi, il travaille chez moi !... A première vue, nous eûmes l'un et l'autre la même grimace. Pourtant on se salua. Il fallait bien : l'ombre du saule

était courte et nos deux bateaux se touchaient. Comme il ne paraissait pas disposé à s'en aller, je m'installai sans rien dire ; mais ce chapeau à barbe si près de moi dérangeait mon travail. Je le gênais probablement aussi. L'inaction nous fit parler. Ma yole s'appelait l'*Arlésienne*, et le nom de Georges Bizet nous mit tout de suite en rapport.

— Vous connaissez Bizet ?... Par hasard, seriez-vous artiste ?

La barbe sourit et répondit modestement :

« Monsieur, je suis dans la musique. »

En général, les gens de lettres ont la musique en horreur. On connaît l'opinion de Gautier sur « le plus désagréable de tous les « bruits ; Hugo, Leconte de Lisle, Banville, Saint-Victor la partagent. Dès qu'on ouvre un piano, Goncourt fronce le nez. Zola se souvient vaguement d'avoir joué de quelque chose dans sa jeunesse ; il ne sait plus bien ce que c'est. Le bon Flaubert, lui, se prétendait grand musicien ; mais c'était pour plaire à Tourguéneff qui, dans le fond, n'a jamais aimé que la musique qu'on fait chez les Viardot. Moi, je les aime toutes, en toqué, la savante, la naïve, celle de Beethoven, celle des Espagnols de la rue Taitbout,

Glück et Chopin, Massenet et Saint-Saëns, la bamboula, le *Faust* de Gounod et sa *marionnette*, les chants populaires, les orgues ambulants, le tambourin, même les cloches. Musique qui danse et musique qui rêve, toutes me parlent, me donnent une sensation. La mélopée wagnérienne me prend, me roule, m'hypnotise comme la mer, et les coups d'archet en zigzag des tziganes m'ont empêché de voir l'Exposition. Chaque fois que ces damnés violons m'accrochaient au passage, impossible d'aller plus loin. Il fallait rester là jusqu'au soir devant un verre de vin de Hongrie, la gorge serrée, les yeux fous, tout le corps secoué au battement nerveux du tympanon.

Ce musicien tombant dans mon île m'acheva. Il s'appelait Léon Pillaut. De l'esprit, des idées, une jolie cervelle ; nous nous convînmes tout de suite. Revenus à peu près des mêmes choses, nos paradoxes faisaient cause commune. Dès ce jour, mon île fut à lui autant qu'à moi ; et comme son bateau, une norvégienne sans quille, roulait affreusement, il prit l'habitude de venir causer musique sur le mien. Son livre lui fredonnait déjà dans la tête, et il me le racontait. Nous l'avons vécu ensemble, ce livre.

Je retrouve l'intimité de nos bavardages entre ses lignes comme je voyais papilloter la Seine entre mes roseaux. Pillaut me disait sur son art des choses absolument neuves. Musicien de talent, élevé à la campagne, son oreille affinée a retenu et noté toutes les sonorités de la nature ; il entend comme un paysagiste voit. Pour lui, chaque bruit d'ailes a son frisson particulier. Les bourdonnements confus d'insectes, le cliquetis des feuilles d'automne, le « rigolage » des ruisseaux sur les cailloux, le vent, la pluie, le lointain des voix, des trains en marche, des roues criant aux ornières, toute cette vie champêtre, vous la trouverez dans son livre. Et bien d'autres choses encore, des critiques ingénieuses, une aimable érudition de fantaisiste, la biographie poétique de l'orchestre et de tous ses instruments, depuis la viole d'amour jusqu'aux trompettes Sax, racontée pour la première fois. Nous causions de cela sous notre saule, ou dans quelque auberge du bord de l'eau, en buvant du vin blanc boueux de l'année, en écrasant un hareng au coin d'une assiette ébréchée, au milieu des carriers et des gens de marine ; nous en causions en tirant l'aviron, en courant la

Seine et l'imprévu des petites rivières confluentes.

Oh! nos promenades sur l'Orge, jolie, moirée, toute noire d'ombre, embroussaillée de lianes odorantes comme un ruisseau d'Océanie! On allait devant soi, sans savoir. Par moment on passait entre des pelouses mondaines où traînait la queue d'un paon blanc, des robes claires faisant bouquet. Un tableau de Nittis. Au fond, le château, tout pimpant de sa flore encorbeillée de keepsake, plongeait sous les hauts ombrages opulents, brodés de roulades sonores, d'un gazouillis d'oiseaux de riches. Plus loin, nous retrouvions les fleurs sauvages de notre île, les ramures folles, les saules grisonnants et tordus ou bien quelque vieux moulin, haut comme un château fort, avec sa passerelle verdie, ses grands murs irrégulièrement percés et sur le toit chargé de pigeons, de pintades, un frisson continu d'ailes que la grosse mécanique semblait mettre en mouvement... Et le retour au fil de l'eau, en chantant de vieux airs de nature! Des cris de paons sonnaient sur les pelouses vides; au milieu d'un pré, on voyait la petite voiture du berger qui ramassait au loin ses bêtes pour le parcage.

Nous dérangions le martin-pêcheur, l'oiseau bleu des petites rivières; on se courbait à l'entrée de l'Orge, pour passer sous l'arche basse du pont, et tout à coup la Seine, apparue dans les brumes du crépuscule, nous donnait l'impression de la pleine mer.

Parmi tant de charmants vagabondages, un surtout m'est resté, un déjeuner d'automne dans une auberge du bord de l'eau. Je revois ce matin frileux, la Seine lourde, triste, la campagne belle de silence, les fonds rouillés d'un petit brouillard pénétrant qui nous faisait relever le collet de nos paletots. L'auberge était un peu au-dessus de l'auberge du Coudray, un ancien relais de coche où les messieurs de Corbeil viennent faire la fête le dimanche, mais qui, dans la mauvaise saison, n'est fréquenté que par les gens de l'écluse, des équipes de chalands et de remorqueurs. En ce moment, le pot-au-feu fumait pour le passage de la *chaîne*. Dieu! la bonne bouffée de chaud, dès en entrant. « Et avec le bœuf, messieurs?... Ça vous irait-il, une tanche à la casserole? » Elle était exquise, cette tanche, servie sur un gros plat de terre, dans un petit salon dont le papier avait un bon air de goguette bourgeoise. Le

repas fini, la pipe allumée, on se mit à parler de Mozart. C'était bien une causerie d'automne. Dehors, sur la terrasse de l'auberge, je voyais, à travers les tonnelles défeuillées, une balançoire peinte en vert, un jeu de tonneau, les disques d'un tir à l'arbalète, tout cela grelottant au vent froid de la Seine, dans la tristesse attendrissante des lieux de plaisir abandonnés. « Tiens !... une épinette ! » dit mon compagnon, soulevant la housse poudreuse d'une longue table chargée d'assiettes. Il tâte l'instrument, en tire quelques notes fêlées, chevrotantes, et, jusqu'au jour tombant, nous nous sommes délicieusement grisés avec du Mozart...

Je mets ce souvenir dans ton livre, mon cher Pillaut; j'y mets l'auberge, le jardin, l'épinette. J'avais souvent entendu Mozart; mais c'est toi qui me l'as fait comprendre, dans la mélancolie dorée de ce jour-là.

ALPHONSE DAUDET.

INSTRUMENTS

DE L'ORCHESTRE

INSTRUMENTS

DE L'ORCHESTRE

FORMATION DE L'ORCHESTRE

Un instrument de musique est un personnage, un être sonore dont le caractère distinctif et original réside dans un son musical facilement reconnaissable, qui est comme sa voix propre et qu'on appelle son timbre.

Le timbre d'un instrument de musique agit sur notre imagination comme la parole, quoique d'une façon bien plus générale et plus indéterminée; le timbre amène avec lui tout un ensemble d'émotions musicales, d'associations d'idées poétiques, liées à l'origine de l'instrument par son adaptation primitive et tout à fait ancienne à certaines occupations, cérémonies ou divertissements de la vie humaine. Cet apport d'impressions naturelles est surtout sensible dans le timbre des instruments à vent.

L'origine des instruments qui composent nos orchestres est d'ailleurs si obscure, qu'il est inutile de la rechercher; elle se perd dans une antiquité trop lointaine. On peut seulement supposer que l'invention des instruments à vent en bois à dû précéder celle des instruments à cordes, en raison de leur facture plus facile et des impressions plus simples et plus primitives qui sont associées à leur timbre. Ainsi, on pourrait désigner comme les plus anciennement en usage la flûte et le hautbois, instruments champêtres fabriqués d'os d'animaux vidés et percés, ou de roseaux, ayant pour premiers facteurs les bergers des âges préhistoriques. La trompette, de tout temps instrument guerrier et signal de combat, viendrait après, ainsi que les instruments à cordes et à archet, propres à l'accompagnement de la danse et du chant, à l'expression sentimentale, et qui semblent, à cause de leur construction plus délicate, plus compliquée, n'avoir pu prendre naissance que dans une civilisation déjà avancée. On ne fait pas remonter leur usage, en Europe, au delà des premiers temps du moyen âge. Cependant, l'Asie les connaissait de toute antiquité.

Il est à remarquer qu'il n'y a dans nos orchestres aucun instrument nouveau, sauf la clarinette, et que les moyens de produire les meilleurs sons musicaux sont restés en petit nombre depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours. (Les symphonies de Beethoven ne sont écrites que pour sept ou huit sortes d'instruments.)

C'est avec ces instruments, les plus simples, les plus primitifs, mais qui ont les sons les plus originaux et les plus caractéristiques, que les musiciens ont su produire une si grande variété de sonorité et d'expression.

On peut les comparer, dans la symphonie surtout, à ces personnages de la comédie latine ou italienne qui ont la spécialité de représenter un caractère, et qui néanmoins se sont prêtés à des combinaisons scéniques très diverses. Comme eux, les instruments de musique sont en possession de reproduire certaitaines impressions spéciales qui se sont combinées de bien des façons pour interpréter la pensée musicale dans ses développements successifs.

Le développement de la langue musicale a amené des modifications dans leur mécanisme, dans leur étendue sonore, mais leur timbre est resté, à très peu de chose près, le même; et encore ce ne sont que les instruments à vent qui ont subi ces modifications; une surtout fort importante, au commencement de ce siècle, qui est pour eux comme une véritable époque climatérique, quand, sous l'influence du piano, la langue musicale entra dans la phase des modulations rapides et éloignées. Il fallut, pour mettre les instruments à vent en mesure de suivre ce mouvement, changer la percée de leurs trous, modifier leur gamme et compliquer le mécanisme de leurs clefs.

Un orchestre est donc une association de ces étalons primitifs de sonorité qui ont été, dès les âges

reculés, les interprètes des premiers besoins d'art musical dans certaines situations ou occupations de la vie.

Ce sont :

Les instruments de la vie pastorale : la flûte, le hautbois et ses dérivés, la cornemuse, la musette, le basson, etc. ;

Les instruments de la chasse et de la guerre : les cornets, les cors, les trompettes, et maintenant les trombones et l'innombrable famille des cuivres ;

Les instruments accompagnateurs de la danse et du chant : le rebec, la viole, et aujourd'hui le violon et ses augmentatifs, l'alto, le violoncelle et la contrebasse.

Tous ces instruments, qui correspondent à des sentiments naturels de naïveté, de tendresse ou d'éclat et de force, devaient naturellement devenir les auxiliaires de la tragédie lyrique, du drame chanté, de l'opéra, le chant trouvant dans ces instruments les moyens d'accentuer, de redoubler le sens général de la mélodie par l'accompagnement de sons dont le timbre est en relation avec celle-ci d'une façon indéterminée, mais très réelle.

Assurément, dans l'instrumentation dramatique ou symphonique, on ne se borne pas à la signification précise du timbre des instruments ; on n'emploie pas le hautbois, par exemple, seulement dans sa couleur pastorale ; on lui fait dire bien d'autres choses, mais qui peuvent s'y rattacher par quelque point. La véritable science de l'instrumentation consiste préci-

sément à confier à tel ou tel instrument les phrases qui sont en relation avec les sentiments naturels que fait naître le timbre de l'instrument choisi.

Cependant, dans la musique tout à fait moderne, on s'écarte de plus en plus de cette manière de concevoir l'instrumentation. Les timbres des instruments ont pris une fonction abstraite de coloris plutôt que de sentiment; les compositeurs ont formé avec leur mélange des sonorités ayant un sens conventionnel; il y a des formules pour composer de la musique pastorale aussi bien que de la musique mystique ou guerrière.

C'est surtout avec les timbres des instruments à vent que s'est formée la coloration du son dans l'instrumentation moderne. Quant aux instruments à cordes, ils ont, grâce à la souplesse de l'archet, le privilège d'interpréter toutes sortes de pensées musicales, et leur timbre mordant, mais moins spécial, les rend aptes à toutes sortes d'expressions. Les instruments à vent viennent les éclairer par leurs timbres employés seuls ou mélangés. Ils peuvent, par leurs longues tenues, former comme un rideau de sons colorés sur lequel se détache l'idée musicale interprétée par les archets et les voix; ou bien, suivant celle-ci dans tous ses détours, ils lui impriment un caractère spécial, selon la prédominance de tel ou tel timbre. L'adjonction d'un assemblage de timbres à une idée musicale peut se comparer à l'épithète ajoutée au substantif: elle donne à la mélodie un sens plus déterminé. Les combinaisons, d'ailleurs, sont

en très grand nombre; mais on peut dire que, d'une façon générale, les instruments à vent de l'orchestre: flûte, hautbois, clarinette, basson, cor, trompette et trombone, ont maintenant, par rapport aux instruments à archet, un rôle descriptif qui provient de leur destination primitive, tandis que ceux-ci ont surtout un rôle d'expression sentimentale. Les instruments à vent ont aussi l'emploi de rendre plus plein, plus agréable à l'oreille le son général de l'orchestre, indépendamment du sentiment exprimé par l'idée musicale; mais c'est, dans ce cas, affaire toute de métier et de tempérament de la part du compositeur, et dont on ne peut pas plus donner la raison que du coup de brosse du peintre.

Ce n'est donc pas, comme on pourrait le croire d'abord, le désir d'une plus grande sonorité qui a réuni tous ces instruments divers. Considéré dans son ensemble, l'orchestre est un des organes les plus souples et les plus puissants que l'homme ait trouvés pour traduire sa pensée. Il y a rassemblé tout ce qui lui est nécessaire et suffisant; l'habitude en est maintenant tellement prise, que les mêmes éléments se retrouvent toujours, qu'il s'agisse de l'orchestre de l'Opéra ou du moindre orchestre d'un petit théâtre ou d'un bal public.

La réunion d'instruments divers qu'on appelle un *orchestre* est trop connue de tout le monde pour que nous en donnions ici une définition.

Il suffit d'avoir été dans un théâtre de second ordre pour que ce mot *orchestre* ramène dans le sou-

venir une certaine sonorité provenant de la simultanéité de ces timbres divers.

C'est autour du drame chanté que cette agglomération s'est formée peu à peu; on doit considérer qu'elle a atteint son équilibre parfait à la fin du XVIIIe siècle. Les opéras de Mozart peuvent être cités comme exemple de ce qu'était alors la composition de l'orchestre, qui est restée en usage depuis.

Maintenant, dans tous les pays où notre système musical s'est étendu et où l'on chante des opéras, on est sûr de rencontrer des orchestres ainsi formés : 2 flûtes, 2 hautbois, 2 clarinettes, 2 ou 4 bassons, 2 trompettes ou pistons, 2 ou 4 cors, 3 trombones, un nombre variable d'instruments à cordes, violons, altos, violoncelles et contrebasses, qui ne peut guère descendre au-dessous de 25 au 30 si on veut garder une certaine proportion dans la sonorité des instruments à vent et à cordes. Ajoutez à cela une paire de timbales et une grosse caisse.

Avant d'arriver à ce choix définitif des instruments destinés à accompagner le chant d'une action dramatique, l'orchestre a subi des transformations qui sont intimement liées aux progrès de la musique elle-même.

Avant l'établissement de l'opéra en Italie, les orchestres destinés à accompagner les madrigaux, les motets ou la musique d'église étaient formés d'instruments très divers et qui ne sont plus en usage aujourd'hui. On y rassemblait toutes les familles d'instruments connus : l'orgue, les violes, le rebec, les

cornets, etc. Mais ce qui leur donnait un caractère très différent de l'orchestre moderne, c'était le nombre assez considérable d'instruments à cordes pincées, luths, théorbes, harpes, qui ont été éliminés depuis.

Parmi les documents qui sont intéressants à consulter sur ce sujet, on peut citer Gerson, qui parle des instruments usités à l'église au XIVe siècle, et un livre publié à Venise vers la fin du XVIe siècle par un Italien nommé Bottrigari, qui, sous le pseudonyme de Melone, décrit les concerts du duc de Ferrare dont il était l'hôte assidu. Ce magnifique seigneur avait dans son palais deux grandes et belles salles destinées uniquement à ses musiciens; l'une était pleine de tous les instruments nécessaires à la musique de ce temps, violes, rebecs, luths, cithares, clavecins, toujours accordés, de façon à servir au premier signal; l'autre salle servait de lieu d'étude aux artistes italiens et ultramontains (français et flamands), qui étaient à ses gages.

Quand le duc recevait quelque cardinal, prince ou autre personnage de marque, il donnait à son chef de musique, nommé Fiorino, l'ordre de rassembler ses musiciens, ainsi que les personnes de la ville versées dans l'étude de la musique, et il venait lui-même assister à la répétition du concert qui devait faire partie des divertissements qu'il donnait à ses hôtes. Bottrigari, qui entendit plusieurs fois ce grand concert à Ferrare, parle avec enthousiasme de l'exécution parfaite des artistes et de l'accord admirable

des instruments que nous avons cités avec les voix exercées des chanteurs. Ce n'était, paraît-il, que par une longue habitude de jouer ensemble qu'on pouvait parvenir à fondre ces timbres si divers.

Il est maintenant assez difficile de se faire une idée nette de la sonorité de semblables orchestres. Elle était assurément moins énergique et moins brillante que celle des orchestres modernes, mais elle devait être excellente pour faire ressortir le chant et tous les accents de la voix.

Dans le courant de sa narration, l'auteur donne un témoignage précieux de l'habileté des chanteurs français. Ce sont eux qui, avec les Flamands, ont apporté en Italie l'art de chanter à plusieurs parties.

Quand les artistes de notre pays allaient en pèlerinage à Rome pour y visiter les antiquités, ils chantaient en passant par les villes des chansons à quatre et cinq voix qui charmaient tellement les Italiens que le peuple les suivait dans les rues comme affamé de les entendre.

Bottrigari, qui les entendit plusieurs fois, dit qu'ils exécutaient des pavanes et des chansons françaises avec une rapidité et un entrain extraordinaires. Quand les comédiens de Padoue vinrent pour la première fois donner des représentations à Ferrare, ils engagèrent quelques-unes de ces troupes et les firent chanter dans les entr'actes; comme le public attendait toujours avec impatience que les actes fussent terminés pour les entendre de nouveau, ils imagi-

nèrent d'intercaler dans leur comédie des divertissements, sérénades, marches, etc.

Ce fait est curieux, parce qu'il montre que les Français, qu'il est de mode de désigner aujourd'hui comme un peuple ayant peu l'instinct de la musique, ont eu, au moins à une certaine époque, des aptitudes pour cet art aussi grandes que celles des Italiens et des autres peuples.

Jusqu'aux premiers essais d'opéra, la musique n'avait pas de but particulier ; elle servait surtout dans les divertissements, les fêtes, les allégories, et, par conséquent, l'usage des instruments n'était pas réglé d'une façon très précise ; mais quand le drame chanté fut inventé, tout le travail de l'instrumentation se fit autour de lui ; il devint le but des efforts de tous les musiciens et le point de ralliement des instruments.

C'est alors que l'orchestre commença à se constituer tel que nous le voyons aujourd'hui, en vue de satisfaire à l'expression de la poésie déclamée et chantée.

Aussitôt que l'orchestre devient l'auxiliaire du drame chanté, on observe que les instruments à archet ont une tendance à occuper la première place, ce qui s'explique par la facilité qu'ils ont de prendre toutes les nuances, tous les mouvements et toutes les expressions. Dans un des premiers opéras représentés en Italie, celui sur lequel on a le plus de renseignements, l'*Orfeo*, de Monteverde, joué à Mantoue pour la première fois en 1607, l'orchestre ne compte déjà plus comme instruments à cordes pin-

cées que deux guitares et une harpe. Voici, d'ailleurs, sa composition : deux clavecins, une harpe double, deux contrebasses de viole, deux guitares, deux orgues de bois, trois violoncelles, un orgue de régale, dix violes, deux petits violons français, une flûte, deux cornets, quatre trombones et trois trompettes à sourdine.

Dans l'emploi de ces instruments variés, Monteverde chercha à colorer sa musique par des combinaisons de timbres; mais c'était un essai prématuré, et l'art du chant dramatique devait passer par la période expressive avant d'arriver à la période pittoresque.

Quand on arrive aux premiers opéras français de Lulli en 1672, on voit que l'orchestre s'est considérablement réduit; il ne reste plus que les instruments à archet : violons, altos et contrebasses; les violes, l'orgue, le clavecin, les luths, tout a disparu. En fait d'instruments à vent, on n'emploie plus que des flûtes et des hautbois; tout l'intérêt musical est concentré dans les instruments à archet. Au bal donné à l'occasion du mariage de la duchesse de Bourgogne, l'orchestre conduit par Lulli se composait des *vingt-quatre violons* du roi et de *six flûtes douces*, sorte de flageolet grave dont l'emploi peut se comparer à celui de la clarinette.

En Italie, où la musique prenait des ailes, tandis qu'en France elle s'attardait dans le style pompeux, les orchestres n'étaient aussi composés que d'instruments à archet; seulement le clavecin était resté

pour accompagner le récitatif, et cette tradition se continua fort longtemps. Au Théâtre-Italien de Paris même, il n'y a guère qu'une quarantaine d'années qu'elle a été abandonnée.

Les successeurs de Lulli continuèrent son genre, et avec eux l'orchestre ne changea que fort peu. Cependant, dans l'*Alcione* de Marin Marais, on trouve des passages où les instruments à vent, flûtes, hautbois, bassons, se dégagent des instruments à cordes et font entendre leur groupe séparément. Avec Rameau, la recherche du coloris instrumental commence à se faire sentir et les instruments à vent prennent plus d'importance.

Après lui, l'orchestre se reconstitue peu à peu par l'adjonction des cors, de la clarinette ; Gluck y introduit les trombones, et quand Mozart vint réaliser l'idéal du drame chanté, que le génie italien avait pressenti cent cinquante ans avant lui, il trouva l'orchestre complet.

Il est évident que l'agglomération des instruments contenait alors tout ce qui est à la fois nécessaire et suffisant à la pensée musicale, puisque depuis cette époque l'orchestre s'est fort peu modifié ; et pourtant que de génies divers s'en sont servis : Gluck, Mozart, Beethoven, Weber, Rossini, etc.

Cependant l'art, qui ne s'arrête jamais, après avoir porté à sa perfection la musique passionnée et expressive, s'engagea dans la voie colorée et pittoresque où nous le voyons aujourd'hui. Dès lors, si rien ne vient plus s'ajouter de nouveau aux éléments

dont se compose l'orchestre, l'emploi de ces mêmes éléments change, et on voit peu à peu le groupe des instruments à vent prendre une importance presque égale à celui des instruments à cordes, dans lequel résidait autrefois presque tout l'intérêt musical.

Avec Weber, Mendelssohn, Meyerbeer, l'ancien équilibre se trouve rompu, et enfin si on compare l'orchestre de l'Opéra au moment de la représentation de *Robert le Diable*, en 1831, avec l'orchestre de l'*Orfeo* de Monteverde, en 1607, on voit que l'orgue et les harpes, qui avaient été éliminés pendant presque tout le cours des années qui séparent ces deux opéras, sont revenus faire partie des instruments qui servent aux représentations dramatiques.

Il est vrai de dire que l'orgue, qui dans l'*Orfeo* ne servait que d'instrument d'accompagnement, a repris, dans *Robert le Diable*, sa signification propre, qu'il est acteur lui-même et qu'il est destiné à donner à une scène qui se passe dans une église le coloris et la réalité. Ainsi, dans ce cas, la musique est employée de deux façons bien distinctes : avec les chanteurs et l'orchestre, elle est langage dramatique et conventionnel et prise dans un sens figuré ; avec l'orgue, elle est prise dans son sens propre et sa fonction naturelle. On peut appliquer cette observation à la scène de la barque pleine de musiciens qui, dans les *Huguenots*, vient chercher le comte de Nevers, et à l'acte du *Prophète* qui se passe dans la cathédrale de Munster.

La seule famille d'instruments qui n'a pas reparu

à l'orchestre est celle des instruments à cordes pincées; ils sont entièrement sortis de l'usage. Cependant, depuis quelques années, la harpe tend à reprendre une place permanente à l'orchestre et on l'entend souvent dans des compositions symphoniques comme complément de certaines sonorités cherchées par les musiciens.

La dernière modification qui s'est introduite dans la constitution de l'orchestre est l'accroissement des instruments de cuivre. Ils doivent leur importance à l'agrandissement successif de la mise en scène et au perfectionnement de leur justesse et de leur son.

Leur emploi fréquent, même dans des morceaux où leur caractère propre ne paraît pas le justifier, tient aussi à un besoin toujours croissant de sonorités éclatantes et à des harmonies plus mordantes qui ne peuvent se traduire qu'avec leur timbre.

Aujourd'hui l'orchestre de l'Opéra, qu'on peut considérer comme un des plus complets qu'il y ait, possède, outre un grand orgue, trois familles d'instruments distinctes : les cordes, qu'on appelle aussi le quatuor; les instruments à vent en bois, flûtes, bassons, hautbois, clarinettes, et les cuivres, trombones, pistons, trompettes, cors.

En résumé, l'histoire de l'orchestre n'est qu'une des faces de l'histoire de la musique; en étudiant celle-ci dans ses transformations successives, on observe que l'orchestre s'est modifié peu à peu avec la langue musicale.

D'abord, une période d'essai où l'on accumule tout

ce qu'on trouve d'instruments (Monteverde), puis élimination de tout ce qui n'est pas nécessaire (Lulli). A mesure que la langue musicale se dégage, on reprend peu à peu ce qu'on avait rejeté (Rameau). Enfin, au moment où le but est atteint (Mozart), l'instrument du drame chanté, l'orchestre, se trouve contenir tous les éléments premiers, successivement admis à mesure que la pensée musicale devenait plus détaillée et cherchait à se colorer et à se diversifier.

LE VIOLON

ET LES INSTRUMENTS A ARCHETS

L'origine du violon est très obscure. Cet instrument, où tout est combiné d'une façon si certaine qu'on n'y a jamais rien changé depuis qu'on le connaît, est apparu au XVIe siècle, tout formé, au milieu de la famille des violes, dont il diffère sensiblement par la forme, le son et l'emploi, sans que les essais qui ont dû entourer son origine aient laissé de traces. Quelques auteurs en font un dérivé du rebec, d'autres pensent qu'il n'est qu'une modification de la viole italienne. Il est certain que, si l'on ne considère que sa forme, c'est cette dernière opinion qui doit prévaloir. Mais, d'une autre part, ce qui rapproche

le violon du rebec, c'est l'accord de ses quatre cordes par quintes successives, accord qui était aussi celui des trois cordes du rebec. La viole avait six cordes qui s'accordaient par quartes et par tierces. Cette disposition amène des modifications dans le timbre d'un instrument à archet et ne donne pas les mêmes facilités d'exécution. Le fait de l'identité de l'accord du rebec et du violon doit être pris en considération, car il impose le même doigter et, par suite, fait supposer la même aptitude à exécuter la musique d'un même caractère. D'ailleurs, l'accord par quintes successives, qui a fait la supériorité du violon, est le plus logique, puisqu'il est basé sur la structure même de la main et que c'est la meilleure combinaison pour avoir l'échelle de sons la plus considérable, avec le moindre nombre de cordes, sur un seul instrument. Pour ces raisons, le violon paraît avoir une étroite parenté avec le rebec.

Si celui-ci est l'ancêtre du violon, il est lui-même originaire du *rebab,* le violon populaire arabe. C'est de ce mot qu'on a fait, au moyen âge, *rubebe, rebelle* et *rebec,* dénominations françaises de cet instrument. Le rebec était joué surtout par des ménestrels et servait à la danse et à l'accompagnement des chansons; relativement aux violes et aux violons, sa construction était assez grossière : il n'avait qu'une seule table d'harmonie et le dessous de la caisse sonore était arrondi. On en avait fait une famille d'instruments de même forme, graves et aigus; il y avait des dessus, des ténors et des basses de rebec. Il est impos-

sible de retrouver un seul de ces rebecs, et on ne les connaît que par les sculptures, les peintures et les relations du moyen âge.

Les rebecs furent remplacés par les violes italiennes, qui étaient déjà d'une construction parfaite à l'époque de la Renaissance et qui furent les interprètes de la musique savante et raisonnée de ce temps.

C'est avec les violes que se firent les premiers essais de la musique dramatique en Italie au XVIe siècle. Leur forme avait une certaine analogie avec celle du violon ; mais leur caisse était plus creuse, les tables d'harmonie moins bombées ; enfin leur manche, divisé par des cases qui indiquaient où il fallait poser les doigts, se terminait par une tête de femme sculptée avec soin.

Il y avait un groupe complet de ces instruments : la *viola da spalla,* qui s'appuyait à l'épaule ; la *viola da braccio;* l'*alto-viola,* qui, pour la dimension, correspondait à l'instrument qui porte le même nom dans le quatuor moderne et qui s'accorde à la quinte basse du violon ; la *viola da gamba,* qui se tenait entre les jambes comme le violoncelle. La sonorité générale d'un concert de violes devait être grave et douce. Moins faites pour la musique énergique et brillante que pour le charme tranquille d'une harmonie simple et s'écoulant régulièrement, elles étaient tout à fait en rapport avec le sentiment qui régnait dans la musique comme dans tous les autres arts autrefois, c'est-à-dire la recherche de la beauté

sans effort et sans exagération. Cette noblesse de style, qui était le propre du son des violes, fut la cause de leur déchéance, quand la musique prit des allures plus rapides et plus vivantes.

Lorsque les orchestres commencèrent à se former en Italie, on ajouta aux violes le *piccolo violino alla francese,* petit violon français. C'est cet instrument, à quatre cordes, qui est le violon tel qu'il est maintenant adopté partout.

Le nom de violon, qu'on lui donne en français, est impropre, car il est augmentatif de *viola* et veut dire en italien « grande viole, » c'est-à-dire le plus grave de tous; on devrait l'appeler « violin, » de l'italien *violino,* diminutif de *viola.*

Le violon fut de bonne heure en faveur en France, et, à la fin du XVIIe siècle, quand commença l'Opéra, sous la direction de Lulli, l'orchestre était composé surtout de violons, avec quelques bassons, flûtes douces et hautbois. Depuis, cet instrument a toujours gardé la première place dans la musique instrumentale.

C'est que, plus qu'aucun autre, il a été l'interprète fidèle de la musique, à mesure qu'elle se développait. Il a répondu avec docilité aux exigences toujours croissantes de cet art, se prêtant aux talents de la virtuosité comme à la pensée harmonique et complexe.

Depuis les vieux airs du temps passé, chaconnes, sarabandes, menuets, jusqu'aux grands orages symphoniques où le génie de Beethoven incline les ar-

chets comme des épis sous son souffle puissant, le violon a pu tout exprimer.

Ce mécanisme si simple, l'archet et la corde, a suffi à tout, l'archet surtout; c'est là ce qui fait du violon comme une seconde voix à l'homme qui a su s'en rendre maître. Toutes les intensités de l'émotion, toutes les langueurs ou les ardeurs du rythme sont rendues avec l'archet avec plus de facilité peut-être qu'avec la voix. Il semble que le violon ait été l'instrument prédestiné de la musique expressive, agitée, brillante; et pourtant rien n'est en apparence plus simple qu'un violon; cependant il n'entre pas moins de soixante-neuf pièces dans sa construction, et quelles pièces! de petits morceaux de bois, des tasseaux, des planchettes; mais tous ces fragments sans valeur apparente, creusés avec perspicacité dans un bois sonore, justement proportionnés, assemblés avec art, produiront une voix, la plus étendue, la plus brillante, la plus douce qui soit après la voix humaine, et aussi la plus durable; car ce léger appareil, qui ne pèse pas une demi-livre, supporte sans fléchir, pendant des siècles, la tension de ses quatre cordes, évaluée à 40 ou 42 kilogrammes.

Son importance artistique a été cause que de bonne heure on s'est appliqué à sa fabrication, et au XVIe siècle commence la série des luthiers fameux, dont les instruments qui se sont conservés jusqu'à nous ont maintenant un si grand prix. Après Duiffoprugear, le plus ancien luthier connu, ce furent Gasparo di Salo et Maggini, puis les Amati, qui,

vers 1550, commencèrent à Crémone à fabriquer des violons ; ils exécutèrent, entre autres, des violons d'un grand format pour la musique du roi Charles IX. Maggini s'établit à Brescia vers 1612. Enfin le maître définitif, Antonio Stradivari, de Crémone, exécuta, de 1700 à 1725, des instruments qui réunirent toutes les qualités de ses devanciers. Après lui, Guarneri continue à illustrer l'art de la lutherie ; depuis, elle n'a plus fait aucun progrès ; les instruments des luthiers italiens sont restés des modèles toujours imités, jamais égalés. Les instruments authentiques de ces luthiers célèbres sont très recherchés, et une basse de Stradivarius a été vendue, il y a quelques années, pour un prix qui approchait de 20,000 francs. En France, il faut citer Lupot, qui vivait à la fin du siècle dernier.

L'archet fut aussi l'objet de minutieux travaux ; il fut perfectionné par le célèbre violoniste Tartini et par F. Tourte, qui vivait vers 1780. On essaya, vers 1815 ou 1820, de modifier la forme du violon. On voit au musée du Conservatoire de musique un violon cylindrique, un autre carré et un troisième de forme trapézoïdale. Ces instruments furent construits sur les indications de l'acousticien Savart, pour servir à ses expériences, mais il n'en résulta rien qui ait modifié la forme du violon.

La famille des instruments à archet, dont le violon est le type, a remplacé celle des violes dans les orchestres depuis le commencement du XVIIIe siècle. L'introduction de la contrebasse à l'orchestre de

l'Opéra, en 1700, par Montéclair, et du violoncelle, en 1745, par Batistin, complétèrent l'agglomération des instruments à archet connue sous le nom de quatuor.

Leur prépondérance a été constante jusqu'à présent et fut surtout absolue jusqu'à l'époque de Mozart. Aujourd'hui, où l'art musical n'est plus seulement un art d'expression, mais aussi un art de description, les instruments à archet sont quelquefois subordonnés aux exigences de la sonorité générale de l'orchestre; mais toutes les fois qu'il s'agit de traduire les émotions pressantes du drame ou les rêveries intimes de la symphonie, les archets redeviennent les maîtres souverains de la phrase mélodique.

LES VIOLONISTES

Les premiers violonistes célèbres apparurent vers la moitié du XVIIe siècle. C'est à ce moment que le violon se dégagea des autres instruments à archet et qu'il commença à être traité en solo.

Ce n'est pas qu'il n'y ait eu dans les temps précédents des artistes excellents; mais les violes italiennes, instruments artistiques par excellence, qui résonnèrent si doucement pendant le XVIe siècle, se

prêtaient moins que le violon aux audaces de la virtuosité. Leur son plus grave, leurs sept cordes, dont l'accord variait souvent, leurs archets courts, leurs manches divisés par des sillets, les maintenaient forcément dans un style plus sobre. Sur le violon, au contraire, au manche lisse, aux sons brillants, on pouvait tout oser. Aussi, depuis Simone Arietto, le premier violoniste virtuose dont l'histoire de la musique fasse mention et qui vivait à la cour du duc de Savoie en 1630, jusqu'aux surprenantes habiletés de Paganini, les ressources du violon furent exploitées et développées sans interruption.

Corelli, né à Fungnano en 1653, est le premier qu'on puisse considérer comme chef d'école. Ses compositions, charmantes musicalement, montrent déjà la connaissance des principaux effets du violon. On y voit l'emploi fréquent des doubles cordes, des traits qui dénotent un archet agile et souple. Une de ses productions, intitulée *Follia*, est un véritable air varié. Il était établi à Rome, où il mourut en 1713.

De son école sortirent plusieurs artistes de talent : Geminiani, Somès, Baptiste Anet, Locatelli, qui poussa l'art du violoniste assez loin pour qu'une de ses pièces, intitulée *Caprices énigmatiques*, donnât à Paganini, cent ans plus tard, l'idée de quelques-uns de ses artifices extraordinaires. Baptiste, qui étudia avec Corelli pendant quatre ans, vint à la cour de France vers 1700.

Il obtint par la protection d'un grand seigneur

d'être entendu du roi Louis XIV. Celui-ci l'écouta sans rien dire, puis ayant fait venir un des violons de la bande de Lulli : « Un air de *Cadmus!* » dit-il. Quand l'autre eut fini, il se retourna vers Baptiste : « Je ne sais que vous dire, monsieur, voilà la musique que j'aime. » Ce fait prouve que l'art déjà libre et léger des Italiens n'était pas encore apprécié en France.

Dans la première moitié du XVIIIe siècle apparut une des plus brillantes individualités de l'école italienne du violon. Tartini, né en 1692 à Pirano, en Istrie, étudia d'abord dans sa jeunesse le violon et la composition, mais seulement comme distraction. Sa passion favorite était l'escrime, art dans lequel il excellait. Il vint à l'Université de Paris pour y étudier la jurisprudence. Là, il se fit quelques affaires d'honneur trop heureuses qui le forcèrent à retourner en Italie. Il se dirigea vers Naples pour y enseigner le métier des armes. En passant par Padoue, il devint amoureux d'une jeune fille, parente de l'évêque de cette ville, l'enleva et l'épousa secrètement.

Poursuivi pour ce fait par la famille de sa femme, il fut obligé de rester caché deux ans de suite dans un couvent. C'est là qu'il travailla avec tant d'ardeur le violon et la composition que, quand il sortit de sa retraite, il était déjà un habile virtuose. Après une vie assez agitée il s'établit à Padoue où il fonda une école de violon. Les progrès spéciaux qu'on lui doit ont rapport au maniement de l'archet dont il posa les premiers principes. Il serait téméraire de vouloir

juger le jeu d'un violoniste mort depuis longtemps d'après ses œuvres; cependant, comme les compositions d'un virtuose sont écrites sous l'inspiration de son tempérament et de ses aptitudes matérielles, on peut formuler l'hypothèse, en lisant les concertos de Tartini, que son jeu devait être incisif et très brillant. C'est lui qui raconta à Lalande qu'ayant rêvé que le diable avait bien voulu lui jouer une sonate de violon, il fut si charmé de cette musique qu'il essaya de l'écrire le lendemain matin. Bien que ce qu'il ait réussi à transcrire sur le papier fût selon lui bien inférieur à ce qu'il avait entendu dans son rêve, cette sonate est une de ses meilleures compositions. On y trouve le trait fameux connu sous le nom de *trille du diable*, qui consiste en un battement de deux notes sur une corde, tandis que sur la corde grave voisine les autres doigts font entendre des accords arpégés.

Il découvrit aussi un phénomène important en physique. Ce sont les *sons résultants*. Quand on fait résonner un intervalle de deux sons, une tierce majeure ou mineure, ou une quinte, on entend un son plus grave dont le nombre de vibrations est égal à la différence des nombres de vibrations de deux sons émis. Cette expérience réussit bien sur le violon. Quand on fait vibrer avec un son bien pur la tierce mineure *fa dièse la* sur la seconde et troisième corde, on entend distinctement résonner le *ré* grave que donnerait la grosse corde du violoncelle. Si on ne savait déjà par d'autres sources que Tartini avait une grande supé-

riorité dans le maniement de l'archet, ce fait le prouverait; car il faut tirer du violon des sons très purs et très calmes pour entendre les *sons résultants*, même quand on est prévenu de leur existence. Il a fallu pour les découvrir, outre une oreille délicate, posséder une tenue d'archet exceptionnelle. Tartini mourut en 1770.

Il forma un élève remarquable, Pugnani, qui tint de lui une variété extraordinaire dans ses coups d'archet, et qui fut de plus un compositeur et un chef d'ochestre remarquable.

Dans le même temps que Tartini tenait la tête de l'école italienne, l'école française se distinguait par Senaillé, violon de la grande bande de Lulli; mais le premier Français qui montra le talent d'un chef d'école fut Leclair, né à Lyon en 1697. Son talent, si on en juge d'après ses compositions, n'avait pas la facilité des Italiens ses contemporains. Par contre, on trouve dans sa musique un sérieux et une majesté qui tiennent encore au grand siècle. On doit citer de lui un *grave* en *ut* mineur, connu sous le nom de *Tombeau de Leclair*. On appelait alors un *tombeau* une sorte de déclamation instrumentale d'un caractère triste et douloureux. Leclair entra comme premier violon à l'orchestre de l'Opéra en 1729. Il mourut assassiné le 22 octobre 1764.

Leclair eut pour rival Guignon. Celui-ci fut le dernier qui porta le titre de *Roi des violons*. Ayant voulu user de ses prérogatives pour tarifer ses confrères, ils lui firent un procès qu'il perdit, et cette

dénomination ridicule qui n'était qu'un moyen de rançonner les artistes disparut définitivement. Après lui, on peut citer Cupis, frère de la danseuse Camargo, dont le P. Caffiani disait qu'il joignait le tendre de Leclair au brillant de Guignon.

Tous ces artistes se firent connaître au concert spirituel qui se donnait alors aux Tuileries dans la salle des Maréchaux, et qui était le point de mire de tous les musiciens étrangers.

On était alors en plein XVIIIe siècle et la musique commençait à prendre une importance considérable dans les mœurs françaises. C'est le moment de la *guerre des Bouffons,* ainsi nommée de la grande dispute qu'occasionna le succès de la *Serva Padrona*, de Pergolèse, qui venait troubler les habitudes de l'Opéra, attardé dans le style pompeux de Lulli. L'Opéra-Comique aussi se constituait et les premiers succès de ce théâtre sont dus à un violoniste célèbre, d'Auvergne, auteur de la musique des *Troqueurs*.

Gavinies, à son tour, dépassa ses devanciers. On lui doit aussi un *Tombeau,* qui est resté classique, et une romance amoureuse pour le violon, avec laquelle, dans un de ses derniers concerts, qu'il donna à l'âge de soixante-treize ans, il sut attendrir ses auditeurs jusqu'à leur faire verser des larmes. Gavinies fut, avec Kreutzer, un des premiers professeurs qui enseignèrent le violon quand le Conservatoire s'ouvrit en 1795.

Viotti fut le maître qui réunit dans son talent

toutes les qualités des différentes écoles. Né à Fontanetta en 1753, élève de Pugnani, il débuta au concert spirituel en 1792, avec un éclatant succès.

On n'avait encore rien entendu d'aussi élégant et d'aussi pur. Ses concertos, pleins d'idées charmantes, conduits avec une entente parfaite de la composition, contiennent tous les effets qu'on peut tirer du violon dans leurs nuances les plus délicates; aussi sont-ils restés classiques. Viotti n'aimait pas à jouer devant un public nombreux; s'étant vu préférer un violoniste médiocre au concert spirituel, il cessa d'y jouer.

On lui opposait souvent Jarnowick, violoniste agréable, mais qui lui était fort inférieur. Viotti consentit à se mesurer avec lui dans un même concert. L'épreuve, qui lui fut naturellement favorable, déconcerta un moment son adversaire; mais celui-ci, reprenant son sang-froid, s'approcha, lui fit compliment et dit en lui serrant la main : « Avouez, mon cher Viotti, qu'il n'y a que nous deux qui sachions jouer du violon. » Viotti avait un jeu éminemment aristocratique qui lui faisait préférer un auditoire restreint, mais choisi. Pendant la Révolution, il émigra en Angleterre, où on le prit pour un espion. Il revint plus tard à Paris se faire entendre de nouveau et retourna mourir à Londres en 1824.

C'est le talent de Viotti qui inspira à Baillot l'amour du violon. Il l'entendit pour la première fois à l'âge de dix ans et Viotti resta depuis son idéal. Quand il le réentendit vingt ans plus tard, il dit en parlant

le langage pompeux du temps : « Je le croyais Achille, mais c'est Agamemnon. »

Baillot, le plus original des maîtres français, était fils d'un avocat au parlement de Paris; il naquit à Passy en 1771. Il fut nommé professeur au Conservatoire en 1795 et rédigea avec Kreutzer la méthode de violon adoptée par cet établissement. Une de ses gloires principales est d'avoir fondé, en 1814, les célèbres séances de musique de chambre, où il fit entendre les œuvres de Boccherini, de Haydn, de Mozart et de Beethoven. Il les fit comprendre et admirer du public et laissa une tradition dans ce genre de musique, qui est encore suivie par tous ceux qui font leurs études de ces compositions.

Il professa jusqu'à sa mort, en 1842. Sa place fut ensuite tenue par M. Alard, dont le talent élégant et plein de charme est trop connu pour que nous en parlions ici; M. Alard venant de prendre sa retraite, la place de Baillot a été donnée à M. Maurin, le dernier élève qu'il ait formé.

C'est vers le commencement de ce siècle, alors qu'il semblait qu'avec Viotti, Baillot, Kreutzer, etc., l'art du violon eût été poussé à ses limites extrêmes, que se montra, comme un météore étincelant, Paganini, dont la fantaisie ne s'arrêta même pas dans les régions de l'impossible.

Paganini, né à Gênes en 1784, montra de telles aptitudes et une telle passion pour le violon, que son père ne put se refuser à l'envoyer à Parme prendre des leçons de Ralla. Celui-ci était malade

quand on lui amena le jeune Paganini et ne voulut pas le recevoir. L'enfant, qui attendait dans la chambre voisine, aperçut le violon de Ralla ; il le prit et se mit à déchiffrer un concerto inédit qui se trouvait là, avec une telle perfection que le professeur le fit entrer pour lui dire qu'il n'avait rien à lui apprendre. Vers quinze ans, Paganini commença ses tournées triomphales en Italie, mais il se laissa aller à la passion du jeu et son violon demeura plusieurs fois en gage. Tout d'un coup, au milieu de ses succès, il se prit d'une double passion aussi étrange que violente pour la guitare et l'agriculture. Il cultiva ces goûts dissemblables avec acharnement pendant quatre ans. En 1805, il recommença ses voyages en Italie et en Allemagne. Il vint donner son premier concert à l'Opéra de Paris en 1831 et y excita un enthousiasme extraordinaire. Fétis, qui l'entendit plusieurs fois, en parle ainsi :

« L'opposition des différentes sonorités, la diversité dans l'accord de l'instrument, l'emploi fréquent des sons harmoniques simples et doubles ; les effets de cordes pincées réunis à ceux de l'archet, les différents genres de staccato, l'usage de la double et triple corde, une prodigieuse facilité à exécuter les intervalles les plus larges avec une justesse parfaite, telles étaient les principales qualités de son jeu. »

Sa posture en jouant était entièrement contournée, le coude gauche ramené jusqu'au milieu de sa poitrine, et tout son corps déhanché produisait un effet singulier sur ceux qui le voyaient pour la pre-

mière fois. Avec cela l'autorité de ses premiers coups d'archet était inexprimable.

« La qualité du son qu'il tirait de son instrument, dit encore Fétis, était belle et pure sans être extrêmement volumineuse. Ce qui était étonnant, c'était la variété de voix qu'il faisait prendre à son instrument. »

En dehors de ses compositions il était, paraît-il, assez médiocre et ne jouait pas bien le quatuor.

Une fois son talent formé, il n'étudia presque plus et ne touchait pas à son violon dans l'intervalle de ses concerts. Dans sa jeunesse, au contraire, il répétait la même difficulté jusqu'à la redire pendant douze heures de suite et rester ensuite comme épuisé et hébété.

Il mourut à l'âge de cinquante-six ans, en 1840, possesseur d'une fortune évaluée à deux millions.

Ses succès ont engagé les violonistes à se jeter dans des excentricités et des tours de force qui ne sont pas toujours agréables, et en somme les choses extraordinaires qu'il a exécutées sur le violon ne constituent pas, comme celles de ses devanciers, un véritable progrès artistique.

Après avoir essayé de montrer la série des grandes individualités du violon, il nous reste à faire connaître ce qu'était le talent des artistes qui composaient les orchestres. Les Italiens furent aussi, sur ce point, plus avancés que leurs contemporains étrangers jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, où, sous

l'influence des symphonistes allemands, l'avantage tourna du côté des pays du Nord.

En France, au moment où Lulli conduisait l'Opéra, il faut croire que les exécutants n'étaient pas très bons, car il avait divisé les violons en deux bandes, l'une, la plus petite, qui contenait les meilleurs artistes, accompagnait les chanteurs et était chargée des passages difficiles; l'autre, la grande bande : que l'on appelait aussi *violoni ripieni*, accompagnait les chœurs, les marches et, en général, ne donnait que dans les tutti.

Quand on lit les anciens concertos de violon, on voit, en comparant la partie du violon solo avec celles des violons accompagnateurs, que ce que l'on demandait à l'orchestre était peu de chose en regard de ce qu'exécutait le virtuose. Cette distance va en s'effaçant peu à peu. Dans les concertos modernes, qui sont de véritables symphonies, l'orchestre exécute souvent des passages qui sont presque de la virtuosité, et il n'y a guère de difficultés qu'on ne puisse proposer aux violonistes de l'orchestre de l'Opéra, du Conservatoire ou des concerts Pasdeloup. Nous parlons, bien entendu, au point de vue mécanique de l'instrument.

Ce rapprochement tient à ce que les ressources matérielles des instruments à archet sont maintenant presque toutes connues et exploitées, et qu'on n'y peut plus faire de découvertes; la masse des exécutants, ayant toujours suivi les progrès des maîtres, arrive maintenant à les rattraper, et ce qui

distingue un violoniste capable de se faire entendre dans un solo d'avec ses collègues de l'orchestre tient plutôt à des qualités personnelles de style, de chaleur, de grâce, enfin aux mérites artistiques plus qu'à ceux de la virtuosité.

LA FLUTE

Les flûtes aujourd'hui en usage sont de deux sortes : la plus connue, celle dont on se sert dans les orchestres, est la flûte traversière, ou flûte allemande, qui est tenue de façon qu'elle forme une ligne un peu oblique avec la verticale en traversant devant la figure de l'exécutant, et le fifre, ou petite flûte, qui est la reproduction de la flûte traversière à l'octave supérieure.

Les autres flûtes que l'on tient presque verticalement sont le galoubet des Provençaux et le flageolet.

Dans ces instruments, le son est obtenu de la même façon, c'est-à-dire par le frôlement de l'air, soit sur les bords du trou de la flûte traversière, soit contre le biseau du sifflet qui forme la tête du flageolet. Celui-ci est le dernier restant de toute une famille d'instruments qu'on appelait flûtes douces, flûtes à bec ou flûtes d'Angleterre, et qui servirent presque exclusivement dans les orchestres jusqu'au

commencement du XVIIIe siècle. Ces flûtes, habituellement en ivoire, variant entre 40 et 60 centimètres de long, avaient l'apparence de gros flageolets. Leur son était doux et plein.

La plus ancienne de toutes les flûtes est la *syrinx* ou flûte de Pan; mais, comme les faunes et les satyres qui dansaient sur les montagnes de la Grèce sont les seuls qui aient su en tirer parti, nous n'en parlons ici que pour mémoire.

Dans la nomenclature si compliquée des flûtes dont se servaient les Grecs et les Latins, on en rencontre une qu'ils nommaient *plagiaulos*, flûte oblique et qui, suivant les érudits, serait notre flûte traversière moderne.

Les peintures et les sculptures antiques représentent fréquemment des joueurs ou des joueuses de flûte; mais la forme de leur instrument indique que c'étaient plutôt des hautbois ou des flûtes à bec que la flûte traversière moderne. Quoi qu'il en soit, la flûte avait un rôle si important dans les cérémonies et les divertissements des anciens qu'il est impossible de n'en pas parler.

Le plus souvent, les flûtes étaient associées deux à deux; un bandage nommé *phorbeia* les maintenait sur la bouche de l'exécutant et servait aussi à donner de la résistance aux muscles des joues.

Celle qui se jouait de la main droite était la plus grave et celle de gauche la plus aiguë. Quand elles étaient toutes deux graves, on les appelait *pares dextræ*, ou *pares sinistræ* si elles étaient hautes.

Une grave et une aiguë se nommait *tibiæ impares*. Au théâtre, la flûte servait à soutenir le débit des acteurs, et plusieurs comédies de Térence portent cette désignation des airs de flûte : *Modos fecit Flaccus Claudii f. paribus dextris et sinistris*. « Flaccus, fils de Claudius, composa les airs pour les flûtes égales, graves et aiguës. »

Les flûtes longues servaient principalement dans les cérémonies religieuses. Aux fêtes d'Adonis, tandis que les femmes faisaient retentir le temple de leurs gémissements, chantant : « Hélas! hélas! ô Adonis ! » les flûtes phrygiennes aux sons graves et tristes suivaient à l'unisson la mélopée des pleureuses.

Les flûtes aiguës étaient surtout employées dans les cérémonies nuptiales. Quand les parents et les amis reconduisaient le soir la mariée à sa maison, ils s'arrêtaient devant la porte, et tandis que l'époux prenant sa jeune femme entre ses bras lui faisait franchir le seuil de sa nouvelle demeure, les habitants, éclairés par la lueur des torches qui faisaient reluire les bijoux et les noirs anneaux des chevelures féminines, chantaient : « O hyménée! ô hyménée! » au son des flûtes lydiennes hautes et gaies.

La flûte suivait aussi les funérailles, et pour indiquer qu'un malade était dans un état désespéré, on disait : *Jam licet ad tibicines mittas*. « Il est temps d'envoyer chercher les flûtes. » Les noms que les anciens donnaient aux différentes sortes de flûtes sont nombreux et on en a relevé plus de deux cents dans les divers écrits de l'antiquité.

Il y avait la *gyngrine lugubre* ou phénicienne, longue d'une palme et demie ; la *pythique*, l'*hermiope* ou tendre, la *lyriade*, la *milvienne*, l'égyptienne ou *monaulos*, etc. On ne trouve rien de précis au sujet de l'emploi de la flûte oblique ou *plagiaulos*, notre flûte traversière moderne. On pourrait, cependant, la rapprocher encore d'une grande flûte qu'on voit représentée dans les peintures des tombeaux égyptiens. L'exécutant la tient obliquement et semble souffler dans une des extrémités comme quand on siffle dans une clef. Cette flûte, qui devait être longue d'à peu près un mètre et dont on a retrouvé un exemplaire presque intact dans un tombeau, avait des sons assez graves et, particularité très remarquable, elle est percée de façon à faire entendre cinq demi-tons consécutifs qui se reproduisent à l'octave supérieure. Elle se jouait accompagnée de la harpe. D'après la sonorité produite par cette combinaison dans la musique actuelle, on peut conjecturer que cette grande flûte était destinée à exécuter les mélodies graves et mystérieuses du culte des anciens dieux de l'Égypte.

La musique, comme tous les autres arts, disparut pour un temps avec la religion païenne, et, depuis, on a perdu toute certitude sur ce que pouvaient être le chant et les instruments de l'antiquité.

La flûte traversière reparut aux approches de la Renaissance, et on la voit même représentée fréquemment sur les manuscrits et les monuments des époques précédentes.

Dans un ouvrage intitulé la *Musique dans l'Ymagerie du moyen âge*, de M. Lavoix fils, on trouve des renseignements très précis et très curieux sur les instruments de musique et leurs apparitions successives.

On y voit que la flûte traversière était employée à l'église et dans les cérémonies laïques au XIVe siècle. Elle figure aussi sur un vitrail du XVIe siècle à Bar-sur-Aube, comme faisant partie d'un cortège burlesque du bœuf gras.

A partir de cette époque, la flûte traversière fut souvent employée dans les concerts d'instruments : mais ce n'est qu'au XVIIIe siècle qu'elle prit une place définitive dans les orchestres de théâtre et de symphonie et qu'elle remplaça les flûtes douces.

On en fabriqua à cette époque plusieurs formats qui permettaient de faire des concerts de flûtes. On remarque au musée des instruments du Conservatoire une basse de flûte traversière qui mesure 1 mètre 23 centimètres de longueur.

Vers 1827, le capitaine W. Gordon perfectionna la justesse de l'instrument en perçant les trous de façon à obtenir une gamme chromatique juste ; après lui, Th. Bœhm remplaça les clefs par des anneaux et augmenta l'étendue de l'instrument. La flûte a maintenant trois octaves entières, depuis l'*ut* qui se trouve au-dessous des portées de la clef de *sol* jusqu'au second *ut* des portées additionnelles.

La petite flûte subit les mêmes perfectionnements, et c'est elle qui forme la limite à l'aigu des sons de

l'orchestre. Sa dernière note fait 4,752 vibrations à la seconde, tandis que le *mi* grave de la contrebasse à quatre cordes, qui est à la limite grave, n'en fait que 40. Le timbre peu mordant de la flûte est, à cause de cela, excellent pour dessiner dans le haut les mélodies vives et légères; dans son médium, elle est douce et tendre, tandis que ses notes graves, gutturales et froides ont été employées avec succès par les compositeurs modernes dans l'expression des sentiments mystiques.

LE HAUTBOIS

De tous les instruments à vent qui sont maintenant en usage dans l'orchestre, le hautbois est celui dont l'individualité est la plus frappante. Bien que les perfectionnements apportés à son mécanisme aient un peu altéré la franchise de son timbre, il a gardé le privilège de toujours ramener à l'esprit les images et les sensations qui ont entouré son origine pastorale.

Plus ancien que la corde de la lyre, le petit appareil de roseau qui forme l'anche du hautbois est venu jusqu'à nous sans subir de modification et tel que les bergers des temps fabuleux l'ont inventé.

Il est composé de deux fines lamelles de roseau

appliquées l'une contre l'autre de manière à laisser entre elles un étroit interstice. On les réunit à la base par un fil et on les implante dans l'extrémité de l'instrument. Sous la pression du souffle, elles s'ouvrent et se referment très rapidement, et, en interceptant périodiquement le vent, elles donnent ainsi naissance aux vibrations qui produisent dans le corps de l'instrument ce son musical un peu nasillard et si coloré que tout le monde connaît.

« Pour fabriquer une anche sonore, il faut choisir des roseaux qui ont poussé dans les pays du midi. C'est après la maturité du fruit qu'il faut les couper et se servir de la partie qui est exposée au soleil. » Ces préceptes, qui semblent l'écho d'une antique tradition pastorale, sont exposés dans une méthode de hautbois de Brod, publiée il y a une quarantaine d'années. Ils démontreraient suffisamment l'origine rustique du hautbois si elle ne l'était déjà par le caractère de l'instrument.

Le corps du hautbois n'a pas varié non plus; tous les exemplaires anciens que l'on connaît sont tous coniques, variant dans leurs proportions, comme longueur et comme évasement, mais conservant toujours cette même forme; il paraît à peu près certain, d'après les observations des facteurs d'instruments, que le timbre est le résultat de la forme de la colonne d'air aussi bien que de la manière de la mettre en vibration.

Le plus simple des hautbois connus est un instrument indien appelé *otou*, sans trous ni clefs, ne don-

nant, par conséquent, qu'une seule note et qui sert à rythmer la danse.

Si l'on considère l'antiquité de tout ce qui nous vient de l'Inde, on peut supposer que c'est le plus ancien de tous les instruments de cette sorte. Les peuples de ce pays, qui, bien des siècles avant notre ère, avaient déjà un système musical complet, ont encore deux autres sortes de hautbois : le *nagassaran*, petit hautbois à cinq trous, et un autre, le *sounnagie,* beaucoup plus grave.

Le hautbois fait aussi partie de l'orchestre arabe ; on l'appelle le *zamr* et en persan *zourna*. Il en existe trois formats : le *zamr-el-kébyr*, le plus grave ; le *zamr* moyen et le *zamr-el-soghayr*, le plus aigu. Le moyen est à la quinte et le grave à l'octave de l'aigu. Un autre, l'*éragyeh*, le plus bas de tous, est percé de trous qui divisent l'échelle sonore de l'instrument par quarts de ton.

Le hautbois primitif, qu'on peut encore entendre dans nos pays, est le *piffero pastorale* des Italiens, qui se joue habituellement accompagné de la *zampogne* ou cornemuse italienne.

C'est cet instrument au son pittoresque et sauvage qui s'est peu à peu apprivoisé et qui, adouci par des perfectionnements successifs, est venu former un des principaux éléments de l'orchestre.

Au moyen âge, et jusqu'au XVIIIe siècle, les cromornes, les chalumeaux, les musettes et les hautbois furent les accompagnateurs des réjouissances populaires et des fêtes villageoises. Leur étendue ne dé-

passait guère alors une octave et demie, mais leur son rude convenait admirablement aux danses paysannes qui retentissent sous les feuillées. « Il n'est maintenant de manouvrier, dit Thoinot-Arbeau, auteur français du XVIe siècle, qui ne veuille avoir à ses noces les hautbois et les sacqueboutes (trombones). »

A la même époque, les hautbois étaient employés aussi comme instruments militaires, surtout pour l'infanterie. « A la vérité, dit l'auteur que nous venons de citer, les hautbois ont quelque ressemblance aux trompettes et sont une consonance assez agréable quand les gros sonnent l'octave, soit même ensemblement avec les petits hautbois qui sonnent l'octave en haut. » Plus tard, Lulli écrivit pour les mousquetaires du roi Louis XIV, les gardes-françaises et d'autres régiments des marches pour les hautbois qui furent recueillies par Philidor et qui sont maintenant en manuscrit à la bibliothèque de Versailles. Les hautbois restèrent dans la musique militaire jusque dans ces derniers temps, où l'amoindrissement de leur timbre est la véritable cause qui les a fait presque abandonner. Ceci est très regrettable, car le timbre du hautbois a beaucoup d'affinité pour celui des cuivres, et leur alliage est très brillant.

Au XVIIe siècle, les hautbois commencèrent à passer de mode dans les plaisirs populaires. Le Père Mersenne, dans son *Harmonie universelle*, dit, à l'article des hautbois : « Leur musique est propre aux

grandes assemblées comme pour les ballets, encore qu'on se serve maintenant des violons aux noces et fêtes de village. »

A partir du moment où le violon, plus gai, mais moins énergique, remplaça le hautbois dans les divertissements particuliers, celui-ci devint presque exclusivement un instrument d'art et d'orchestre. Bientôt ce ne fut plus qu'entre les mains des bergers de Watteau qu'on put le voir encore dans ses emplois rustiques, accompagné par les musettes enrubannées.

Cambert introduisit les hautbois à l'orchestre de l'Opéra en 1671, dans sa pastorale de *Pomone*. Ils y étaient, paraît-il, en nombre presque égal aux violons et assez rudement joués. Ils firent donc partie de l'orchestre de ce théâtre dès sa fondation, car *Pomone* est la première pièce qui y fut représentée après que Cambert et l'abbé Perrin eurent obtenu le privilège, en 1669, de fonder une Académie de chant et de danse.

On voit au musée des instruments du Conservatoire des hautbois du XVIIe siècle; ils n'ont que trois clefs et avaient une étendue assez restreinte. Mais, si ces instruments sont moins agiles que les nôtres, en revanche ce sont des chefs-d'œuvre de fabrication. Il y en a un surtout en ébène et ivoire, avec des incrustations d'or et de petites pierres fines, qui est un modèle d'ornementation. C'est une pièce des plus précieuses.

Dans les orchestres du XVIIIe siècle, les hautbois

avaient un rôle beaucoup plus important que maintenant, surtout au point de vue mélodique. Cette différence tient d'abord à ce qu'ils étaient seuls avec les flûtes comme instruments à vent chantants, et puis la musique de ce temps avait, même dans ses expressions les plus graves, un naturel et une naïveté qui trouvaient dans le hautbois un interprète tout indiqué. Les passages que Hændel et Sébastien Bach ont écrits pour le hautbois, soit dans des oratorios, soit comme solo, peuvent être cités comme étant ce qui convient le mieux au caractère de l'instrument.

Vers cette époque, le cor anglais commença aussi à entrer dans la musique d'orchestre. Le cor anglais est un hautbois plus grave d'une quinte que le hautbois ordinaire; il est à celui-ci comme l'alto est au violon. C'est ce qu'on appelait autrefois la taille de hautbois. Son tube est plus allongé que celui du hautbois. Il était autrefois en bois recouvert de cuir et recourbé; maintenant on les fait droits et en palissandre.

Ce qui est particulier dans cet instrument, c'est que la forme de son pavillon, au lieu d'être évasée, est au contraire en forme de sphère un peu allongée. Son timbre est plus sombre et plus contenu que celui du hautbois. L'*andante pastoral* de l'ouverture de *Guillaume Tell* est joué par un cor anglais, ainsi que la ritournelle de l'air de la *Juive : Rachel, quand du Seigneur*, qui est exécutée à la tierce par deux de ces instruments. Ce sont habi-

tuellement les artistes chargés de la partie de hautbois qui jouent le cor anglais.

Les perfectionnements sérieux du hautbois furent faits à la fin du siècle dernier par Delune, Triebert, Brod, etc.

L'étendue du hautbois fut portée à deux octaves et une sixte, du *si* naturel au-dessous de la clef de *sol* jusqu'au *sol* au-dessus des portées additionnelles. Mais ce fut aux dépens du timbre de l'instrument, qui en fut affaibli.

C'est vers 1750 que les premiers virtuoses hautboïstes se firent remarquer : les frères Besozzi, en Italie, Sallantin, en France, sont les premiers noms qu'on rencontre. Celui-ci fut nommé professeur au Conservatoire lors de la fondation de cet établissement en 1795. Sa place fut successivement occupée par Vogt, Verroust, Triebert, aussi habile facteur que virtuose distingué; par Barthélemy et enfin par M. Colin, premier prix de hautbois et grand prix de Rome pour la composition musicale, qui en est le titulaire actuel.

LA CLARINETTE

La clarinette n'a pas, comme les autres instruments de l'orchestre, une origine ancienne se rattachant aux sensations primitives de la danse, de la guerre, de la chasse ou de la vie pastorale; c'est l'invention la plus originale qui se soit produite en matière d'instruments d'orchestre et la seule qui soit relativement moderne.

La clarinette est un instrument romantique par excellence qui répond à des sensations musicales nouvelles. Son timbre, élégant et pur dans le médium, semble fait pour les phrases sentimentales et pâles de la musique moderne; les notes de son octave basse qu'on appelle *le chalumeau,* vibrantes et mystérieuses, contrastent avec les sons brillants des notes les plus élevées. On peut considérer la clarinette comme la voix féminine de l'orchestre, contralto et soprano à la fois, et douée d'une grande agilité dans toute son étendue.

Elle fut inventée par Denner, facteur d'instruments à Nuremberg, en 1690. S'il fallait chercher quelle fut l'idée première qui fut le point de départ de cette invention, on la trouverait peut-être dans le chalumeau de blé, qui est plutôt un jouet qu'un instrument, mais qu'on peut considérer comme l'ébauche de la clarinette. Cet instrument agreste est

décrit dans l'*Harmonie universelle* du Père Mersenne.

On coupe une paille au-dessus d'un de ses nœuds, de façon que l'air ne puisse pas sortir en arrière, puis, au-dessous, on découpe une petite languette longitudinale qui reste adhérente par le côté opposé au nœud. Quand on met cette partie du chalumeau dans sa bouche en soufflant, la languette ouvre et referme l'ouverture en produisant ainsi le son d'une anche battante simple. La disposition de la clarinette est analogue.

Elle se compose d'un pavillon évasé, de deux corps qui s'emboîtent bout à bout et d'un bec. La colonne d'air que renferment ces différentes pièces est *cylindrique*, excepté dans le premier corps où elle est un peu renflée. Cette colonne d'air vient se terminer dans le bec taillé en biseau contre lequel est adaptée l'anche. On peut comparer le bec de la clarinette à la dernière phalange du pouce. L'ongle serait l'anche qu'on pose sur la lèvre inférieure et qui bat contre la fente qui amène l'air dans l'instrument. Cette disposition générale de la clarinette donne à ses sons la propriété de sauter facilement à la douzième ou octave de la quinte, quand on souffle un peu plus fort en pinçant les lèvres. Ils diffèrent en cela des sons du hautbois et du basson qui, eux, sautent à l'octave supérieure sous la même action. Le mécanisme des clefs de la clarinette est en partie basé sur cette faculté qui est cause de son timbre clair et brillant.

Quand Denner construisit la première clarinette, il ne la perça que de sept trous qui donnaient les intervalles de la gamme diatonique et ne l'arma que d'une ou deux clefs. On ne tarda pas à augmenter ce nombre jusqu'à cinq, et elle fut jouée ainsi longtemps jusqu'au moment où le facteur et virtuose Lefebvre ajouta la sixième clef pour l'*ut* dièse ou *ré* bémol de l'octave basse et le *sol* dièse ou *la* bémol de la seconde octave.

Arrivée à ce point, la clarinette était déjà un instrument assez parfait, et l'étendue de ses trois registres, le *chalumeau*, le *clairon* et les *sons aigus*, était presque complète.

Les virtuoses de cette époque sont Beer, Michel, Lefebvre, etc. On leur reprochait d'avoir un son plus volumineux qu'agréable et qu'on désignait sous le nom de *son français*. Les clarinettistes allemands, au contraire, avaient, sous le rapport du son, une grande supériorité, qui tenait à ce qu'ils posaient l'anche de la clarinette sur la lèvre inférieure, tandis que les Français la serraient avec la lèvre supérieure. Quand ceux-ci eurent adopté la méthode allemande, toute inégalité disparut entre eux et leurs rivaux.

La clarinette commença à s'introduire dans les orchestres vers le milieu du XVIIIe siècle. Elle fut employée par Rameau dans *Acanthe et Céphise*, pastorale héroïque représentée à l'Opéra en 1751, année de la naissance du duc de Bourgogne. Rameau, à cette occasion, fit de l'ouverture de la pièce l'imi-

tation d'un feu d'artifice, entremêlé de cris de : Vive le roi ! Les clarinettes ont, dans ce morceau peu intéressant au point de vue musical, des parties très distinctes et déjà assez brillantes. Elles sont aussi employées au second acte, avec les cors, dans une entrée de ballet ainsi que dans un air de chasseurs et divisées en premières et deuxièmes clarinettes. Gossec, étant très jeune, s'en serait servi aussi pour l'accompagnement de divers airs qu'il fit pour Sophie Arnoult vers la même époque. Ce même auteur fut le premier qui fit entendre la clarinette dans la musique symphonique en France, dans une symphonie composée pour le concert des amateurs.

A la fin du XVIIIe siècle, la clarinette faisait partie de presque tous les orchestres, sans cependant pour cela être indispensable comme elle l'est aujourd'hui.

La symphonie en *sol* mineur de Mozart, une des plus belles choses qui aient été écrites pour des instruments, n'a pas de partie de clarinette.

Mozart cependant l'introduisit dans la musique de chambre et écrivit un quintetto pour quatre instruments à cordes et la clarinette.

L'adagio de ce morceau est souvent exécuté dans les concerts, où il excite un grand enthousiasme. Il est à remarquer qu'il y employa les notes graves du chalumeau, dont on usait peu jusque-là.

Mais le maître qui exploita avec le plus de bonheur le timbre de la clarinette fut Weber. Il affectionnait cet instrument, et c'est lui qui mit le mieux

en relief son caractère romantique. Dans l'ouverture du *Freischütz,* par exemple, au milieu de la violente rafale de l'allégro, qui ne se rappelle la phrase de la clarinette qui passe comme défaillante au-dessus du trémolo de l'orchestre frémissant?

Weber écrivit aussi pour cet instrument une magnifique sonate avec piano et trois concertos pour le virtuose Baerman.

En 1811, Ivan Muller perfectionna la clarinette en lui ajoutant sept autres clefs, ce qui en porta le nombre à treize et permit de jouer dans tous les tons sans rien changer à l'instrument. Cependant, à cause de la difficulté des doigters, on se servit de clarinettes en plusieurs tons; en *ut,* en *si* bémol et en *la*. Ces tonalités donnent à ces instruments des timbres un peu différents. La clarinette en *ut* est assez brillante, mais facilement vulgaire. La clarinette en *si* bémol est celle qui se prête le mieux à la virtuosité; on l'emploie surtout dans les tons chargés de bémols. La clarinette en *la* est plus douce et sert pour tous les tons chargés de dièses.

Une des fonctions les plus importantes de la clarinette fut aussi de remplacer le hautbois dans la musique militaire. Quelques régiments les introduisirent dans leurs musiques vers la fin du règne de Louis XV, et peu à peu elles finirent par prendre le premier rang.

La musique militaire allemande, au milieu du XVIIIe siècle, consistait en 2 hautbois, 2 clarinettes, 2 cors et 2 bassons.

En l'an III de la République française, le Conservatoire était tenu de fournir à la garde nationale de Paris : 6 clarinettes, 1 flûte, 2 cors, 1 trompette, 3 bassons, 1 serpent, 1 cymbale et 1 grosse caisse.

Cette substitution des clarinettes aux hautbois tient d'abord à ce que le timbre de ceux-ci a été très affaibli par les perfectionnements du mécanisme et aussi au changement du style de la musique militaire.

Les clarinettes ont seules assez de brillant et d'énergie pour pouvoir lutter contre la masse des instruments de cuivre et assez de souplesse pour exécuter des traits rapides.

On emploie dans ce cas une clarinette plus petite en *mi* bémol, à la quarte haute de la clarinette en *si* bémol.

C'est surtout dans la musique militaire que le timbre féminin des clarinettes se fait sentir en contraste avec les voix mâles des cuivres. Aussitôt qu'elles montent un peu, il semble qu'on entende des voix de soprano.

Au théâtre on fait, mais par exception, usage de clarinettes plus graves que la clarinette ordinaire; c'est la clarinette alto en *fa* qui est à une quarte au-dessous de la clarinette en *si* bémol et la clarinette basse qui en est à l'octave basse. La première porte aussi le nom de *cor de basset* et a été employée par Mozart dans la marche et le chœur des prêtres, au commencement du second acte de la

Flûte enchantée. L'autre, la clarinette basse, perfectionnée par Adolphe Sax, a servi à Meyerbeer dans le trio du cinquième acte des *Huguenots*, où sa voix austère et solennelle répond au récit de Marcel.

La clarinette basse est à l'octave basse de la clarinette en *si* bémol. Elle diffère de celle-ci en ce que son tube est plus long et plus large, son pavillon de cuivre et son bec recourbés à angle droit avec le corps de l'instrument.

La clarinette reçut son dernier perfectionnement en 1843 par les soins de Klosé, qui lui appliqua le système des clefs à anneaux. Toutes les difficultés furent ainsi aplanies, et maintenant on ne joue plus guère que la seule clarinette en *si* bémol.

Presque tous les virtuoses que nous avons cités ont été professeurs au Conservatoire. Voici l'ordre dans lequel ils se sont succédé : Fuchs, Lefebvre, Beer, Klosé et aujourd'hui M. Leroy, qui sait faire chanter la clarinette avec le charme et l'élégance qui constituent le caractère original de cet instrument.

LE BASSON

Suivant tous les ouvrages qui traitent de l'histoire des instruments, ce serait un Italien, chanoine de Pavie, nommé Afranio, qui, dans le commencement du XVIe siècle, aurait inventé le basson.

L'instrument d'Afranio est décrit assez clairement dans un livre imprimé à Pavie en 1539 et qui traite des langues orientales.

L'auteur, Ambrogio Albonesio, qui était le neveu d'Afranio, fait une digression à propos du verbe grec *phago*, qu'il rapproche du mot *fagotto*, nom du basson en italien.

Il part de là, et, dans un récit plein de recherches singulières comme en faisaient les érudits de son temps, il donne une analyse très détaillée du *phagoto* de son oncle Afranio, en y joignant même un dessin très soigné qui représente les deux faces de l'instrument.

Il ne ressort pas de la lecture du texte ni de l'observation de la figure que l'instrument d'Afranio ait un rapport bien direct avec le basson tel que nous le connaissons. Le seul qu'on y puisse remarquer, c'est que c'était un instrument dont la note la plus basse était à l'unisson du tuyau de dix pieds de l'orgue. Mais ni sa construction ni la manière de le faire résonner ne peuvent en aucune façon se rapporter

au basson. C'était un assemblage de quatre colonnes creuses en buis juxtaposées, deux grandes et deux petites, qu'on tenait sur ses genoux et qu'on faisait parler au moyen d'un soufflet placé sous le bras droit qui envoyait le vent dans une outre placée sous le bras de gauche, laquelle, à son tour, l'envoyait dans l'instrument.

Un instrument construit de cette sorte ne pouvait rien avoir du timbre du basson, qui n'est lui-même autre chose qu'un grand hautbois replié en deux, contenant, comme lui, une longue colonne d'air conique, mise en vibration par une anche de roseau. Malheureusement, l'auteur, qui entre dans de grands détails quant à l'extérieur de l'instrument d'Afranio, ne parle pas de la manière de le mettre en vibration, de sorte qu'on peut croire que c'était une sorte de cornemuse ou une association de basses de flûtes à bec. Albonesio dit aussi que son oncle, s'il n'était pas l'inventeur du *phagoto*, était au moins celui qui l'avait perfectionné, ce qui indique que le *fagotto* existait avant lui et pouvait être autre chose qu'un basson.

Afranio, comme tous les inventeurs, paraît avoir été obligé de chercher hors de sa patrie des moyens de réaliser son invention, car c'est en Pannonie (Autriche) qu'il alla faire ses essais. Après avoir dépensé beaucoup de temps et d'argent en efforts infructueux, il laissa son instrument dans le pays et revint en Italie. Les Turcs s'étant emparés de Belgrade et de cette partie de l'Europe, il fut volé ou

vendu. Toujours est-il que l'on ne sait pas comment il revint entre les mains d'Afranio, qui, aidé par un savant ferrarais, G.-B. Bavilio, le perfectionna et porta son étendue de douze notes à vingt-deux. Si nous appelons l'attention sur ce document d'Albonesio, c'est que, à notre avis, l'histoire de la musique contient au sujet du basson une erreur, que de plus savants que nous démontreront certainement sans peine.

Parmi les bassons anciens qui sont semblables aux nôtres, on distingue le *courtaut*, qui avait une étendue d'une quinzième et qui servait de basse dans les concerts de musettes.

Le plus singulier était celui que le P. Mersenne appelle le *cervelas de musique*. Ce basson n'avait guère plus de vingt-cinq à trente centimètres de haut, sur environ quinze centimètres de diamètre. Le tube sonore, en retournant six fois sur lui-même dans l'intérieur, avait assez de longueur pour donner trois octaves d'étendue. On en voit un spécimen très curieux et très rare au musée des instruments du Conservatoire. Il fut fabriqué au temps de Louis XIII et appartenait à la maîtrise de Dijon.

C'est un instrument peu gracieux, qui devait donner, à celui qui en jouait, l'aspect de quelqu'un soufflant avec un tube dans un pot de confiture.

Avec cet inconvénient, le *cervelas de musique* en avait sans doute d'autres au point de vue musical ; car il ne resta pas en usage.

Très peu de temps après que les orchestres de

théâtre et de symphonie se furent formés, le basson y prit une place importante ainsi que dans les musiques militaires.

Comme presque tous les instruments à vent de l'orchestre, le basson ne fut perfectionné que vers la fin du XVIIIe siècle, et c'est à ce moment qu'il commença à être traité en solo, quand sa justesse fut un peu assurée.

Toutefois, ce n'est que par des tâtonnements successifs qu'on est arrivé à le rendre juste, et, aujourd'hui encore, il n'y a pas de loi mathématique qui préside à sa construction. Le basson se prête à rendre des idées musicales d'un caractère très varié. Le médium et l'octave suivante sont favorables aux chants tendres, affectueux plutôt que passionnés. Les notes basses sont puissantes et lourdes. On connaît l'effet fantastique que Meyerbeer a tiré des bassons dans l'introduction du ballet des nonnes de *Robert le Diable*. L'entre-choquement des tierces et des sixtes sur les notes graves de ces instruments donne l'impression d'un cliquetis d'ossements et de têtes de mort. C'est grotesque et terrible comme une fantaisie de Callot. La voix du basson devient facilement comique, et, en exagérant un peu sa gravité, il prend volontiers l'accent père noble, comme on dit au théâtre.

Son rôle comme instrument d'orchestre est des plus importants, soit pour faire des tenues d'accords avec les clarinettes et les cors au centre de la masse instrumentale, ou bien à suivre la basse et quelque-

fois à doubler les chants du violon à l'octave inférieure. Dans les grands orchestres, comme celui de l'Opéra, les bassons sont au nombre de quatre.

A la suite des perfectionnements de son timbre, le basson a maintenant une étendue de trois octaves et une quinte à partir du *si* bémol au-dessous des portées de la clef de *fa*. Tout ce que nous avons dit au sujet de l'anche du hautbois peut également s'appliquer à celle du basson, sauf qu'elle est plus large, étant destinée à produire des sons plus graves.

Comme le hautbois, le basson a la faculté d'octavier, c'est-à-dire que le son passe brusquement à l'octave supérieure quand on presse l'anche avec les lèvres. C'est au moyen de cet artifice qu'on produit les notes de la dernière octave haute.

Le premier professeur qui enseigna le basson au Conservatoire de musique lors de sa fondation fut l'éminent virtuose Gebauer. Après lui ce furent MM. Barizel, Willent, Cokken, et maintenant M. E. Jancourt, qui ajouta au basson plusieurs clefs qui perfectionnent encore sa justesse.

LE COR

Les cors résonnèrent pour la première fois à l'orchestre de l'Opéra en 1735, dans *Achille et Déidamie*, tragédie lyrique du compositeur français Campra. Les instruments de la chasse prenaient ainsi officiellement leur place dans la musique d'art.

Déjà on les avait employés en Allemagne depuis le milieu du XVIIe siècle; de là l'usage s'en était répandu dans les orchestres d'Italie, où il avait été rapporté par Scarlatti et Lotti, qui écrivaient leurs ouvrages à la fin de ce siècle et au commencement du XVIIIe. Mais avant de passer de la forêt dans le théâtre, le cor avait subi plusieurs transformations. Les anciens ouvrages de vénerie donnent quelques informations sur les premiers instruments ayant quelque rapport avec le cor moderne.

Hardouin, seigneur de Fontaine-Guérin, dans son *Trésor de vénerie*, datant de la fin du XIVe siècle, donne les principaux signaux de chasse qui, de son temps, marquaient les différentes péripéties de ce divertissement. D'après les dessins qui ornent son livre, le cor de chasse était un petit cornet ayant au plus 50 centimètres de longueur et pouvant donner le *fa* ou le *sol* aigu. Un instrument ainsi fait ne pouvait fournir qu'un nombre très restreint de notes;

PUBLIC LIBRARY
FITCHBURG, MASS.

aussi Hardouin n'indique-t-il que la longueur ou la brièveté des sons et ne s'occupe pas de l'intonation.

Avec ce seul moyen, il expose quatorze *cornures* différentes : l'assemblée, la queste, la veue, le mescroy, etc.

Dans un coin des dessins qui représentent chacune de ces actions se trouvent notées les valeurs de temps des signaux. A cette époque, ces petits cors s'appelaient des *huchets*. On fait venir ce terme d'un mot du vieux français *huscher*, appeler. On s'en servit fort longtemps. Au XVIe siècle, on le trouve dans Rabelais : *Huschant en paulme, je me rendrai à vous.*

Huscher en paulme, c'était appeler en portant les mains de chaque côté de la bouche pour faire office de pavillon.

Du Fouilloux, dans son célèbre *Traité de vénerie*, publié en 1561, se sert tantôt du mot *huschet*, tantôt du mot *trompe*.

La trompe, telle qu'elle est représentée dans cet ouvrage, est déjà plus longue que le huschet de Hardouin.

Elle fait un tour sur elle-même au milieu de l'arc qu'elle décrit, ce qui peut lui donner une longueur de 1 mètre 30 centimètres à peu près en ligne droite et place son diapason au *si* bémol, ton du cornet à pistons. Du Fouilloux ne fait aussi qu'indiquer la durée des sons sans l'intonation et les désigne par la syllabe *tran*.

25809.

Ce qu'il note avec le plus de soin, ce sont les phrases que les piqueurs doivent dire pour exciter la meute ou la remettre sur la voie.

Le lancer, par exemple : *Hau! il fuyt là, chiens!* est décrit avec non seulement la mesure exacte, mais encore les intonations précises.

Cette récitation traditionnelle est, musicalement, très curieuse, car elle n'est nullement arbitraire et peut être considérée comme une mélopée naturelle et primitive.

Bien qu'on ne trouve dans Du Fouilloux que des signaux mesurés, il est certain qu'on devait tirer divers sons de la trompe, puisqu'il dit que, pour le cerf, on ne doit sonner que le *gresle* et laisser le *gros* pour les animaux moins nobles, comme le sanglier et le loup.

L'ouvrage du P. Mersenne, écrit sous Louis XIII, nous montre tous les cors usités de son temps.

Dans la figure qui accompagne le texte, on voit le grand cor, le huchet, la trompe à un tour et une sorte de trompe à cinq ou six tours très serrés qui devait se rapprocher de la trompe du XVIIIe siècle. Le musée du Conservatoire possède les trois premiers de ces instruments. On peut leur attribuer les tons suivants : le grand cor, 1 mètre 44 centimètres, *la* bémol ou *sol;* le huchet, 1 mètre 13 centimètres, *ré* bémol; la trompe, 1 mètre 30 centimètres, *si* bémol.

D'après cela, on peut être certain que, sous Louis XIII, les fanfares de chasse que nous connais-

sons n'existaient pas encore; car elles seraient sans caractère sur des instruments aussi aigus.

Sous Louis XIV, la chasse prit d'autres allures; ce n'était plus seulement un plaisir de mouvement et de joyeuseté, comme au temps de François Ier ou de Charles IX; elle tourna en représentations où le cerf, les chiens, les piqueurs, les chasseurs en costumes brillants étaient les acteurs; la forêt, le décor, et le roi, entouré des dames, le spectateur immobile et majestueux.

Dès lors, la musique de la chasse dut faire entendre des accents moins sauvages et pouvoir célébrer les différentes phases de ce drame en plein air, sonner la victoire ou la défaite, l'hallali ou la retraite.

C'est vraisemblablement vers la fin du XVIIe siècle qu'on adopta la grande trompe à trois tours dont le tube développé a 4 mètres 44 centimètres de long et donne comme note fondamentale le *ré* grave au-dessous des portées de la clef de *fa*, ce qui place ses bonnes notes autour du *ré* qui est au milieu de l'échelle des sons.

Au reste, ce choix était très heureux, et l'on ne se figure plus maintenant une chasse menée avec des instruments aigus; il semble que le son du grand cor trouble moins la solitude. Malgré sa rudesse, quand il arrive de loin, mêlé au bruit du vent dans les ramures, il prend une teinte mélancolique qui s'harmonise admirablement avec l'orchestration naturelle de la forêt.

C'est alors qu'on inventa les fanfares, dont plu-

sieurs sont restées populaires. On trouve, dans les traités de vénerie qui ont été publiés vers 1730 ou 1740, l'*Hallali,* la *Royale* et beaucoup d'autres aussi connues, composées antérieurement.

Quand on se rappelle les sons énergiques de la trompe de chasse, on pourrait être étonné des sons doux et chantants qu'on lui fait rendre à l'orchestre. Le cor d'orchestre et la trompe sont construits de même, et cette différence de caractère est due uniquement à l'embouchure. Celle de la trompe de chasse communique avec l'instrument par un trou plus étroit que le tube, ce qui force et *cuivre* le son. Dans le cor d'orchestre, l'embouchure est un cône très allongé qui vient se raccorder sans étranglement avec l'orifice du tube.

Quelque temps après que le cor fut devenu un instrument d'orchestre, on découvrit l'art d'émettre ce qu'on appelle les *sons bouchés.*

On sait que tout tube sonore ne fait entendre naturellement qu'une série de sons très distants dans le grave et allant toujours en se rapprochant vers l'aigu. Ce sont les *sons ouverts;* les *sons bouchés* sont ceux qu'on obtient artificiellement en introduisant la main dans le pavillon. Ces sons artificiels vibrent sourdement et enrichissent par leur diversité le timbre du cor d'harmonie.

Suivant une tradition que nous ne donnons pas pour certaine, mais qui a quelque apparence de vérité, voici de quelle manière cette découverte aurait été faite.

Pour adoucir le son des hautbois, très nombreux alors à l'orchestre de l'Opéra, on mettait un tampon de coton dans leur pavillon; vers 1750, un célèbre corniste, Hampl, se servit de cet artifice pour assourdir les sons du cor; il s'aperçut alors que son instrument était haussé d'un demi-ton. Il essaya cette expérience sur toutes les notes du cor, et, en entremêlant les sons naturels du cor avec les sons bouchés, il parvint à faire entendre presque tous les intervalles de la gamme; puis, pour plus de simplicité, il remplaça le tampon par la main.

A partir de ce moment, le cor devint un instrument auquel on put faire exécuter des phrases mélodiques plus détaillées, et la virtuosité s'en empara.

Parmi les célèbres cornistes du XVIIIe siècle, on remarque un Bohémien nommé Stick, en français « Point. » Pour donner plus de relief à son nom, il le traduisit en italien et se fit appeler Punto, qui a la même signification, ce qui lui valut une épitaphe ingénieusement flatteuse commençant ainsi : *Omne tulit Punto*.....

Il se fit entendre avec un très grand succès à Paris en 1778.

C'est pour lui que Beethoven écrivit sa sonate en *fa* pour piano et cor.

Les divers perfectionnements des instruments de cuivre furent successivements appliqués au cor. Un Allemand, nommé Haltenhorf, inventa le cor à coulisse, et, en 1814, Stœlzel fit un cor chromatique à trois pistons qui donnait toute l'échelle des demi-

tons, depuis les notes les plus graves jusqu'aux plus aiguës.

Il suffit de citer les noms de Haydn, de Méhul, de Weber, pour rappeler les exemples les plus marquants de l'emploi des cors à l'orchestre. La chasse au cerf des *Saisons,* l'ouverture du *Jeune Henri*, celle du *Freischütz* nous les montrent à découvert et dans leur caractère spécial.

Il serait plus compliqué de décrire la place qu'ils tiennent dans les sonorités modernes. Souvent cachés dans le milieu de l'harmonie, ils donnent de la plénitude et de la densité à l'ensemble. On peut les comparer dans ces fonctions à certaines teintes neutres que les peintres mêlent à leur coloris, qui, sans cela, paraîtrait sec et dur. C'est d'ailleurs dans les traités d'instrumentation qu'on peut s'éclairer à cet égard.

Les cors ont fait partie de la musique militaire en France depuis le milieu du XVIIIe siècle; mais, dans nos musiques modernes, les instruments nouveaux ont pris un tel éclat que les cors n'y paraissent plus guère que pour la forme et on ne les entend plus.

Parmi les virtuoses célèbres qui se sont illustrés dans le XIXe siècle, on ne peut oublier M. Vivier, qui est parvenu à faire entendre, paraît-il, trois et quatre notes à la fois sur le cor, accompagnant ainsi un son principal avec des harmonies plus faibles. Ce tour de force n'a pas été exécuté par d'autres et est resté sans explication.

Le cor fut enseigné au Conservatoire dès la fon-

dation de cet établissement. Il y eut d'abord deux classes qui, plus tard, furent réduites à une seule. Les professeurs furent successivement MM. Duvernoy, Kenn, Domnich, Meifred, pour le cor à pistons, Gallay et, aujourd'hui, M. Mohr.

LA TROMPETTE

On peut comparer les instruments qui résonnent au moyen d'une embouchure à ceux qui, comme le hautbois ou le basson, sont mis en vibration par une anche battante double, ainsi que nous l'avons exposé à propos de ces instruments.

Ici, ce sont les lèvres de l'exécutant qui produisent l'effet de l'anche. Appuyées contre les bords de l'embouchure et tendues en travers, elles s'opposent à la presssion de l'air qui est comprimé dans la poitrine et dans la bouche, ne le laissant passer que d'une façon discontinue, par secousses à peu près périodiques qui engendrent le son dans le tube de l'instrument.

Cette manière d'obtenir des sons très énergiques a été de tout temps appliquée à une foule d'instruments de formes très variées. Aujourd'hui encore, la famille des instruments de cuivre, dans laquelle les timbres se confondent souvent, offre aux yeux une

grande diversité, qui en rend d'abord le classement assez difficile.

Mais, en étudiant les types primitifs qui ont servi de modèles aux instruments de métal, on reconnaît qu'on peut les classer en deux groupes : les cors et cornets et les trompettes.

Les cornes de bœuf et de bélier, les défenses d'éléphant, les cors d'écorce d'arbre, les grandes coquilles marines et une quantité d'autres objets de forme analogue peuvent être considérés comme les ancêtres des cors et cornets d'airain qui ont servi aux usages les plus divers dans l'antiquité.

C'est à ce groupe d'instruments qu'appartient le *schophar* des Hébreux, appelé aussi *jobel* ou *keren;* on le sonnait d'un lieu élevé, le soir du sixième jour, pour appeler au sabbat les gens de la ville et de la campagne. Le *keras* des Grecs, la *buccina curva* et la *cornu* des Romains, l'*oliphant* des chevaliers, le *cornu* des Anglo-Saxons sont tous de la famille des cornets, la plus ancienne et la moins musicale de toutes, les tubes courts et très évasés de ces instruments réduisant nécessairement à très peu de notes leur échelle sonore.

A côté de cette innombrable variété d'instruments à embouchure, on en distingue une autre sorte, caractérisée par un tube long, étroit, presque cylindrique, et terminée par un pavillon de forme élégante; ce sont : le *chatzotzeroth* des Hébreux, usité pour la guerre et les sacrifices religieux ; la *salpinx* des Grecs ou *trompette tyrrhénienne*, qui résonnait aux

jeux Olympiques ; le *lituus* de la cavalerie romaine, recourbé à la naissance du pavillon ; le *ja* des Chinois ; le *kerena* des Hindous, etc.

Ces trompettes paraissent avoir été employées de préférence aux autres pour la guerre, les triomphes, les grandes représentations religieuses et militaires ; elles forment avec le trombone, connu aussi des Romains et appelé *tuba ductilis*, un groupe aristocratique.

En effet, les instruments modernes de même forme nous montrent que, plus le tube d'un instrument à embouchure se rapproche de la forme étroite et cylindrique, plus son timbre devient musical, clair, strident et impérieux.

C'est de ce second groupe d'instruments qu'est dérivée notre trompette de cavalerie européenne, en usage au XVe siècle, et qui est la même que celle qui fait partie de l'orchestre moderne.

On a pu estimer approximativement, d'après les images et descriptions qui nous viennent des anciens, le diapason des trompettes antiques ; ainsi, le *chatzotzeroth* hébreu devait être à l'octave haute de notre trompette moderne, tandis que le *lituus* romain et la *salpinx* grecque sonnaient à l'unisson du clairon.

Quelle qu'ait été la matière dont ont été fabriqués ces instruments anciens, on peut aussi savoir que leur timbre devait peu différer de celui de nos trompettes. On a, en effet, reconnu par des expériences récentes que le timbre des instruments à vent dé-

pendait surtout de la forme de la colonne d'air qu'ils contiennent. On en a fabriqué en caoutchouc durci, en carton-pâte même, et leur son différait à peine de ceux de même forme construits en cuivre.

Une autre remarque très importante a été faite, c'est que la façon de mettre en vibration l'air contenu dans l'instrument exerce aussi une influence très grande sur le timbre.

La forme des embouchures doit donc aussi être considérée.

Ce qui donne à la trompette ce son strident et dominateur qui fait son caractère spécial, c'est que le bassin de son embouchure est une demi-sphère assez aplatie et que le trou par où elle communique avec le reste de l'instrument est très rétréci.

A mesure qu'on s'éloigne de cette disposition, les sons deviennent plus doux et plus chantants.

Il y a, au musée des instruments du Conservatoire, une embouchure de trompette gallo-romaine, qui a été trouvée aux environs de Pierrefonds, et qui est faite suivant les indications que nous venons de donner. De plus, la succession des harmoniques, dites notes ouvertes, d'un tube sonore a toujours été la même dans tous les temps. On peut donc supposer que les airs de trompette qui annonçaient le vainqueur aux jeux Olympiques ou les fanfares qui guidaient la cavalerie romaine avaient beaucoup d'analogie avec ce que nous entendons aujourd'hui.

C'est vers la fin du XVe siècle, sous le règne de

Louis XII, qu'un Français, nommé Maurice, aurait donné à la trompette la forme qu'elle a maintenant ; seulement, dans ce temps et jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, le tube ne retournait qu'une seule fois sur lui-même, ce qui donnait à l'instrument une forme beaucoup plus élégante. C'est aussi vers la même époque qu'on choisit pour la trompette de cavalerie le ton grave de *ré* ou de *mi* bémol, qui est, en effet, le meilleur. Le timbre des trompettes aiguës perd en noblesse et se rapproche plus du clairon. Elles étaient alors presque toujours accompagnées des timbales. On peut considérer la réunion de ces deux sortes d'instruments comme le bruit de guerre le plus élégant et le plus noble et s'accordant admirablement avec le pas cadencé des chevaux.

« Sous Louis XIV, les quatre compagnies des gardes du corps de la maison du roi avaient chacune sept trompettes et un timbalier. Il y avait par compagnie un trompette qui restait auprès du roi, pour son service particulier, sous le titre de « trompette » des plaisirs. » Il y avait aussi un cinquième timbalier dépendant du corps, qui restait auprès du roi sous le même titre ; ce timbalier marchait à la tête du guet, derrière le carrosse du roi, battant de ses timbales, comme les trompettes qui marchaient au devant du carrosse sonnaient de leurs trompettes. » (Kastner.)

Lulli composa pour Louis XIV une quantité de sonneries de trompette et de timbale qui sont encore

dans le recueil de Philidor l'aîné, dont nous avons parlé à propos du hautbois.

Il est impossible d'assigner la date précise du moment où la trompette fut employée pour la première fois à l'orchestre. Le premier document positif à cet égard est l'*Orfeo* de Monteverde, représenté en 1607; il avait placé dans son orchestre un clairon et trois trompettes à sourdine.

En France, c'est en 1674, dans l'opéra d'*Alceste*, de Quinault et Lulli, que la trompette entra à l'Opéra; mais ce n'est que cent ans plus tard qu'elle prit définitivement place dans l'orchestre de ce théâtre.

Hændel donna dans ses gigantesques oratorios une partie très importante aux trompettes dans le *Messie* et les *Fêtes d'Alexandre*, composés vers le milieu du XVIIIe siècle, où l'on trouve les plus beaux effets de ces instruments.

A travers les grandes ondulations des masses vocales qui entraînent dans leur rythme pressant l'*Alléluia* final du *Messie*, les trompettes jetant leur son héroïque et triomphal couronnent d'une façon sublime cette éclatante composition. C'est aussi le moment où le talent des virtuoses arriva à son apogée. On ne se rend pas compte du degré d'habileté qu'il fallait pour pouvoir exécuter cette musique sans le secours des pistons, qui ont été ajoutés depuis à la trompette. Elle était tellement difficile que Mozart, qui réorchestra une partie des œuvres de Hændel, dut modifier et simplifier la partie des trompettes qu'on ne pouvait déjà plus jouer de son temps.

Vers 1770, on commença à se servir des trompettes à corps de rechange qui permettent d'en changer le ton. Jusque-là on ne se servait que de trompettes en *ut* ou en *ré*. Les frères Braun apportèrent ce perfectionnement d'Allemagne.

Cependant, à mesure que l'orchestration devenait un art de plus en plus nécessaire, ce progrès ne fut plus suffisant et on inventa la trompette à coulisse. Ce système est le même que celui des trombones. En faisant glisser l'un dans l'autre une portion des tubes de la trompette, on obtient ainsi des longueurs différentes qui augmentent considérablement le nombre de notes de l'instrument. Suivant l'excellent précis historique de Dauverné, à qui nous empruntons tous ces détails, ce serait un Anglais, nommé John Hide, qui, à la fin du XVIIIe siècle, serait l'auteur de cette importante modification.

Un Allemand nommé Werdinger inventa ensuite de percer le tube des trompettes et d'y adapter des clefs. Ayant appliqué ce système au clairon, il en résulta l'instrument appelé *bugle* par les Anglais, qui l'employèrent dans leur musique militaire vers 1812.

L'application des clefs à la trompette ne fut pas très heureuse ; son timbre y perdait de l'éclat. C'est vers 1820 qu'apparut le système des pistons ou cylindres qui vint modifier tous les instruments de cuivre. On doit ce perfectionnement, le plus ingénieux de tous, au Silésien Blühmel et au Saxon Stolzel. Ce système permit de se servir des notes natu-

relles de la trompette sans que son timbre en soit altéré, et il offre en plus l'immense ressource de tous les intervalles chromatiques sur une échelle de trois octaves. Il consiste à fixer sur le côté du tube de la trompette des tubes plus courts qui communiquent avec le contour naturel au moyen de pistons ou de cylindres.

En abaissant ceux-ci, on ouvre la communication et l'onde sonore qui part de l'embouchure se trouvant obligée de parcourir une longueur plus grande, l'instrument se trouve baissé d'un demi-ton, d'un ton ou d'un ton et demi, suivant la manière d'employer les pistons ou cylindres.

Tous ces perfectionnements successifs ont-ils altéré le timbre primitf de la trompette? L'opinion est partagée là-dessus. La plupart des compositeurs, quand ils se servent de la trompette, dans son expression naturelle, préfèrent l'instrument primitif et n'emploient la trompette à pistons que dans les combinaisons où ils ont besoin d'un coloris brillant. Il paraît pourtant à peu près certain que les pistons n'apportent qu'une modification presque insensible au timbre de la trompette.

C'est plutôt dans le style qu'on pourrait trouver que cette invention a fait déchoir l'instrument. Elle l'a rendu facile, tandis que la trompette primitive est absolument réfractaire à la trivialité en raison même de sa raideur et de son petit nombre de sons. Cependant, tant que les trompettes à pistons restent dans les tons graves qui sont ceux qui lui convien-

nent le mieux, elle garde sa noblesse et son caractère altier ; mais, dans les tons aigus, elle se rapproche du cornet à pistons. Cet instrument, qui est une sorte de trompette aiguë, intermédiaire entre la trompette et le bugle, est, comme on le sait, d'une complaisance déplorable pour les mélodies familières et dansantes.

Les grands maîtres modernes ont tiré de puissants effets dramatiques de la trompette. Parmi eux, le grand nom de Meyerbeer revient souvent quand il s'agit du coloris instrumental. Pour ne parler que d'un exemple frappant de l'emploi de la trompette, nous rappellerons, dans le cinquième acte des *Huguenots*, le chœur : *Abjurez, huguenots*. Le maître, pour dépeindre cette scène de fureur, a su trouver, pour les notes ouvertes de la trompette en *ré*, un passage où le timbre strident de cet instrument arrive à la férocité.

Jusqu'en 1833 ou 1836 la trompette n'avait pas été comprise dans l'enseignement du Conservatoire. C'est à cette époque que le premier professeur, M. Dauverné, fut nommé. Homme érudit et virtuose habile, il est l'auteur d'une méthode précédée d'un historique très intéressant de l'instrument qu'il enseigne.

LE TROMBONE

Le trombone est une grande trompette basse. Sa forme est proportionnellement la même que celle de la trompette et produit, par conséquent, le même timbre reporté dans la région des sons graves.

Le nom, du reste, l'indique. *Trombone* est augmentatif de l'italien *tromba* (trompette).

On attribue au trombone une antiquité très reculée ; beaucoup d'auteurs disent qu'il était connu des Latins et même des Hébreux, mais sans donner de cette opinion des preuves bien concluantes.

Pour en parler avec certitude, il faut arriver au moyen âge, et mieux encore au xve siècle.

Il était alors employé généralement à faire la basse des hautbois dans les airs de danse populaires ; il s'appelait *sacquebute* ou *sacqueboute*.

Ce nom bizarre est celui d'une arme très ancienne. Du Cange fait à ce sujet plusieurs citations de vieux auteurs français, une de 1301 :

> Par portes et parois routes
> Fichant lances et saqueboutes
> Desquels les destriers occient.

En voici une autre, qui semble indiquer que c'était une sorte de glaive : « Icelui Jacob tira ladite saque-

boute et quand le suppliant vit qu'elle issoit hors de son fourreau... »

Il est probable que c'est la coulisse du trombone qui, par analogie, l'aura fait nommer ainsi en France. Dans l'ouvrage de Mersenne, il porte cette dénomination, et on y peut voir que depuis il n'a pas changé de forme, sauf une rallonge qu'on appelait le *tortil*, qui faisait baisser l'instrument d'une quarte. C'était un tube faisant deux ou trois tours sur lui-même et qui s'insérait dans un des joints du trombone. La première position de ces trombones donnait le *sol*. Avec le tortil, la longueur du tube était d'environ quinze pieds en ligne droite, quand tout était tiré, et huit ou douze sans le tortil.

Le trombone ne devint un instrument d'art que vers la fin du XVIe siècle. Jusque-là, les musiciens ne paraissent pas avoir trouvé l'occasion de mettre en œuvre son timbre puissant.

C'est dans l'*Orfeo* de Monteverde, représenté en 1607, que les trombones figurent dans l'instrumentation d'une façon qui justifie le choix de l'auteur. Dans le chœur des esprits infernaux, on peut observer combien Monteverde eut l'intuition du rôle considérable qu'ils devaient avoir plus tard dans l'orchestre dramatique.

Ce chœur à cinq parties n'est accompagné que par l'orgue, les trombones et les basses et contrebasses de viole.

L'effet musical de ce morceau doit avoir déjà une grande puissance.

Les paroles ajoutent encore à l'intérêt de cette composition.

Orphée est accueilli par les esprits infernaux avec ces vers :

> L'homme ne tente en vain aucune entreprise
> Et la Nature ne sait plus s'armer contre lui.

Quand on se reporte au temps où a été écrit l'*Orfeo*, à la fin du XVIe ou au commencement du XVIIe siècle, à ce moment où l'intelligence humaine avait une ardeur et une clairvoyance dont nous n'avons plus d'idée, il semble que Monteverde ait prévu les destins de l'art musical. En accompagnant ces prophétiques paroles des voix puissantes des trombones, on dirait qu'il a voulu les faire retentir jusque dans l'avenir.

Depuis, le drame lyrique s'étant appliqué de plus en plus à l'expression individuelle des personnages qui paraissent sur la scène, l'orchestre se concentra, ne garda plus que les instruments aptes à tout exprimer et se réduisit presque aux archets. Les trombones disparurent des orchestres dramatiques pour n'y plus reparaître qu'un siècle et demi plus tard.

Gluck passe généralement pour les avoir introduits le premier à l'Opéra de Paris, dans son *Alceste*. Cependant il existe, aux archives de ce théâtre, une partition de Gossec, intitulée *Sabinus,* qui fut représen-

tée le 22 février 1774, et dans laquelle se trouvent trois morceaux où les trombones font partie de l'instrumentation.

1° Un air du *Grand Druide (Grand Dieu! sur le trône des airs...)*;
2° Un allégro (*Ravage des forêts tranquilles*);
3° Une scène intitulée *Scène du tombeau.*

L'*Alceste* de Gluck ne fut donné que deux ans après *Sabinus*, le 23 avril 1776.

Si l'on en croit les dates, c'est donc Gossec qui le premier se serait servi des trombones à l'Opéra.

Peut-être a-t-il réorchestré ses morceaux après avoir entendu l'effet que Gluck avait tiré de ces instruments. Cependant, *Sabinus* ne réussit pas, et il n'en fut point fait de reprise. Les morceaux paraissent écrits de la main de l'auteur; le reste de la partition, qui est incomplète, est de l'écriture du copiste.

Quoi qu'il en soit, nous donnons ici ce renseignement qui peut servir à éclaircir un point de l'histoire de la musique.

Gossec, d'ailleurs, n'eut pas de chance. Son talent très réel et son esprit inventif furent toujours mis dans l'ombre par les œuvres d'hommes de génie. Ses premiers essais dramatiques furent effacés par Gluck; le premier, en France, il composa des symphonies et des ouvertures vigoureusement orchestrées, qui firent oublier celles de Lulli et de Rameau; mais, à peine

commençait-il à être apprécié, qu'Haydn l'éclipsa à son tour.

Au point de vue de l'art seul, ce n'est pas le moment où certains éléments entrent en jeu qui est intéressant ; c'est celui où ils sont employés avec leur plus grand effet. Pour les trombones, il faut attendre le *Don Juan* de Mozart et l'arrivée du Commandeur.

Les trombones sont là dans leur vrai rôle et fixés pour longtemps dans l'imagination des compositeurs.

A cette époque, on écrivait comme aujourd'hui les trombones en trois parties ; mais on les divisait en trombones alto, ténor et basse. Maintenant, les trois parties sont écrites seulement pour le ténor.

Ce trio de voix fatales, qui ne se faisait entendre que dans les occasions solennelles, est devenu maintenant un peu banal.

On peut remarquer, à ce propos, que ce qui arrive pour les mots est aussi applicable aux instruments. De même que le sens primitif et naturel de certains mots finit par s'oblitérer par l'usage, les instruments qui ont été choisis comme types et radicaux du langage instrumental ont beaucoup perdu de leur signification primitive.

Si l'acoustique a servi par analogie à certaine découvertes de l'optique, l'étude de la transformation des éléments du langage musical ne pourrait-elle pas rendre le même service à la philologie ?

La musique se transforme beaucoup plus vite que le langage parlé, n'étant pas retenue comme celui-ci par l'utilité de la vie pratique. Ainsi, la langue musicale des meilleurs auteurs de l'Allemagne moderne est aussi loin de celle de Mozart que l'italien, par exemple, l'est du latin, et ce changement est l'œuvre d'un siècle.

Ceci peut se remarquer pour les trombones, qui font maintenant leur partie dans des morceaux où l'on ne s'attendait guère à les entendre.

Ils n'y viennent plus pour apporter à l'expression dramatique l'aide de leurs accents formidables, mais pour faire du bruit, augmenter l'effet sonore, aussi bien dans le tragique que dans le bouffon.

Aussi leur a-t-on appliqué le système des pistons, afin qu'ils puissent tout dire.

Ce perfectionnement était inutile, car le trombone est le plus juste des instruments de cuivre, puisque sa coulisse est mobile et qu'on peut modifier le son aussi petitement que l'on veut; quant à la rapidité, elle est absolument loin de son caractère artistique.

Au Conservatoire, on n'enseigne que le trombone ordinaire à coulisse.

Ce n'est pas seulement à cause du timbre qu'on a raison de s'en tenir aux types purs des instruments, c'est à cause du style qui leur est propre et qui se perd avec trop de facilité.

En Allemagne, on se sert d'un grand trombone-basse qui donne, à ce qu'il paraît, des notes magni-

fiques ; mais, en France, personne ne veut en jouer, à cause de la fatigue qu'il fait éprouver aux exécutants.

LES
INSTRUMENTS DE PERCUSSION

Les instruments de percussion représentent dans l'orchestre l'élément le plus simple de l'art musical, le rythme, qui est la mesure du mouvement, qui détermine de la manière la plus générale le caractère d'un morceau et sur lequel viennent s'échafauder les sons avec leurs hauteurs diverses et leurs timbres variés.

Cette famille d'instruments, très nombreuse, nous vient des pays orientaux ou méridionaux. Tout ce qui s'attaque avec le poing, qui résonne sous un tampon, qui se frappe avec un bâton, qui se heurte avec du bois ou du métal, timbales, tambours, cymbales, cloches, crotales, claque-bois, roulement, tintement, frappement, tout cela nous vient des contrées où la danse arrive au fanatisme et où le mouvement rythmé se termine par l'extase. L'Inde, l'Afrique sont le point de départ des instruments de percussion en usage en Europe. Les races noires ont surtout une étonnante variété de tambours.

L'orchestre moderne n'a retenu de tous ces instruments que les timbales, la grosse caisse et les cymbales, qui y restent à l'état permanent.

La timbale est le plus musical de tous. Son timbre est à la limite qui sépare le son du bruit. C'est, comme on le sait, une demi-sphère de cuivre creuse et sur laquelle est tendue une peau. Au moyen de vis qui la tendent, on peut lui faire parcourir une octave.

On a généralement à l'orchestre deux timbales de grandeurs inégales, accordées à la quarte l'une de l'autre.

Les sons les plus graves ne dépassent pas le *fa* grave du violoncelle et s'étendent en hauteur jusqu'au *si* bémol ou onzième.

On les accorde avec des vis qui tendent la peau et on les met ainsi dans le ton du morceau où elles ont une partie à faire.

La timbale était à l'origine un tambour de cavalerie qui s'accrochait de chaque côté de la selle. L'emploi le plus ancien qu'on en connaisse est celui qu'en faisaient les Parthes, dont l'armée n'était composée que de cavalerie. Les Grecs nommaient la timbale *tabala*. Quelques auteurs l'ont confondue avec le *tympanos;* mais celui-ci était ce que nous appelons improprement tambour de basque. Il résonnait dans les bacchanales et aux fêtes de la déesse de Phrygie. On le voit souvent, sur les vases antiques, entre les mains des danseuses qui, la tête renversée, les cheveux épars, le frappent les deux bras élevés.

Le roulement sinistre de la timbale paraît avoir été employé à la guerre par les Parthes. Plutarque, dans la *Vie de Crassus*, en fait le récit :

« Ils ont de gros tambourins de cuivre, creux par dedans, à l'entour desquels ils attachent des sonnettes et autres quinquailleries de léton, puis sonnant avec cela de plusieurs costez tout ensemble, dont il en sort un bruit sourd qui semble proprement meslé du rugissement de quelque beste sauvage et du son effroyable du tonnerre. » (Trad. d'Amyot.)

Au moyen âge, les timbales prirent en français le nom de *nacaires*, de l'arabe *nakar*, battre du tambour. Quand les croisés rencontrèrent les Sarrasins, ils furent extrêmement surpris du bruit de ces instruments dont ces peuples avaient conservé l'usage. « Il sembloit que foudre chest des ciex, au bruit que les nacaires, les tambours et les cors sarrasinois menoient. » (Joinville.)

La cavalerie européenne n'adopta pas les timbales avant le XVe ou le XVIe siècle; cependant, dans une ambassade de Hongrie qui vint en Lorraine en 1459, on vit les timbales faire partie du cortège. « On n'avoit oncques veu des tabourins comme de gros chaudrons qu'ils faisoient porter sur des chevaux, » dit un auteur ancien.

Le Père Daniel, dans son *Histoire de la milice française*, publiée en 1721, ne croit pas les timbales antérieures au règne de Louis XIV.

Elles sont venues d'Allemagne, et Juste-Lipse,

mort en 1606, dit que les Allemands s'en servaient de son temps.

Au XVIIIe siècle, les timbales étaient un des luxes des régiments de cavalerie. Elles étaient ornées d'un tablier de satin qui portait les armes du colonel, et quelquefois le timbalier était un nègre magnifiquement habillé.

Dans les cérémonies de la cour, les timbaliers exécutaient des entrées. C'était une sorte de variation rythmique qui se jouait après l'ensemble des timbales et des trompettes. Plusieurs d'entre eux arrivèrent à une grande habileté, et on a conservé le nom des frères Philidor, qui exécutèrent un concerto pour quatre timbales au carrousel donné à Versailles en 1665.

Les timbales furent supprimées pendant les guerres de la République et de l'Empire. Quelques régiments les reprirent pendant la Restauration, mais par exception. Aujourd'hui, l'armée les a tout à fait abandonnées.

Ce reste des âges antiques a définitivement disparu devant la science inflexible de la guerre moderne, où tout ornement est superflu ; et d'ailleurs quel bruit de guerre peut se soutenir à côté du tonnerre de l'artillerie, où les coups de canon sont aussi nombreux que les coups de baguettes du tambour ?

L'orchestre de l'Opéra adopta les timbales dès sa formation, et elles figurent souvent dans l'instrumentation de Lulli.

C'est le seul instrument de percussion qui ait été

employé par les grands compositeurs du XVIIIe siècle. Beethoven, après eux, en a tiré d'admirables effets. Le second allégro de la *Symphonie* en *ut* mineur en offre un exemple saisissant. Le trait qui relie ce morceau au finale est accompagné par les timbales, qui font entendre un rythme de plus en plus précipité jusqu'au roulement qui amène l'éclat d'orchestre du finale. Les premiers battements, qui commencent dans le *pianissimo*, perdus dans la longue tenue des instruments à cordes, donnent la sensation de l'attente qui précède un coup de foudre.

Dans les grands théâtres, on use souvent de trois timbales.

Meyerbeer, dans *Robert le Diable*, a écrit quatre parties de timbales au commencement du finale du deuxième acte, de façon à leur faire exécuter un passage mélodique.

La grosse caisse et les cymbales nous viennent de la musique turque.

Au XVIIIe siècle, les Russes s'éprirent de la musique des janissaires et en introduisirent des imitations dans leurs régiments. Elle se composait de quelques hautbois très criards, d'une paire de petites timbales, d'un gros tambour qu'on frappait d'un côté avec un tampon et de l'autre avec une verge de métal, de plusieurs cymbales et de triangles.

De la Russie, cette mode passa en Allemagne et en France.

Les précieuses archives de l'Opéra relatent que le *gros tambour* et les cymbales firent leur apparition

pour la première fois à l'orchestre en 1789, dans *Nephté*, opéra de Lemoyne. Si la grosse caisse est venue tard dans notre musique, en revanche elle a bien rattrapé le temps perdu.

Les Turcs ont conservé le secret de la fabrication des cymbales; celles qu'on fabrique en France avec un alliage de métaux tout semblable ne donnent point un son aussi clair. On explique cette supériorité des cymbales turques par la façon dont le métal est battu et travaillé.

Le tam-tam parut à l'Opéra pour la première fois dans *Ossian*, de Lesueur, en 1804.

Le tambour, les cloches, les castagnettes, etc., ne se font entendre dans les orchestres que d'une façon transitoire et seulement quand la couleur du morceau exige l'emploi de leur timbre spécial.

En réalité, la timbale est le seul instrument de percussion qui soit tout à fait lié à l'organisme sonore qu'on appelle un orchestre.

Cela tient à ce que c'est le seul dont les sons puissent s'accorder avec la tonalité du morceau où on l'emploie.

Les cloches, les harmonicas de verre, de bois ou d'acier sont de véritables instruments de musique donnant un son musical très régulier, mais ayant une sonorité trop monotone pour être entendus longtemps et faire partie de toutes les combinaisons sonores.

Avec la timbale, nous avons terminé la série des éléments simples qui constituent l'orchestre; il nous

reste maintenant à examiner ceux qui, comme le piano et l'orgue, ont une individualité tellement complète qu'ils restent toujours à côté des ensembles d'instruments sans pouvoir s'y confondre.

LA PARTITION D'ORCHESTRE

Une partition est, dans le langage technique des musiciens, le livre manuscrit ou imprimé qui contient, rangées les unes au-dessous des autres, dans un ordre déterminé, les portées sur lesquelles on écrit la musique qu'exécute chaque sorte d'instruments d'un orchestre pendant un morceau.

Si l'on cherche un point de comparaison pour faire comprendre à quoi sert une partition d'orchestre, c'est dans l'architecture qu'on le trouvera. Le plan de l'architecte est ce qui ressemble le plus, dans sa manière d'exprimer un ouvrage d'imagination, à la partition du compositeur.

Ce n'est pas pour le plaisir de faire un paradoxe que nous rapprochons la notation de ces deux arts, dont l'un a pour but la disposition harmonieuse des matériaux dans une fixité absolue, l'autre, qui recherche l'harmonie des mouvements aériens, intangibles et saisissables seulement par l'oreille. L'ana-

logie est réelle; elle n'est pas matérielle, mais abstraite; la fonction est la même. De même que c'est sur le plan de l'architecte que tous ceux qui contribuent à élever l'édifice, depuis l'ouvrier qui taille les blocs jusqu'au sculpteur qui fouille la pierre du fronton, viennent chercher les dimensions exactes et les proportions de toutes choses; c'est sur la partition du compositeur que se copient toutes les parties des divers instruments, qui ensuite, remises aux artistes et exécutées par eux, forment par leur ensemble l'œuvre musicale avec tous ses développements.

Cette comparaison, que nous croyons absolument juste, a l'avantage de faire connaître par une chose que tout le monde a vue, un plan d'architecte, une autre qui est beaucoup moins familière, une partition d'orchestre.

Le public, il est vrai, n'a pas plus à s'occuper de l'un que de l'autre; le résultat seul l'intéresse, et d'ailleurs, pour bien lire le plan d'un palais ou la partition d'un opéra, il faut être un peu du métier; cependant nous essayons ici d'expliquer ce que c'est qu'une partition d'orchestre, afin de faire pénétrer un peu le lecteur dans le travail du compositeur et lui faire connaître quelle somme considérable de travail, rien qu'en écriture, représente le plaisir si fugitif d'entendre de la musique.

Voici comment s'exprime, sur le papier, la pensée toujours complexe d'un morceau de musique instrumentale.

Comme une partition n'est pas seulement à l'usage du compositeur, mais aussi et autant à l'usage des chefs d'orchestre de tous les pays, on a adopté dans le classement des instruments un ordre, partout le même, qui permet à ceux qui dirigent l'exécution de démêler promptement et de suivre facilement l'idée musicale dans tous ses déplacements à travers les instruments.

L'habttude aujourd'hui universellement reçue est de diviser la page de la partition en quatre groupes principaux.

Les quatre premières portées du haut sont consacrées aux instruments à vent. Sur la première, les deux flûtes; au-dessous, les deux hautbois; puis les deux clarinettes, et enfin les quatre bassons sur la quatrième.

Au-dessous de ce premier groupe vient celui des instruments de cuivre : les deux trompettes sur une portée; les quatre cors sur les deux portées inférieures réunies par une accolade; les trois trombones et l'ophicléide quelquefois sur une même portée, quelquefois divisés.

Au-dessous de ceux-ci se trouvent la timbale, la grosse caisse et le tambour, et en général les instruments de percussion.

Enfin, au bas de la page, se place le quatrième groupe, le plus important, celui des instruments à cordes, écrit sur quatre portées. Une pour les premiers violons, la seconde pour les seconds violons, la troisième pour les altos, la quatrième pour les

violoncelles et les contrebasses. Quand le morceau contient des voix, on les écrit entre les altos et les contrebasses ; elles sont ainsi placées dans l'endroit le plus visible, tout près de la basse de l'harmonie, enclavées dans les instruments à cordes, au milieu desquels réside presque constamment la pensée musicale. Le tableau suivant donnera une idée de la physionomie d'une partition.

Flûtes.
Hautbois.
Clarinettes.
Bassons.

Trompettes.
Cors.
Trombones.
Ophicléïde.

Timbales.
Grosse caisse et cymbales.
Tambour.

1ers violons.
2es violons.
Altos.
Voix.
Violoncelles et contrebasses.

De cette façon, les sons les plus aigus se trouvent dans le haut de la page et les plus graves dans le bas.

Cette disposition, adoptée à la première page, se reproduit dans toutes les suivantes.

Avant la fin du XVIIIe siècle, ce classement était un peu différent; en France, on plaçait les violons en haut de la partition; les Italiens conservèrent longtemps l'usage d'y mettre la trompette. Cette différence s'explique, dans le premier cas, par la prédominance presque absolue qu'avaient autrefois les instruments à cordes dans l'orchestre, et, dans le second, par le timbre tout à fait en dehors des trompettes.

On peut voir, par ce tableau, que la musique est un art compliqué; l'idée ne s'y developpe pas sur une seule ligne, mais sur quinze ou vingt de front; tantôt les occupant toutes à la fois, tantôt se réduisant à trois ou quatre, comme un fleuve qui s'étale ou se resserre en poursuivant son cours.

Indépendamment du mérite artistique d'un ouvrage musical et du temps qu'on met à l'inventer, ce n'est pas un petit travail que de l'écrire. Le premier accord d'un morceau, frappé par l'orchestre entier, donne à écrire trente notes simultanées au minimum.

Un allégro un peu rapide, durant dix minutes, demande entre soixante à soixante-dix pages de partition d'orchestre, suivant l'écriture du compositeur. Le calcul est facile à établir. Il y a entre 36 à 40 mesures d'allégro dans une minute; en dix minutes, 360 à 400 mesures. Chaque page contenant environ 5 ou 6 mesures, elles font bien entre 70 ou 80 pages.

Si, délaissant la partie matérielle de l'écriture musicale, nous cherchons à connaître ce qui se passe entre l'artiste et son papier réglé, nous trouvons là un travail bien autrement intéressant, mais aussi bien difficile à définir.

Bien qu'il y ait dans la musique, comme dans tous les autres arts, des formules consacrées par l'usage et pouvant s'appliquer à toutes sortes de compositions, l'orchestration relève tellement du goût personnel, du tempérament de chacun, qu'on ne l'enseigne pour ainsi dire pas. C'est dans une sorte d'audition interne, qui prend naissance dans l'imagination, aidée de l'expérience des sons précédemment entendus, qu'il faut aller chercher le secret des combinaisons instrumentales dont les compositeurs colorent leur musique de théâtre et de symphonie. C'est ce qu'on pourrait appeler la conscience de l'oreille, qui fait que l'artiste n'imagine que des choses qu'il devine devoir être agréables et intéressantes à entendre.

Ceux qui n'entendent pas en eux-mêmes ce qu'ils écrivent peuvent produire de la musique passionnée, intelligente, amusante ; mais le charme et la beauté purement musicale n'appartiennent qu'à ceux qui ont un entendement intime délicat. Aux premiers sons d'un orchestre, on reconnaît, avec quelque habitude, si l'on a affaire à un tempérament musical ou seulement à quelqu'un qui a appris.

Cette faculté première s'exerce de bien des façons, suivant les individus. Chez les uns, elle s'applique

particulièrement à la forme mélodique ; chez d'autres, la sonorité a une importance capitale ; quelques-uns conçoivent l'idée avec son cortège d'instruments et de timbres variés.

Aussi l'établissement d'une partition d'orchestre ne se fait pas d'une manière uniforme ; chaque compositeur a son procédé.

Gounod, avant de terminer entièrement sa partition, établit très fortement la filiation des idées d'un bout à l'autre du morceau, en la réalisant dans les instruments dont le timbre et le caractère lui semblent propres à la traduire. Le maître revient ensuite sur ses pas, achevant et complétant son travail d'une main sûre. C'est bien là l'indice d'une pensée préoccupée de la juste proportion et de la conduite logique de l'idée musicale, en un mot de la véritable *composition*. Aussi ses partitions manuscrites sont-elles extrêmement claires, sans rature. L'aspect général est calme et lumineux.

Wagner procède, dit-on, tout autrement ; une fois sa pensée maîtresse de son sujet, il pousse devant lui, à la fois, toutes les parties de son orchestre. Dans ce procédé, on peut reconnaître l'effet du système de composition de l'auteur, qui consiste moins à tracer à l'avance le chemin de l'idée musicale, qu'à la suivre dans sa marche libre, imprévue et expressive, ce qu'il appelle la mélodie continue.

Les partitions de M. Saint-Saëns, qui est aussi un maître en matière de combinaisons instrumentales,

sont écrites sans préparation avec fort peu de ratures.

Celles de M. Massenet sont tout à fait parlantes à l'œil. Son écriture est très colorée et vivante; on y sent un certain emportement. Les ratures indiquent la préoccupation de cet entendement interne dont nous avons parlé plus haut. Elles semblent faites au courant de la plume, substituant une note à une autre pour une plus grande satisfaction de l'oreille. On comprend que M. Massenet aime les sonorités pleines et touffues par la façon dont les notes sont groupées dans les *tutti* et par son écriture serrée.

La physionomie des partitions gravées ou imprimées est infiniment moins variée. Cependant on y juge aussi très bien de la différence des styles et des époques.

Leurs dimensions se sont accrues avec l'importance toujours croissante qu'a prise l'instrumentation au théâtre. Les partitions des opéras modernes sont beaucoup plus chargées que les anciennes. On y trouve souvent de grandes scènes où, avec les chœurs et l'orchestre, on ajoute encore de la musique sur le théâtre. Le nombre des portées de la partition monte alors jusqu'à 25 par page et plus de 30 quand il y a des voix. Les pages sont toutes noires du haut en bas. C'est comme un fleuve de sons débordé.

Il faut étudier, dans le grand coloriste Meyerbeer, ces magnifiques combinaisons, si puissantes par

l'idée et la sonorité. La grande marche du *Prophète*, la scène de la barque, au troisième acte des *Huguenots*, sont des exemples de ce dont nous parlons. Il y a en plus sur la scène, à ce moment, un orchestre d'instruments de cuivre composé de onze instruments différents, joués en double par vingt-deux musiciens. Cet orchestre est placé dans la barque qui amène le comte de Nevers.

Une remarque assez curieuse peut être faite à ce propos : cette musique de la barque fait partie de la représentation ; elle est prise, dans son sens réel de musique, aux gages d'un grand seigneur ; elle se mêle et répond aux chœurs qui sont sur le devant de la scène et à l'orchestre ; avec ceux-ci, la musique est un langage conventionnel. Cependant, ce double emploi de la musique dans un sens réel et dans un sens fictif ne fait pas de confusion, et l'oreille, tout en jouissant de leur ensemble, reconnaît ces deux acceptions du même art. Ce serait une démonstration, s'il était nécessaire de la faire, du pouvoir très étendu qu'a la musique de se dédoubler et de laisser transparaître des sensations différentes dans le même moment.

C'est, croyons-nous, le seul art qui possède aussi absolument la faculté de faire sentir des contrastes simultanés ; par exemple, une expression mélancolique et une autre gaie, comme le duo des jeunes filles du *Freischütz* ou le duo du *Déserteur*.

La peinture a le même privilège, mais sans le mouvement successif, et, bien que l'œil puisse, à une

certaine distance, saisir les contrastes d'un même tableau, il y a pourtant un mouvement rapide de la vue qui se porte de l'un à l'autre. Avec le langage ordinaire, il est clair qu'on ne peut faire parler plusieurs personnes à la fois, on ne les comprendrait pas; mais on peut les faire chanter, et l'esprit saisit, par la mélodie, des expressions contraires et simultanées que la parole ne lui apporterait pas.

Meyerbeer s'est beaucoup servi de cette propriété de la musique, aussi bien pour l'expression dramatique que pour la composition des grands ensembles de voix et d'instruments.

Personne, avant lui, n'avait poussé aussi loin la perspective musicale et n'avait écrit de la musique décorative aussi brillante. Avec le finale du troisième acte des *Huguenots,* la scène de la cathédrale du *Prophète,* le premier acte de l'*Africaine*, etc., Meyerbeer a réalisé dans la musique quelque chose d'analogue à ce que les grands peintres vénitiens ont fait exprimer à la peinture : l'éblouissement de l'oreille par les riches combinaisons d'instruments, la multiplicité des groupes chantants, l'expression simultanée des sentiments divers, tout cela contenu dans le vaste cadre d'une scène d'opéra.

On peut considérer ces passages de ses partitions comme le point culminant où soit arrivé, de nos jours, l'effet musical des sons appliqué à l'art dramatique.

Malgré les récentes adjonctions apportées au matériel musical par le développement de la musique

descriptive et pittoresque, l'organisation de la partition n'a pas changé ; elle est restée la même depuis la fin du XVIIIe siècle.

Cet équilibre des divers timbres des instruments a été fixé alors par les ouvrages des maîtres allemands ; on peut considérer la partition du *Don Juan* de Mozart comme en offrant l'exemple le plus parfait. Depuis, la harpe, le saxophone et d'autres instruments moins souvent employés sont venus prendre aussi leur place dans cette architecture des sons ; mais ce n'est qu'accidentellement. Une modification fort importante se rencontre fréquemment maintenant : c'est la division des instruments à cordes en six et même quelquefois en douze parties, au lieu des quatre qui forment ordinairement la base de l'instrumentation. L'expression des sensations mystiques, les sonorités murmurantes, sorte de brouillards de sons qu'on rencontre souvent dans la musique moderne, sont le résultat de ces nouveautés, qui ne sont possibles qu'avec de nombreux exécutants.

En remontant dans le passé, on voit les partitions bien réduites en nombre de portées ; celles de Rameau ne contiennent plus que huit ou neuf parties d'instruments, avec cette singularité que les altos y sont quelquefois donnés en deux parties séparées.

Les partitions de Lulli, imprimées en notes carrées comme la musique d'église, n'en ont plus que cinq, dont trois pour les violons. Il n'y a pas de por-

tées spéciales pour les hautbois et les bassons; ils interrompent la portée des instruments à cordes quand ils se font entendre.

Le nom des instruments n'est même pas écrit en tête de la partition; ni la mesure ni les nuances n'y sont indiquées; l'aspect en est très monotone et, à cause de cela, très difficile à lire.

Au XVIe siècle, on n'imprimait pas la musique instrumentale en partition; malheureusement, car il y a bien des œuvres dont le sens véritable est difficile à expliquer si on ne connaît pas la disposition des instruments; les ouvrages qui ont été publiés alors ont toutes leurs parties séparées, ce qui fait qu'il faut les recopier les unes sous les autres pour se rendre compte de l'effet produit.

Pour faciliter au public la connaissance des ouvrages dramatiques, on a commencé, au XVIIIe siècle, à publier des réductions pour le clavecin. Ces petites partitions ne contiennent généralement que le chant et la basse chiffrée, ce qui suppose chez le lecteur une certaine connaissance théorique, puisqu'il faut, en même temps qu'on chante, frapper sur le clavier les accords d'accompagnement indiqués par des chiffres.

L'examen des livres de musique des temps passés tendrait à faire supposer que les personnes qui s'occupaient de musique avaient alors une éducation théorique plus complète que celle qu'on possède communément aujourd'hui. Pourtant la lecture de la partition d'orchestre a fait longtemps partie d'une

éducation musicale un peu soignée. Nous avons connu deux dames, qui seraient aujourd'hui presque centenaires, qui lisaient les partitions de Gluck, de Grétry, de Mozart, dans la partition d'orchestre et les exécutaient sur le piano.

Ce qui rend cet exercice aujourd'hui beaucoup plus rare chez les amateurs, c'est que les partitions modernes sont bien plus chargées de notes que les anciennes ; mais l'obstacle principal est que la musique qu'elles contiennent est bien plus difficile à exécuter, et qu'il faut non seulement être un lecteur imperturbable, mais encore un habile pianiste pour y réussir.

C'est une opération fort difficile, et que les seuls artistes très versés dans leur métier possèdent, quand, sur une page qui contient vingt ou vingt-cinq portées, il faut aller trouver les éléments nécessaires de l'idée musicale et les jouer sans hésitation sur le piano. Il y a des gens qui montrent à cet égard une habileté merveilleuse.

Nous avons entendu une fois Georges Bizet, qui était un pianiste remarquable en même temps qu'un compositeur éminent, lire une partition de Gounod, que celui-ci venait d'écrire. C'était, croyons-nous, la marche de son opéra : la *Reine de Saba*. La partition n'était que préparée ; la suite des idées réalisée dans les instruments à cordes, avec quelques indications d'instruments à vent.

Bizet ne la connaissait pas ; il la déchiffra à première vue au piano devant le maître, surpris de voir

sa pensée devinée pour ainsi dire. Un certain passage assez long, précédemment entendu et revenant dans le milieu de la partition, était resté en blanc, indiqué seulement, comme c'est l'habitude, par des barres de mesure et des chiffres correspondants. De mémoire et sans hésitation, le lecteur exécuta le passage et combla le vide.

C'était un spectacle singulier, de voir ces deux personnes, dont l'une, assise au piano, les yeux attentivement fixés sur les mesures vides, jouait avec animation, tandis que l'autre tournait exactement les feuillets blancs.

Cependant il ne faut pas croire que les anciennes partitions, qui, au premier coup d'œil, ont l'air moins difficiles à lire que les modernes, soient aussi aisées qu'elles le paraissent. Quand il s'agit d'un ouvrage de Mozart, par exemple, où la pensée musicale est exprimée avec tout ce qu'il lui faut et rien que ce qu'il lui faut, il n'y a pas d'à peu près dont on puisse se contenter. Rien n'est facile à effacer comme l'exquis et de plus difficile à traduire. Dans les grands empâtements des partitions modernes l'effet général reste, quand bien même on accroche un peu par-ci par-là; mais de Mozart, on ne peut rien retirer ou ajouter.

Le chef d'orchestre est celui pour qui, après le compositeur, la partition a le plus d'importance. Il lui faut un œil particulièrement exercé pour suivre, dans la rapidité avec laquelle s'écoulent les sons, les déploiements de l'idée dans les différents groupes

d'instruments, veiller aux nuances et maintenir le mouvement sans le ralentir ni le presser. Quand le compositeur n'est pas présent, il faut, d'après le caractère du morceau, indiquer le mouvement probable aux musiciens. Enfin, dans une première lecture, il faut pouvoir signaler les fautes qui se rencontrent souvent dans les parties de chaque instrument; savoir, au milieu de ces sons multiples, d'où vient la fausse note, et immédiatement trouver dans la partition la portée, la mesure où se trouve la faute et la corriger.

Quand il s'agit d'un grand opéra, le chef d'orchestre étudie avec soin la partition manuscrite du compositeur, afin d'arriver devant l'orchestre avec l'autorité du savoir et la connaissance approfondie des principaux effets.

Pour justifier la comparaison que nous avons proposée en commençant, du plan de l'architecte et de la partition, nous terminerons en indiquant tout ce qui vient se rattacher à l'exécution d'une partition d'opéra : le maître de ballet, qui vient régler ses pas ou les démontrer au compositeur; le bureau des copistes, où se tire chacune des parties instrumentales et vocales, et jusqu'aux machinistes eux-mêmes qui calculent le temps nécessaire aux changements à vue.

La mise en répétition d'un opéra, c'est l'ouverture d'un véritable chantier musical où tout vient se mesurer sur la partition du compositeur.

Peut-être trouvera-t-on que, par cette comparaison,

nous rabaissons un peu le travail préparatoire d'un théâtre lyrique; mais notre but était seulement de faire connaître le mécanisme de l'instrumentation, et les considérations purement artistiques qui s'y rattachent nous auraient entraîné hors du cadre que nous nous étions tracé.

INSTRUMENTS A CLAVIER

ET

A CORDES PINCÉES

INSTRUMENTS A CLAVIER

L'ORGUE

L'orgue est certainement le plus populaire de tous les instruments ; il est peu de personnes qui n'aient entendu, au moins une fois dans leur vie, rouler ses ondes puissantes au travers des arceaux d'une église. Les principaux effets de l'orgue sont également familiers à tous : soit que, pour célébrer l'entrée d'un cortège nuptial, il remplisse la nef de ses accords éclatants et du rugissement de ses basses profondes ; soit, au contraire, que, retenant son souffle, il ne laisse plus entendre, au moment de la bénédiction, qu'une lointaine et mystique harmonie, il y a peu d'hommes, et même des moins éclairés, qui n'aient été frappés de ses accents et qui n'en aient conservé le souvenir. On peut même ajouter que c'est un instrument démocratique par excellence, car c'est le seul qui

puisse libéralement verser sur la foule tout ce que le langage musical a de riches contrastes, d'harmonies abondantes, d'accents grandioses ou gracieux, enfin tout ce qui ne s'obtient qu'à grands frais, avec de nombreux orchestres, qui ne se trouvent d'ailleurs que dans les grandes villes.

Si une étude sur l'orgue a plus de chance, à cause de cela, d'intéresser le public que celle de tel autre instrument moins connu de lui, il est en même temps difficile d'en parler sommairement, car son nom seul ramène à l'esprit l'idée de quelque chose de très ancien, de très grandiose et tout un ensemble de sensations et d'émotions tristes et gaies, inévitables dans la vie humaine.

Cependant il y a peu d'instruments dont le détail soit aussi peu connu du public; son mécanisme, ses innombrables tuyaux, dont les plus grands ornent le devant de l'orgue, les timbres différents de ses jeux, tout cela est resté un peu mystérieux pour bien des personnes.

Comme c'est la partie chantante de l'orgue qui intéresse surtout le public, c'est celle-là que nous nous efforcerons de faire connaître. Le mécanisme, d'ailleurs, est si compliqué, que, même en le voyant plusieurs fois, on a de la peine à le comprendre, et la description en est presque impossible.

L'orgue est arrivé aujourd'hui à un degré de puissance et de variété qui pourra encore se modifier, mais qui n'augmentera plus guère. C'est un véritable monument sonore, dont les assises se sont super-

posées par le travail des siècles et dont les progrès sont le résultat de la science tout autant que de l'art musical.

Cependant son histoire offre de très grandes lacunes, surtout dans les temps reculés, et ce n'est qu'à partir du XVe siècle, quand il était déjà constitué dans ses parties principales, qu'on peut suivre la série des perfectionnements de l'orgue jusqu'à nos jours.

Presque tous les traités d'orgue sont précédés d'un abrégé de l'histoire de l'orgue; le mot *abrégé* est une manière de parler; on n'a, en réalité, que des traces historiques concernant l'orgue. Peut-être, en fouillant les archives des églises de France, d'Italie et d'Allemagne, arriverait-on à reconstituer une histoire suivie de ses transformations depuis Charlemagne jusqu'au XVIe siècle; mais ce travail est encore à faire, et, comme l'intérêt musical de l'orgue s'accroît surtout dans les temps plus rapprochés de nous, l'utilité n'en serait pas bien démontrée.

On a cherché quel avait été le type primitif de l'orgue dans les temps les plus anciens. C'est la flûte de Pan, ou *syrinx* des Grecs, qui a été généralement regardée comme le premier essai de ce genre d'instruments : les tuyaux de roseau juxtaposés et le souffle des poumons présentent, en effet, les deux éléments nécessaires de l'orgue.

Après la *syrinx,* la *cornemuse* est l'instrument le plus voisin de l'orgue; il est également fort ancien; ce sont des tuyaux à anche, adaptés à un réservoir

d'air. Mais la cornemuse nous paraît avoir un caractère trop spécialement pastoral pour entrer dans la comparaison qu'on en peut faire avec l'orgue.

Le nom de l'orgue est dérivé du grec ὄργανον (*organon*), qui veut dire instrument-machine.

Bien que l'antiquité ait connu un instrument semblable à celui que nous appelons orgue, ce mot ne le désignait pas spécialement; ce n'est que dans les premiers siècles du christianisme qu'on l'appliqua à l'instrument formé d'une série de tuyaux parlant au moyen d'une soufflerie.

Les premiers essais qui en parurent alors en Occident semblèrent tellement beaux, qu'on lui donna ce nom général d'*organon* (instrument, orgue), comme étant celui qui résume tous les autres instruments et qui les surpasse tous. C'est le même phénomène de langage que celui qui s'est produit pour la Bible : *Biblos,* le livre par excellence. En effet, jusqu'à la formation des premiers orchestres d'instruments, qui eut lieu à la fin du XVIe siècle, l'orgue fut le véhicule principal de la pensée musicale; c'est avec lui que se sont accomplis la plupart des progrès de la science de l'harmonie, qui, bien qu'elle eût été fort longue à se développer, serait restée encore bien plus longtemps dans l'enfance si le clavier de l'orgue ne lui avait offert la facilité de réaliser, en tâtonnant, tout ce que la théorie musicale faisait entrevoir.

Quant aux orgues qui furent en usage chez les anciens, elles étaient de deux sortes : l'orgue pneu-

matique et l'orgue hydraulique, appelé communément *hydraule*.

Le premier résonnait au moyen du vent, et l'autre par l'action de l'eau.

L'hydraule fut, dit-on, inventé par Archimède ; plus tard, Ctésibius, mathématicien célèbre, qui vivait à Alexandrie environ cent vingt ans avant J.-C., inventa un orgue hydraulique, qui fut perfectionné par son élève Héron. L'hydraule de Ctésibius consistait en une sorte de vase, en forme de trompe, dans lequel l'eau, agissant avec force au moyen d'une pompe, rendait un son éclatant.

Cet instrument rendait, paraît-il, des sons magnifiques qui charmèrent tellement les populations qu'on le plaça dans le temple de Vénus.

Ce premier exemple de l'orgue appliqué au culte païen serait très curieux si l'authenticité du fait était bien prouvée.

On croit que les deux dénominations d'orgue pneumatique et d'orgue hydraulique ne portaient que sur un moyen mécanique différent de faire parler les tuyaux. L'orgue de Héron se trouve décrit dans un recueil des inventions mécaniques de l'antiquité. Il semble que ce fut une caisse sur laquelle étaient plantés des tuyaux. On introduisait l'eau qui prenait la place de l'air, chassait celui-ci par les tuyaux et les faisait résonner.

Vitruve a donné une description de l'hydraule de Ctésibius dans son *Traité d'architecture ;* bien qu'elle soit assez détaillée, on n'a pu rien conjecturer de

clair. Au XVIIIe siècle, l'architecte Perrault fit pourtant exécuter, d'après la description de Vitruve, un orgue hydraulique, mais il ne donna aucun résultat satisfaisant. Était-ce l'eau qui faisait mouvoir une soufflerie, ou bien l'eau était-elle elle-même l'agent du son? Cette question n'a pas été éclaircie. Quant à l'orgue pneumatique, il est certain qu'il fut d'un usage très répandu à Rome, au temps même de Néron. Plus tard, Ammien Marcellin, qui vivait au IVe siècle après Jésus-Christ, dit qu'on en trouvait dans toutes les bibliothèques des palais.

L'orgue fit aussi partie du luxe byzantin qui florissait à Constantinople; on l'entendait résonner dans les cirques et les théâtres. Quand l'empereur allait à l'église, son entrée et sa sortie étaient célébrées par les sons d'un de ces instruments portatifs qu'on plaçait près des portes, en dehors; mais jamais l'orgue ne pénétra dans l'intérieur, et cette tradition est restée dans l'Église grecque, qui n'admet que le chant dans la célébration du culte.

On voyait aussi des orgues dans les maisons particulières. On croit qu'il était touché le plus souvent par les femmes. On a trouvé, à Arles, le tombeau d'une jeune dame datant du temps d'Antonin. Sur la paroi du tombeau, on voit une épitaphe qui célèbre le talent musical de Julia Tyrrhania, morte à vingt-trois ans. Divers instruments de musique y sont représentés, entre autres un orgue. C'est une caisse carrée, sur laquelle sont dressés neuf tuyaux de hauteurs décroissantes. Du reste, aucune trace de

clavier ni d'aucun mécanisme destiné à faire parler les tuyaux séparément.

Lors de l'invasion des barbares en Occident, l'orgue disparut comme tous les autres instruments artistiques de la civilisation païenne. La musique des églises d'Occident ne se composait alors que de chants.

D'après le témoignage de Cassiodore, qui vivait au commencement du VIe siècle, les flûtes, instruments du culte païen, avaient été rejetées des églises chrétiennes.

L'orgue reparut en Occident en 757, année où l'empereur Constantin Copronyme envoya de Constantinople au roi Pépin un de ces instruments comme un don d'une haute valeur. En 812, Charlemagne reçut aussi de Constantin Curopalate un autre orgue qui excita, paraît-il, une admiration universelle.

Sous Louis le Débonnaire, il existait à Aix-la-Chapelle un orgue hydraulique et un orgue pneumatique. Ils avaient été fabriqués par un prêtre vénitien du nom de Georges. Comme la république de Venise était encore à cette époque sujette de l'empire d'Orient, il est vraisemblable que c'est de Constantinople que le prêtre Georges apporta en Occident l'art de fabriquer les orgues.

C'est le premier orgue pneumatique dont l'existence ait un certain degré d'exactitude. On n'a, du reste, aucun détail ni sur sa structure ni sur sa sonorité, si ce n'est cette tradition qu'une femme au-

rait perdu la vie du ravissement que lui causa le son de cet orgue.

Le prêtre Georges forma des élèves qui, en peu de temps, devinrent assez habiles pour que leur réputation s'étendît jusqu'en Italie; car, trente ou quarante ans après la mort de Louis le Débonnaire, le pape Jean VIII, mort en 822, pria Hannon, évêque de Freysingen, de lui envoyer un orgue et un organiste. L'orgue reparut donc en Italie après y avoir été oublié pendant plusieurs siècles. Les Italiens, à leur tour, perfectionnèrent l'instrument qu'ils avaient reçu d'Allemagne, et à la fin du xe siècle, vers 986, Gerbert, évêque d'Aurillac, écrivit au pape Sylvestre II pour lui demander un orgue. Ce pape, qui était un très savant mathématicien, avait, avant son élévation à la papauté, étudié lui-même la construction de ces instruments. Il contribua beaucoup, dit-on, à en répandre l'usage dans les églises.

A mesure qu'on suit le cours des siècles, les renseignements deviennent plus précis. Prætorius, un historien musical allemand tout à fait digne de foi, qui écrivait vers 1700, affirme qu'au xie siècle il existait des orgues à Saint-Paul d'Erfurt, à Saint-Jacques de Magdebourg, et que de son temps on voyait encore les restes de ces anciens instruments.

Il cite l'orgue d'Halberstadt, qui portait les noms des premiers facteurs d'orgues connus, celui du prêtre Fabri, qui le construisit en 1361, et celui de Grégoire Kleny, qui le restaura en 1495.

En Angleterre, on sait que l'évêque Elphège éta-

blit un orgue à Westminster en 951. Cet orgue avait quatre cents tuyaux qui parlaient au moyen de deux claviers. La soufflerie ne comptait pas moins de vingt-un soufflets, et il fallait soixante-dix hommes pour les mettre en mouvement. On peut juger par là du peu de perfectionnement où en était l'orgue à cette époque. Ajoutons encore que les touches des claviers étaient tellement dures que c'était à coups de poing qu'il fallait les abaisser. A cause de cela, elles étaient fort larges, et un clavier de seize touches seulement avait près de 2 mètres. Le grand bruit que produisaient alors les orgues paraît avoir été leur principal mérite et le plus apprécié.

En France, l'existence d'un orgue à l'abbaye de Fécamp, en Normandie, construit au XIe siècle, est confirmée par la description qu'en fit Baudry, archevêque de Dol.

Au XIIe siècle, l'église Saint-Germain-des-Prés, à Paris, possédait un orgue, ainsi qu'il résulte des comptes de cette église, où se trouve porté le traitement d'un organiste nommé Dernery.

En Angleterre, on cite, à la même époque, un orgue hydraulique dont les tuyaux étaient mis en vibration au moyen de la vapeur d'eau.

Comprimée dans une chaudière sur laquelle étaient plantés des tuyaux d'orgue, la vapeur, passant avec force dans les tuyaux, les faisait vibrer avec une intensité de son considérable qui s'entendait par toute la ville.

Cette application de la vapeur à la musique sem-

blerait à première vue devoir appartenir à notre époque plus qu'au XIIe siècle. Il y a, du reste, dans l'orchestration moderne certains effets qui font penser à cette ancienne tradition.

Les orgues pneumatiques au moyen âge avaient généralement un nombre très restreint de tuyaux et une soufflerie des plus primitives. Ils diffèrent assez peu, en somme, de ceux qu'on voit représentés sur les monuments antiques ; mais l'innovation qui est capitale dans l'orgue chrétien, c'est le clavier. Cette adjonction est une des causes principales de la grande différence qu'il y a entre la musique antique et la musique moderne; les agrégations de notes faisant accord ont dû se présenter bien des fois sous les mains des organistes anciens, ne fût-ce que par hasard, avant que la théorie les admît dans le chant et dans la musique instrumentale.

Si imparfaits qu'aient été les premiers claviers d'orgue, ils marquent une époque nouvelle dans l'art musical, un monde nouveau de sons qui, peu à peu, est venu se ranger docilement sous les ordres de l'intelligence humaine.

LES JEUX

L'orgue est un instrument si magnifique, non seulement au point de vue de l'art, mais encore si admirable de combinaisons mécaniques, il a été l'objet de tant de recherches scientifiques de toutes sortes,

qu'il est difficile de n'en pas donner une description sommaire.

Les connaissances du public à son sujet sont peu étendues ; plus d'une personne a été surprise, quand elle montait à la tribune de l'orgue, d'y voir cette superposition de claviers, ces nombreux tuyaux et tout un appareil aussi compliqué.

On n'est pas habitué non plus à en distinguer les nuances sonores, variant du timbre lourd et velouté des *bourdons* au timbre mordant du *cromorne*. Notre but est de désagréger un peu l'impression générale qui résulte de l'audition d'un orgue et d'en faire apprécier la variété d'effets, d'accents et de timbres divers.

Au xve siècle, les principaux éléments sonores de l'orgue étaient déjà inventés ; il était définitivement consacré comme un des ornements principaux du culte et beaucoup d'églises en possédaient.

La progression constante de l'art musical, et surtout la connaissance des lois de l'harmonie, contribuèrent aussi à faire découvrir les moyens de réaliser ce que la théorie musicale faisait entrevoir. C'est ainsi qu'à la fin du xve siècle, vers 1470, un Allemand établi à Venise, nommé Bernhard, inventa le *clavier des pédales*, qui permet de faire parler les basses de l'orgue avec les pieds, tandis que les mains sont occupées sur les claviers manuels. L'usage où l'on était d'écrire la musique à quatre parties concertantes et quelquefois plus a sans doute amené cette invention, qui devenait de pre-

mière nécessité pour exécuter une musique de plus en plus compliquée.

C'est aussi à cette époque qu'on commença à désigner les jeux de l'orgue par leurs plus grands tuyaux : le seize-pieds, le huit-pieds, etc.

D'autres jeux portent encore maintenant des noms qui proviennent du même temps, tels que le *salicional*, le *cromorne,* le *nasard*, etc.

Au commencement du XVIIe siècle, le mécanisme de l'orgue se compléta par l'invention des *registres,* qui, comme le nom l'indique, régissent chacun des jeux de l'orgue, les font parler ensemble ou séparément et permettent de les combiner entre eux. Ce dernier perfectionnement produisit dans le style de l'orgue la même modification que dans la musique d'orchestre ; l'art d'instrumenter la musique d'orgue en combinant les jeux prit peu à peu une importance qui est devenue capitale maintenant.

L'orgue, en effet, n'est pas un instrument, c'est un rassemblement d'instruments à vent. Ce sont ces instruments particuliers qu'on appelle des *jeux* qui font sa richesse et sa puissance.

Un jeu d'orgue est une rangée de tuyaux de même espèce donnant une suite de sons chromatiques et ayant un timbre particulier qui dépend de la façon dont le son est produit dans les tuyaux et de leur forme particulière.

Tous les jeux de l'orgue se divisent en deux espèces : les *jeux à bouche* et les *jeux à anche.*

Les *jeux à bouche*, depuis les plus grands, qu'on

voit à l'extérieur du buffet de l'orgue, jusqu'aux plus petits, ont tous la même manière de produire le son.

Comme on a pu l'observer, leur pied se termine en pointe ; c'est par là que l'air s'introduit. A l'endroit où commence le tuyau cylindrique, l'intérieur est bouché par une rondelle de métal qui ne laisse échapper qu'une mince lame d'air entre elle et la paroi du tuyau. A cette hauteur s'ouvre la fente transversale qui forme la bouche du tuyau ; la lame d'air vient en montant se briser contre la lèvre supérieure de la bouche, et là, trouvant une résistance dans la colonne d'air qui est à l'intérieur du tuyau, elle la repousse, puis, à cause de l'élasticité de l'air, elle est repoussée à son tour à l'extérieur du tuyau ; ce sont ces alternances périodiques de la lame d'air qui engendrent le son dans les tuyaux à bouche, qui, en réalité, parlent bien par leur bouche. C'est, en somme, un flageolet retourné variant depuis trente-deux pieds de haut jusqu'à quelques millimètres ; la hauteur de la colonne d'air étant la cause de la gravité ou de l'acuité des sons.

Les *jeux à anche* sont tout différents. Dans le pied du tuyau se trouve une languette de laiton qui ne bouche qu'imparfaitement l'entrée de l'air dans le tuyau.

L'air, en voulant passer, force la languette à venir battre contre les bords de l'ouverture, son élasticité la fait redresser et elle ne livre passage à l'air que d'une façon intermittente et régulièrement pério-

dique ; les vibrations de la languette et celles de la colonne d'air contenue dans le tuyau donnent un son qui est plus ou moins grave ou aigu, suivant la hauteur du tuyau et la fréquence des battements de la languette. Ces deux modes de production du son, des tuyaux à bouche et des tuyaux à anche, font entendre deux timbres très différents qui sont les deux couleurs principales des sons de l'orgue.

Le son des tuyaux à bouche est doux, plein, rond et uni ; le son des tuyaux à anche, mordant, coloré et grenu, tranche vigoureusement sur les sons des tuyaux à bouche.

Les jeux à bouche se divisent en *jeux de fond* et *jeux de mutation*, lesquels se divisent à leur tour en *jeux simples* et *jeux composés*.

Les *jeux de fond* sont ouverts ou bouchés ; les tuyaux bouchés par le haut ont cette propriété de donner un son qui est à l'octave au-dessous de la note qu'ils devraient donner s'ils étaient ouverts. On les appelle *bourdons*. Leur timbre est sombre, lourd et bourdonnant, sans éclat, mais très favorable aux accords d'accompagnement.

Les jeux à bouche ouverts ou fermés portent le nom de leur tuyau le plus bas et par conséquent le plus long. On dit un jeu de trente-deux pieds, de seize pieds, etc. Le tuyau de trente-deux pieds donne l'*ut* de l'octave au-dessous de l'octave la plus basse du piano. On les nomme aussi *jeux de flûte* parce que leurs timbres se rapprochent de celui de la flûte.

Les jeux de l'orgue portent encore des noms qui sont très anciens et qui datent des premiers temps où la facture de cet instrument commença à prendre de l'importance ; ce sont, pour les jeux à bouche :

La flûte ouverte de trente-deux pieds, qui a toute l'étendue du clavier ; celle de *seize pieds ;* le *principal,* de huit pieds, qui est le jeu fondamental de l'orgue à cause de son étendue, qui embrasse toute celle des voix et des instruments.

Le *prestant*, quatre pieds (*præstare*), qui doit son nom à son timbre clair et à ce que c'est sur lui que s'accordent tous les autres jeux de l'orgue.

La *doublette*, qui sonne à l'octave haute du prestant.

Les *nasards,* qui parlent à la quinte de la flûte de seize pieds et du prestant, donnant au timbre des jeux auxquels on les associe un certain nasillement très sensible, surtout dans les orgues anciennes.

Le *salicional*, du latin *salix*, saule, jeu d'étain dont les tuyaux étroits vont en se rétrécissant jusqu'à l'orifice. Son timbre est intermédiaire entre la flûte et le violon. Son nom lui vient des flûtes champêtres qu'on fait avec l'écorce fraîche d'une branche de saule, et dont il est une imitation.

Au *salicional* se rattachent les jeux qui imitent les instruments à cordes, qui ont aussi des tuyaux étroits. L'Allemagne a beaucoup inventé de ces jeux à bouche. Ce sont le *gemshorn* (cor de chamois), tuyau très pointu et pyramidal ; le *nachthorn* (cor

de nuit), en étain ; la *gambe*, qui imite le violoncelle, tuyaux ouverts en étain, étroits par le haut ; le *bœhrflote* (flûte de roseau) ; le *hohlflote* (flûte creuse), etc., etc.

Le *larigot* est un jeu aigu qui imite le son d'une petite flûte rustique appelée en vieux français *arigot*.

La classe des *jeux de mutation* est aussi fort curieuse.

Chacun des tuyaux de ces jeux résonne toujours accompagné de plusieurs autres tuyaux qui lui forment un cortège harmonique et dont le nombre varie de trois à sept ; la *fourniture* a chacune de ses notes toujours accompagnée de son octave supérieure, de sa double octave, de sa quinte et quelquefois de sa septième.

Ces jeux sont des imitations du phénomène connu dans la physique sous le nom de *sons harmoniques*, que font entendre les cordes et les tubes en même temps que le son fondamental. Ils sont d'invention très ancienne et remontent au XVIe siècle au moins.

Ces notes additionnelles sont disposées dans l'orgue de façon que le son fondamental domine toujours ; elles ne font que le renforcer, sans quoi elles produiraient dans l'harmonie une intolérable confusion. C'est en raison de la plénitude que ces sons accessoires donnent au son principal, qu'ils ont reçu le nom, peut-être un peu vulgaire, mais très exact, de *fourniture*.

Le *cornet* est un jeu très brillant, timbre de ténor. Il y a cinq tuyaux pour chaque note, cinq tuyaux sur marche, suivant l'expression consacrée. Chaque note est accompagnée de l'octave, la quinte, la double octave et la tierce majeure, supérieure ou dix-septième; ses tuyaux sont coniques.

La famille des jeux d'anche a des tuyaux de formes très diverses.

La *bombarde* est un des plus puissants, c'est une imitation d'une sorte de hautbois qu'on appelle en allemand *Bombart;* c'est un timbre très mordant. Les basses de ce jeu sont formidables de sonorité et d'éclat; les tuyaux sont coniques.

Le *cromorne* est aussi un jeu d'anches imité d'un ancien hautbois recourbé usité au moyen âge, appelé en allemand *krumm horn* (cor recourbé. Ce mot francisé est formé des deux mots allemands. Ses tuyaux sont cylindriques et étroits. Son timbre est analogue à celui de la clarinette, mais beaucoup plus incisif et sonnant le creux. C'est un des plus chantants des jeux de l'orgue et souvent employé.

Le jeu appelé *voix humaines* est composé d'anches libres, c'est-à-dire semblables à celles des accordéons. On leur ajoute un court tuyau de métal, mais c'est seulement pour modifier leur timbre et le rapprocher de la voix humaine. Il y a certaines orgues où ce jeu semble prononcer très distinctement la syllabe *ai* plus ou moins ouverte. On lui donnait autrefois le nom de *chèvre*.

Les *voix humaines* d'un grand orgue sont souvent accompagnées du *tremblant*. Le *tremblant* est une sorte de trappe qu'on fait osciller dans le grand conduit qui amène le vent aux tuyaux. Le chevrotement que le tremblant imprime aux sons de l'orgue rend l'illusion du jeu de la voix humaine beaucoup plus forte; mais on ne peut l'entendre longtemps sans fatigue.

Mentionnons encore l'*unda maris* ou *voix célestes;* c'est un jeu à bouche dont chaque note est donnée par deux tuyaux dont l'un est en dissonance avec l'autre, mais d'un intervalle extrêmement petit.

Quand on le fait entendre avec les autres jeux, il se produit des battements, c'est-à-dire des alternatives de force dans le son qui ressemblent à des ondulations. C'est un jeu d'un timbre très doux dont le son a quelque chose de mystique et de féminin.

La *bifara* est aussi un jeu de flûte du même genre, dont chaque tuyau a deux bouches faisant entendre chacune un son très peu différent au lieu de l'unisson exact.

Il y a encore beaucoup d'autres jeux dont les noms diffèrent plus que les timbres. Ce sont des modifications des précédents.

Ce qui constitue le caractère fondamental de l'orgue, ce sont les *jeux à bouche* ou *jeux de flûte*, ouverts ou bouchés; aussi les a-t-on appelés *jeux de fond*. En effet, il est impossible de s'en passer; ils

forment le fond sur lequel se détachent les sons plus mordants des tuyaux à anche, qui sont très propres à faire entendre un chant seul sur la masse d'accompagnement des jeux à bouche.

Les noms suivants que nous donnons sont là pour montrer la grande diversité de timbres que peut fournir un tuyau. La *trompette*, le *clairon;* le *violoncelle*, le *héraulophon*, la *dulciana*, l'*euphone*, le *quintaton*, la *gambe*, etc., sont des jeux à bouche ou à anches qui n'ont que des nuances très peu différentes, mais qui dans l'ensemble, quand on les fait parler tous à la fois, donnent l'impression d'un plus grand nombre de sons que si c'était le même timbre répété autant de fois.

La *flûte harmonique* est un jeu dont les tuyaux, au lieu de faire entendre le son qui correspond à leur longueur, donne un des harmoniques de ce son, soit l'octave supérieure, soit la quinte, suivant qu'on perce un trou à la moitié ou au tiers du tuyau. Il en résulte un son très pur et très plein, plus doux que celui que donnerait le tuyau de longueur normale.

Toutes les orgues n'ont pas une aussi grande quantité de jeux. Les petites orgues de salon peuvent n'en avoir qu'une dizaine; l'orgue de l'église Saint-Sulpice, à Paris, construit par M. Cavaillé-Coll, en a cent. Cela ne veut pas dire qu'il y a cent jeux ayant chacun un timbre différent; plusieurs d'entre eux sont doubles, triples et même quadruples. Ainsi, dans l'orgue que nous citons, qui peut être consi-

déré comme un type de l'orgue moderne, il y a trois bourdons, quatre prestants, deux *salicionals*, quatre bombardes, etc.

Sur un instrument pareil, on peut faire entendre des accords chantés par mille ou douze cents tuyaux à la fois, dont les voix diverses, ouvrage de l'industrie humaine, forment un chœur d'une puissance à laquelle on ne peut rien comparer.

LE MÉCANISME

Quand on regarde la façade singulière d'un grand orgue, ce haut et mystérieux palais d'où s'échappent des prières attendries, d'éclatantes fanfares, des harmonies de voix lointaines et étouffées, des volées de clameurs, des rugissements, des plaintes, des marches glorieuses, il semble qu'on soit devant un édifice enchanté ; la curiosité vous vient de connaître comment sont logés les chanteurs inanimés, dont quelques-uns ont été décrits précédemment.

Le premier groupe qui se remarque est un ensemble de jeux formant un petit orgue contenu dans le grand, dont il reproduit toutes les nuances. C'est ce qu'on nomme le *positif*. Il est destiné à l'accompagnement des voix et à des effets de sonorités moindres que celles du grand orgue. Ce sont les tuyaux du positif qu'on aperçoit au centre du buffet, qui cachent l'organiste et forment une sorte d'avancée.

Dans les orgues tout à fait modernes, on a renoncé à cette disposition. Le *positif* se trouve maintenant renfermé dans le grand buffet. Ceci est peut-être regrettable au point de vue de l'ornementation et de la distinction qui s'établissait entre la sonorité du positif et celle du grand orgue.

L'explication qu'on donne du terme de *positif* est celle-ci : on appelait de ce nom, au XVe siècle, un très petit orgue qu'on *posait* sur une table. On le jouait d'une main, tandis que l'autre faisait mouvoir le soufflet.

Derrière le positif se trouve une sorte de console, ou, si l'on veut, de bureau sur lequel s'étagent en escaliers de deux à cinq claviers superposés suivant la grandeur de l'instrument. L'organiste s'assied devant, ayant sous ses pieds le clavier des pédales qui ressemble aux claviers manuels en beaucoup plus grand et ayant environ deux octaves d'étendue.

Si on enlevait la façade de l'orgue, voici ce qu'on apercevrait : on verrait l'espace intérieur de l'instrument divisé comme une maison par des planchers. Ces planchers sont des caisses plates appelées *sommiers*. Les tuyaux sont plantés dessus et prennent leur vent dans cette caisse, qui le reçoit de la soufflerie.

Le premier sommier se trouve à peu près au niveau de la tête de l'organiste.

Le rez-de-chaussée de ce monument est occcupé par le mécanisme très compliqué du clavier, qui diverge ensuite dans tous les sens et s'en va ouvrir les

soupapes des sommiers supérieurs, celles des grands tuyaux des basses qui sont situés sur les côtés de l'orgue, ainsi que celles qui sont en *montre* dans la façade ou buffet de l'orgue.

Cette mécanique peut être comparée aux nerfs du corps humain; les tringles, les tirants, les fils, les rouleaux, les leviers vont un peu partout porter le mouvement imprimé aux touches du clavier par les doigts de l'organiste, et faire résonner à tous les étages, dans tous les recoins, les tuyaux qui doivent faire leur partie dans le concert général.

Les détours que cette transmission est obligée de parcourir est évaluée, dans certains grands instruments, quelquefois à 50 mètres.

A chacun des claviers dont nous venons de parler correspond un sommier particulier. Le clavier inférieur est celui du *positif;* celui qui vient au-dessus est celui du *grand orgue,* qu'on nomme ainsi parce qu'il supporte un plus grand nombre de jeux; le troisième est le sommier spécial des jeux de *bombarde;* le quatrième est le clavier du *récit*, où sont les jeux qui se font entendre en solo; le cinquième est le clavier d'*écho*.

Si le mécanisme des claviers peut être comparé aux nerfs, les canaux qui portent le vent dans les sommiers ressemblent aux artères qui amènent le sang et la vie dans les différents organes du corps humain.

Comme c'est l'air comprimé par le soufflet qui est l'agent principal du son et qui fait parler les tuyaux,

on se rendra compte de son action en le suivant dans sa marche.

La soufflerie, qui en est le point de départ, est généralement située derrière l'orgue. Les soufflets aspirent l'air entre leurs plis, puis, sous l'effort des souffleurs, ils s'abaissent et le chassent dans un conduit carré, en bois, qu'on appelle le *porte-vent*. Celui-ci se divise en plusieurs canaux. Ils débouchent dans les sommiers sur lesquels sont plantés les tuyaux par leurs pieds, terminés en cône plus ou moins allongé. Quand on pénètre dans le sommier d'un grand orgue, ce qu'on voit ressemble assez au plancher d'une chambre moyenne, sur lequel s'élève une véritable forêt. Au milieu sont les plus petits tuyaux, semblables à de courts chalumeaux de paille, qui font entendre les sons aigus; ils vont en progressant de hauteur jusqu'aux deux côtés de l'orgue, où s'élèvent les énormes troncs des basses, qui atteignent jusqu'à 32 pieds de haut. Les uns sont en bois et carrés, d'autres sont en étain. Si on se place dans le fond du sommier, on voit, dans le demi-jour qui perce entre les interstices du buffet, la perspective formée par ces singuliers chanteurs.

Au premier rang, les courts tuyaux des voix humaines; au delà, le *cromorne* au col allongé; les cônes retentissants de la *trompette* viennent ensuite; plus loin, la *fourniture*, dont chaque note est formée d'un groupe de cinq à sept tuyaux de hauteur décroissante; puis viennent les pavillons du hautbois, les coiffures bizarres de certains jeux, les

tiges carrées du *gemshorn,* semblables à de petits obélisques en bois; ainsi de suite jusqu'au devant de l'orgue, où l'espace se trouve fermé par les grands seize-pieds des flûtes.

Tout ce chœur de métal qui reste là en silence la bouche béante forme un spectacle étrange. Si l'organiste vient à jouer, on entend successivement devant soi, derrière, à gauche, à droite, la mélodie qui se promène et passe de l'un à l'autre.

Tous ces tuyaux, cependant, parleraient tous à la fois si le vent qui est accumulé dans le sommier n'était arrêté dans son chemin, puis ensuite dirigé au moyen de deux organes qui se complètent, la *soupape* et le *registre.*

Pour comprendre leur action, il faut connaître la disposition du sommier.

Le sommier est divisé horizontalement par une sorte de diaphragme. La partie inférieure reçoit le vent qui débouche du porte-vent. La partie supérieure est elle-même divisée en autant de canaux, appelés *gravures,* qu'il y a de touches au clavier.

Sur chacun de ces canaux sont posés tous les tuyaux des différents jeux qui donnent la même note. A l'extrémité du canal s'ouvre une soupape correspondant à la touche du clavier, qui laisse pénétrer le vent de la partie inférieure du sommier dans la *gravure.*

Tous les tuyaux posés sur une même gravure parleraient, à leur tour, tous à la fois si, au moyen du *registre,* on ne fermait ou on n'ouvrait à volonté

l'ouverture inférieure de leurs pieds, par où ils prennent leur vent. Les *registres* sont des règles mobiles qui glissent sous les pieds de chaque rangée de tuyaux d'un même jeu.

Ils se meuvent, par conséquent, transversalement aux conduits ou gravures dont nous venons de parler.

Ces longues règles sont percées d'autant de trous que le jeu a de tuyaux. Quand le *registre* est poussé, les trous des tuyaux et ceux des registres ne se trouvent pas au-dessus l'un de l'autre, l'air contenu dans la *gravure* ne peut passer; quand le registre est tiré, les deux trous sont amenés au-dessus l'un de l'autre, l'air entre dans le tuyau et le fait parler.

Ainsi donc, autant on a tiré de registres, autant il y a de notes à l'unisson pour chaque touche du clavier. C'est au moyen des registres que se font les mélanges des timbres des divers jeux, qu'on peut les faire se répondre ou disparaître, comme les instruments d'un orchestre.

Tel est dans son aspect le plus simple le mécanisme de l'orgue. Le *sommier*, le *clavier* et la *soupape* sont d'invention si ancienne qu'on n'en connaît pas les auteurs. Quant au *registre*, nous avons dit qu'il datait du XVIe siècle et qu'il ne fut appliqué qu'au commencement du XVIIe siècle par un organiste du nom de Timothée. Les boutons qui servent à tirer les registres des jeux de l'orgue sont situés de chaque côté du clavier, à portée de la main de l'organiste, qui instrumente son morceau à mesure

qu'il se déroule. La première opération à faire quand on joue de l'orgue, consiste donc à tirer les registres qu'on a choisis et sur lesquels on veut exécuter.

Toutes ces parties essentielles de l'orgue subirent des modifications et des perfectionnements dont le détail ne saurait trouver place ici. Au xve siècle, la prédominance dans la facture d'orgue appartenait aux Allemands. Erhart Smid, de Peyssemberg, en 1433; André, de Brunswick, en 1456; Castendorfer, de Breslau, en 1466, acquirent une grande célébrité comme facteurs d'orgues. Henri Traxdorf, en 1475, perfectionna et augmenta le clavier des pédales.

A partir du xvie siècle, les Italiens devinrent aussi très habiles. La famille des Antegnati, de Brescia, dont la réputation dura pendant plusieurs générations, construisit la plupart des orgues de l'Italie du Nord. Les Serassi, de Bergame, vinrent après, et leur renommée s'étendit jusqu'à la fin du xviiie siècle. L'un d'eux inventa le mécanisme appelé *tira-tutto* (tire-tout), qui réunit tous les jeux de l'orgue sur le même clavier et permet de les faire parler tous à la fois.

Au xviiie siècle, on construisit de grandes orgues dont la réputation dure encore. L'orgue de Harlem, établi par Christian Muller en 1738, avait 60 jeux, 5 claviers et 4,080 tuyaux.

L'orgue de Wemgarthen, en Souabe, construit par l'Allemand Gabler en 1751, a 66 jeux qui font un ensemble de 6,666 tuyaux manœuvrés par 4 claviers manuels et 2 claviers de pédales. Le buffet, d'une

magnificence extravagante dans le style rococo, est d'un très grand effet décoratif.

En France, la facture d'orgue était aussi fort avancée. En 1778, un savant bénédictin, dom Bedos de Celles, publia un *Traité du facteur d'orgues,* qui est l'ouvrage le plus complet qu'on ait écrit sur cette matière.

Les facteurs Thierry et Cliquot établirent des instruments de premier ordre ; leurs noms se voient encore sur plusieurs instruments, ainsi que ceux de Dallery, Micot, Joseph Cavaillé, etc.

La facture d'orgue s'est encore enrichie au XIXe siècle de deux perfectionnements principaux : ce sont le mécanisme appelé *expression* et le *levier pneumatique.*

La première de ces inventions correspond à une longue recherche du moyen de faire chanter l'orgue plus ou moins fort, suivant les besoins de l'expression musicale. La difficulté d'arriver à ce résultat consiste en ce qu'on est obligé de garder une égale et constante pression de l'air, sans laquelle tout l'orgue se désaccorderait. Pour y parvenir, on a imaginé de renfermer certains jeux et même des sommiers tout entiers dans des caisses dont les côtés sont formés de lames de jalousie pivotant sur elles-mêmes et qu'on peut ouvrir et fermer plus ou moins au moyen d'une pédale. Les sons se trouvant ainsi plus ou moins renfermés, on a la sensation du *pianissimo* ou du *forte*, on peut même faire des *crescendo ;* mais ce qu'on obtient est plutôt la sensation

d'un son lointain que celle d'un son qui s'apaise ou qui se gonfle.

L'*expression* est habituellement appliquée aux jeux de récit.

Le *levier pneumatique* a été inventé par un Anglais, M. Barker. C'est une combinaison mécanique très ingénieuse par laquelle l'air comprimé par la soufflerie annihile lui-même la résistance qu'il oppose à l'ouverture des soupapes.

Grâce au *levier pneumatique,* le clavier d'un orgue n'est pas plus dur à toucher que celui d'un piano, quel que soit le nombre de jeux qu'on y réunisse.

L'application en a été faite pour la première fois à l'orgue de Saint-Denis, construit, en 1841, par M. Cavaillé-Coll, qui, plus tard, l'a étendue aux mouvements des registres.

La pression du vent a été aussi l'objet de savantes recherches. Les sons aigus et les sons graves ne font pas une dépense d'air exactement proportionnelle aux dimensions des tuyaux. Les premiers consomment à peine quelques centilitres d'air par seconde, tandis que la dernière octave grave exige de 70 à 80 litres. De plus, certains jeux n'ont toute leur qualité sonore qu'avec une pression différente de leurs voisins ; à cause de cela, on a été amené à diviser les sommiers en compartiments dans lesquels la pression de l'air est différente.

Les découvertes récentes de la science, relativement à l'acoustique, ont aussi beaucoup influé sur la bonne qualité des sons de l'orgue.

Il s'est enrichi ainsi d'une quantité de jeux nouveaux dont les noms, il est vrai, diffèrent plus que les timbres. Ce qui est à redouter, c'est qu'en perfectionnant les types primitifs, on n'en altère les sons spéciaux.

C'est ce qui est arrivé à certains instruments d'orchestre, comme le hautbois, par exemple, qui est devenu beaucoup plus maniable, mais qui a perdu une partie de sa saveur auditive.

L'orgue n'est pas un instrument qui doive tendre à l'unité; toute sa grandeur consiste surtout dans la diversité et l'originalité de chacun de ses jeux, et la facilité qu'il offre de pouvoir les rassembler pour un but commun.

Il n'y a pas d'autre instrument qui, sous ce rapport, puisse lui être comparé, qui possède à un plus haut degré la *variété* dans l'*unité*, par lequel les combinaisons de l'esprit humain arrivent à des nombres fabuleux, comme celles que fait la nature avec des éléments simples.

A ce point de vue, il y a une différence entre les jeux des anciennes orgues et des modernes. Les premiers ont des sons plus tranchés, plus crus, plus criards, si on veut; mais aussi les effets sont plus vifs et l'ensemble plus vigoureux avec un nombre moindre. Nous avons entendu, en Italie, de vieilles orgues nasillardes dont les sons étaient cependant pleins de charme et de douceur, avec une grande puissance, relativement à la dimension de l'instrument.

En ce qui concerne la rapidité des mouvements, la pureté des sons et l'obéissance de l'instrument, l'orgue moderne est cependant bien supérieur à l'orgue ancien.

La conséquence de ce fait est que le style musical propre à l'orgue est beaucoup moins défini qu'il ne l'était autrefois. L'instrument est devenu plus complaisant à mesure qu'il se perfectionnait, et c'est ce qui a facilité plusieurs transformations importantes dans le caractère de la musique qu'il est destiné à faire entendre.

Nous ne parlons pas à dessein de l'orgue expressif ou *harmonium*, d'invention récente. Cet instrument hypocrite et apostat, dont la voix mielleuse, indigne de se faire entendre dans les temples, n'est qu'une misérable singerie du véritable orgue. Il rapetisse, il facilite, il vulgarise l'art qui a le plus besoin d'idéal et de hauteur, et il faut espérer que l'usage dans les églises n'en sera pas de longue durée.

STYLE MUSICAL DE L'ORGUE.

Ce qui est remarquable dans le style musical de l'orgue, si on le compare à celui des autres instruments, c'est que l'improvisation en a toujours été le caractère principal.

Aussi, tandis que les bibliothèques sont remplies de musique de clavecin, de piano et de toutes sortes d'instruments, on trouve, au contraire, fort peu de

musique spécialement écrite pour l'orgue. C'est donc la partie la plus intéressante de ce qu'on a fait dire à ce magnifique instrument qui s'est écoulée sans laisser de traces.

La place que tient l'orgue dans la musique d'église fait, d'ailleurs, de l'improvisation une nécessité.

Autrefois, comme aujourd'hui, à part les morceaux plus longs qui célèbrent l'entrée d'une procession, l'arrivée d'un grand personnage, etc., l'orgue doit répondre aux versets chantés par le chœur avec des phrases dont la durée n'est pas exactement fixée.

Ces réponses de l'orgue aux accents de la mélodie liturgique constituent un des plus grands effets de la musique à l'église. C'est là que l'inspiration de l'organiste a le plus d'importance et qu'une grande élévation d'idées est plus nécessaire, puisque sa pensée musicale se trouve en comparaison avec le plain-chant, qui est resté la plus haute expression de la musique religieuse.

Dans les temps les plus reculés, quand l'orgue était encore un instrument peu maniable, l'improvisation a dû être presque nulle. On se bornait à répéter la phrase chantée par le chœur; c'est au moins ce qui semble résulter des anciens règlements de la musique religieuse. Vers le XIVe et le XVe siècle, quand l'orgue se fut perfectionné et que le goût se forma, on s'aperçut que, quelle que soit la beauté d'un instrument, il est toujours inférieur à des voix qui avec la mélodie font entendre les paroles. C'est pro-

bablement alors que commença le rôle spécial de l'organiste et que le style propre à l'instrument commença aussi à se dessiner. On peut difficilement se faire une idée de ce que pouvaient être les improvisations des organistes de ce temps.

Ce serait cependant une erreur de croire que le style grave, le style religieux propre à l'orgue, ait été supérieur autrefois à ce que nous entendons aujourd'hui.

Si on ne possède pas de musique d'orgue avant le XVIe siècle, on sent par les règlements nombreux dont elle a été l'objet qu'on avait beaucoup de peine à maintenir les organistes dans un style convenable. Pendant le XVe siècle, époque où la musique prit une allure plus déterminée, les prescriptions des évêques sont remplies de recommandations très pressantes aux organistes de ne pas faire entendre de chansons profanes et mondaines.

Les organistes, d'ailleurs, n'étaient pas tout à fait coupables, et l'état de la langue musicale était surtout la cause de ce qu'on leur reprochait.

En dehors de l'instinct musical du peuple qui produisait les chansons et les airs de danse, il était impossible de composer ce que nous appelons aujourd'hui une *mélodie* avec la musique raisonnée qu'on enseignait. Si on voulait faire dire à l'orgue autre chose que la musique de plain-chant, il n'y avait d'autre ressource que d'essayer de déguiser des motifs de chansons en les harmonisant et en les variant comme on le pouvait.

L'abus qu'en firent les organistes motiva des remontrances très sévères et fut sur le point d'amener la suppression de l'orgue dans les églises.

Pour les monastères, la défense fut formelle pendant fort longtemps; car si, d'une part, les organistes des églises tombaient dans des improvisations trop longues, qui faisaient durer les offices au delà de ce qui était raisonnable, d'autre part les moines, en faisant réciter une partie des offices par l'orgue, les abrégeaient par trop. Aussi les monastères ne possédèrent-ils des orgues que fort tard et longtemps après les églises.

Cependant, au XVIe et au XVIIe siècle, la musique prit une allure plus savante. C'est le temps du règne exclusif de la fugue et du contrepoint. Les organistes s'en emparèrent. Le peu de musique d'orgue qui nous vient de cette époque reproduit le style alors en usage.

Tous les grands musiciens étaient alors organistes ou maîtres de chapelle; d'ailleurs, jusqu'au XIXe siècle, on serait embarrassé de trouver un compositeur un peu célèbre qui n'eût pas été organiste pendant une partie de sa carrière musicale.

Il est probable que les improvisations de ces savants musiciens ont dû avoir aussi ce caractère scientifique qui, en dehors du plain-chant, constituait alors le style vocal et instrumental. Un des premiers organistes virtuoses dont les ouvrages soient parvenus jusqu'à nous est un Italien nommé Frescobaldi. Il était organiste à Saint-Pierre de Rome en 1614; son

talent attirait dans cette vaste basilique un concours immense de peuple, jusqu'à trente mille personnes, dit la tradition.

Sa musique d'orgue est à peine différente de celle qu'il écrivait pour le clavecin. Il en est ainsi pour tous les ouvrages du même temps ; on ne voit pas se former un style spécialement applicable à l'orgue avant la fin du XVIIIe siècle.

La musique fuguée et contrepointée a constamment progressé, pendant le XVIIe siècle, en Italie et en Allemagne. Au milieu du XVIIIe siècle, elle arriva à son apogée avec Sébastien Bach, le grand organiste allemand, qui a écrit un grand nombre de pièces d'orgue qui sont et qui resteront la plus haute expression de l'art de l'organiste dans le style fugué et contrepointé.

Cet art savant avait tout à fait relevé le style musical de l'orgue ; mais la fugue, en bannissant ou en déguisant la trivialité, n'est pas un moyen d'expression. Ce que nous appelons *mélodie*, un chant soutenu par des accords, voilà ce qu'on ne trouverait pas avant la fin du XVIIIe siècle dans la musique d'orgue. Les ouvrages de Sébastien Bach marquent le point où elle commence à devenir expressive et mélodique. Quelques-uns de ses préludes contiennent des choses admirables dans ce genre et de grandes suites d'accords qui se déploient majestueusement comme des vagues de sons.

Ce qui est singulier, c'est que, sur un instrument qui par son mécanisme et son caractère semble sur-

tout destiné à faire entendre des harmonies prolongées, on ne trouvait que très rarement, dans l'ancienne musique d'orgue, une suite d'accords en sons tenus et liés. Ce sont toujours les amplifications et les méandres de la fugue qui dominent. Les organistes français du XVIIIe siècle ne suivirent que de fort loin le mouvement scientifique de l'art musical. Daquin, Balbatre, Marchand, etc., avaient, d'après le témoignage de leurs contemporains, une improvisation à effet, un jeu brillant, une grande habileté dans l'art de combiner les jeux, mais ils manquaient de l'art du développement et des ressources d'une science approfondie. Les rares compositions qu'ils ont laissées sont des fugues très inférieures à celles des Italiens et des Allemands.

Ce que nous pouvons citer comme intéressant est un recueil de variations sur des motifs de *Noëls* très anciens, composées par l'organiste Daquin vers le milieu du XVIIIe siècle.

L'introduction de la musique libre dans le style de l'orgue apparut à la fin du XVIIIe siècle. La mélodie soutenue d'une harmonie puissante et variée remplaça peu à peu le style fugué sans cependant s'en affranchir tout à fait.

Ainsi le style musical de l'orgue se sépara de plus en plus de la musique liturgique, qui, elle, ne se modifie pas.

Aujourd'hui, c'est l'expression mélodique, relevée de combinaisons harmoniques savantes et accompagnée d'une instrumentation variée et colorée, qui

distingue le style des organistes modernes d'avec celui des temps passés.

Cette transformation a été souvent l'objet de critiques très vives, mais qui ne nous paraissent pas fondées.

Pour ne pas parler le même langage musical que le plain-chant, l'orgue moderne n'en est pas moins apte à toutes les expressions les plus graves et les plus sérieuses du sentiment religieux.

Il nous semble, au contraire, que l'orgue moderne, avec ses timbres si variés, sa puissance sonore, ses contrastes inattendus, mis au service d'une langue musicale pleine de nuances, d'harmonies colorées, d'expressions fortes ou délicates, il nous semble que tout cela est, au contraire, une richesse immense de plus. Peut-être même, peut-on ajouter, c'est seulement à notre époque que toutes les ressources que recélait l'orgue ont été mises à profit.

En somme, c'est la science, c'est l'intelligence, c'est l'inspiration humaine qui viennent, sous les doigts de l'organiste, concourir à la célébration du culte. C'est la voix du monde qui vient prier, gémir ou glorifier.

Du fond de l'église, les majestueuses clameurs de l'immuable plain-chant lui répondent et viennent répandre les grands apaisements de leurs puissantes et calmes ondes sur les timbres mordants, sur les harmonies fuyantes, sur les phrases expressives des innombrables voix de l'orgue.

Magnifique dialogue où aujourd'hui, mieux qu'à

aucune autre époque, viennent se refléter les alternatives de l'esprit humain.

Voilà pourquoi la profession d'organiste est une fonction supérieure : c'est qu'avec la responsabilité d'avoir à son service un instrument qui est un monde, il a la charge d'exprimer autre chose que son sentiment personnel.

Aussi faut-il de longues années d'exercice pour former un bon organiste. D'abord, des études théoriques sur la musique qui lui permettent d'improviser facilement, avec des harmonies élégantes, une composition claire du morceau ; puis encore des mains spécialement exercées au doigter du clavier de l'orgue, qui n'est pas le même que celui du piano; la sûreté du pied pour le clavier des pédales, et, enfin, la connaissance approfondie des combinaisons des jeux de l'instrument. Pour bien posséder tous les effets qu'on peut obtenir d'un grand orgue, il faut peut-être dix ans d'exercice sur le même instrument.

On ne saurait trop apprécier les hommes de talent qui vouent leur vie à l'étude de l'orgue. Ils n'ont pas, comme les virtuoses de concert, la satisfaction des applaudissements ; les places d'organiste sont peu lucratives; c'est donc l'amour de l'art pur qui les guide. Combien peu, parmi les fidèles, savent même le nom de celui qui les a si souvent touchés à leur insu en traduisant leurs émotions dans un admirable langage musical. Mais c'est là ce qui fait que l'orgue est arrivé à un si étonnant degré de perfection, c'est

que, de la part des savants comme des artistes, il a été toujours étudié avec désintéressement, et qu'il a ainsi échappé à l'excès de spéculation commerciale qui exerce une si mauvaise influence sur les autres arts.

LE PIANO

LE CLAVICORDE ET LE MANICHORDION

L'orgue et le piano ont été successivement les aides les plus efficaces de la transformation de la musique.

Le premier, instrument de la musique religieuse, a servi à accompagner les essais d'harmonie qu'ont fait entendre les voix des chantres pendant le moyen âge. La musique d'église ayant été le point de départ de la musique régulière et théorique, l'orgue la suivit et l'appuya dans ses développements successifs jusqu'au XVIe siècle environ. Les chants religieux atteignirent à cette époque un degré de perfection qu'ils n'ont pas dépassé depuis. Les bases principales de l'harmonie étaient trouvées et le grand style liturgique fondé. C'est alors que les instruments à cordes munis d'un clavier vinrent comme relever l'orgue dans son travail d'invention. Interprètes

de la musique profane, ils aidèrent les compositeurs à s'engager dans la voie nouvelle, et c'est avec eux que les musiciens de la Renaissance préludèrent à la musique dramatique et symphonique, dont l'éclat a été si grand à la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci.

L'influence que les instruments à clavier ont exercée sur la langue musicale a sans doute commencé avant l'époque que nous indiquons ; mais on ne la voit se dessiner clairement qu'à ce moment, où la musique religieuse avait trouvé avec Palestrina sa forme la plus élevée.

Les instruments à cordes et à clavier ont apporté dans la musique régulière un élément qui est sur l'orgue de moindre importance : le rythme. La brièveté des sons, qui permet la rapidité, le brillant, l'imprévu, les modulations plus tranchées, la facilité de rendre moins dures les dissonances, tous ces avantages ont peu à peu influé sur le style musical.

Nous ne voulons pas dire que les instruments à clavier soient les seules causes du mouvement musical que nous indiquons, mais ils l'ont puissamment aidé ; après avoir servi à réaliser des idées préconçues, ils les ont aidées à se transformer très rapidement et ils ont été ainsi tantôt serviteurs dociles et tantôt excitateurs.

Si on voulait s'en tenir à une simple recherche historique sur le mécanisme des instruments à clavier, on tomberait dans des descriptions très longues, dans des incertitudes très grandes, et chacune des

nombreuses pièces qui entrent dans leur fabrication aurait une importance égale. Mais si on examine, au point de vue artistique, quelle destinée ils ont eue et quelle besogne ils ont faite, on voit que leur originalité consiste dans la possibilité de faire parler facilement et simultanément plusieurs sons à la fois et que cet avantage se trouve réalisé par le *clavier*, qui met à la portée des deux mains toute l'échelle ou une portion de l'échelle sonore.

Ce qui rend aussi le piano et l'orgue si importants dans l'histoire de la musique théorique, c'est qu'ils ont été d'admirables instruments d'improvisation.

Quand on sait la part considérable que le piano occupe dans le travail de la composition à notre époque, on peut supposer qu'elle n'a pas dû être moindre autrefois.

Que d'essais ont dû être tentés dans la solitude des nefs par les organistes du moyen âge, qui ne sont venus que bien plus tard se placer dans la musique régulière! Que d'inspirations devancières ont résonné sur les grêles épinettes de la Renaissance, qui se sont épanouies ensuite sous la plume des grands maîtres de la symphonie ou de l'opéra!

Pour accomplir ce travail, il fallait des instruments où chacun des sons de l'échelle fût représenté par une corde. Ils existaient de toute antiquité; mais parmi ceux qui semblent avoir été le point de départ du piano, on remarque le psaltérion et le tympanon.

Ces instruments, très usités au moyen âge, consistent en une petite caisse sonore en forme de tra-

pèze, sur laquelle étaient tendues des cordes, habituellement de métal, qu'on faisait vibrer en les pinçant avec les doigts ou en les frappant avec de petites baguettes.

On entend encore jouer de ces instruments chez les peuples qui ont conservé un goût naturel assez relevé pour la musique.

Les musiciens hongrois, les tziganes, comme on les appelle, qui sont venus récemment à Paris, se servent du tympanon à baguette et en tirent un parti admirable en le mêlant au son des instruments à archet. Le tympanon est de tous les instruments de ce genre celui dont le timbre se rapproche le plus du piano moderne, ses cordes étant frappées et non pincées. Relativement à sa dimension, c'est peut-être le plus sonore de tous les instruments à cordes.

L'époque où l'on imagina de faire résonner ces instruments au moyen d'un clavier est tout à fait inconnue. On n'en voit pas d'exemple authentique, soit dans l'iconographie, soit dans les descriptions des auteurs, avant le commencement du XIVe siècle.

Le plus ancien de tous paraît avoir été le *manichordion* ou *monocorde*, ou encore *clavicorde*. Mersenne (1636) en donne une description dans son *Harmonie universelle*. Mais, entre les premiers *manichordions* et celui dont il parle, il y a un si long espace de temps qu'il serait imprudent d'affirmer que ce sont bien les mêmes instruments. Cependant il y a, entre le *manichordion* de Mersenne et l'ancien

monocorde, une certaine analogie. Le *monocorde* dont Guy d'Arezzo se servit, à la fin du xe siècle, pour déterminer les différents intervalles de la gamme était une corde tendue au-dessus d'une règle où étaient marquées les divisions déterminant la place du chevalet mobile avec lequel on modifiait le son.

Le *manichordion* ou *clavicorde* avait le même principe : la touche d'un clavier est, comme on le sait, un levier qui, en s'abaissant sous le doigt, se relève à l'autre bout. Cette extrémité, située sous les cordes, était garnie d'une petite lame de cuivre qui, en frappant la corde par-dessous, la faisait vibrer et, en même temps, la divisait suivant la longueur nécessaire à la hauteur du son désiré ; l'autre partie de la corde qui devait rester muette était recouverte de drap.

C'est la première manifestation du piano. Zarlino, savant compositeur et théoricien de la moitié du xvie siècle, dit, dans un de ses ouvrages, avoir vu, à Rome, les restes d'un vieux *cembalo* (un manichordion, sans doute) qui datait de cent cinquante ans avant lui.

Le son d'un pareil instrument était très faible ; mais il avait sans doute des avantages particuliers, car il resta en usage très longtemps après que de nouvelles inventions furent venues transformer les instruments à clavier.

Le *manichordion* ou *clavicorde* était encore, au xviiie siècle, l'instrument de composition préféré de S. Bach ; Mozart en emportait toujours un en voyage

et le musée du Conservatoire de musique conserve celui sur lequel Grétry composa ses premiers opéras, le *Huron*, le *Tableau parlant*, *Zémire et Azor* (1771). Ce clavicorde n'a que quatre octaves d'étendue ; mais les anciens, d'après les dessins qui les représentent, n'en avaient que deux. Ils étaient contenus dans une petite caisse carrée qu'on posait sur une table.

Ce qui a fait la fortune de cette première forme du piano, c'est évidemment la simplicité de son mécanisme, beaucoup moins sujet à se déranger que celui de l'épinette et du clavecin. Il faut remarquer aussi que le mode de mettre en vibration la corde en la frappant était meilleur ; qu'après avoir été presque abandonné pendant cent cinquante ou deux cents ans, on le reprit, et que ce dernier perfectionnement constitua le piano moderne, qui remplaça le clavecin.

Le clavicorde ou manichordion, à cause de son peu de sonorité, n'était pas employé avec d'autres instruments et on ne peut citer de virtuose ancien dont le nom nous soit parvenu. C'est probablement la nécessité d'avoir une résonance plus forte qui fit préférer à la touche du clavicorde celle de l'épinette et du clavecin, où le bec de plume remplaça la petite lame de cuivre qui frappait la corde.

Cette seconde forme du piano était en pleine vigueur au XVIe siècle, où elle produisit des instruments très variés de forme et de nom, mais qui avaient tous le même mode d'attaque des cordes. Le *clavicythérium*, la *virginale*, l'*épinette*, le *cembalo*,

le *clavicembalum* ou *gravecembalo,* d'où est venu le mot français *clavecin,* diffèrent de forme et d'étendue, mais ils ont tous le même timbre.

L'ÉPINETTE — LE CLAVECIN

La seconde période des instruments à clavier, qui commence vers le XVe siècle et se prolonge jusqu'à la moitié et plus du XVIIIe, se distingue de la précédente en ce que la manière de faire vibrer les cordes est tout à fait différente. Au lieu d'une petite lame de cuivre qui frappe la corde par-dessous, comme dans le manichordion ou clavicorde, la touche faisait lever un petit morceau de bois vertical, appelé *sautereau,* qui passait le long de la corde. Un petit bec de plume de corbeau, qui y était fixé, accrochait la corde en passant et la faisait vibrer; le sautereau retombait et un petit morceau de drap collé au-dessus du bec de plume venait s'appuyer sur la corde et arrêtait ainsi la vibration. Tous les instruments à clavier que nous avons cités plus haut : la virginale, le clavicythérium, le cembalo, l'épinette, le clavecin, résonnaient de la même façon.

Luscinius, dans sa *Musurgia* (1536), donne un dessin de la virginale et du clavicythérium. Ces deux instruments étaient contenus dans une caisse de forme rectangulaire, pouvant avoir 1^m^,50 de longueur sur 0^m^,40 environ de largeur; on pourrait les comparer à un petit piano carré. Ceux qui sont repré-

sentés dans l'ouvrage de Luscinius, où les touches sont très nettement tracées, avaient une étendue de trois octaves.

La virginale paraît avoir été très répandue en Angleterre.

Au XVIe siècle, on en trouvait dans toutes les maisons riches.

Le roi Henri VIII d'Angleterre touchait fort agréablement de cet instrument, ainsi que les reines Marie et Élisabeth.

A partir du XVIe siècle, l'épinette et ensuite le clavecin furent ceux des instruments à clavier dont on se servit le plus communément. On ne sait rien sur leurs premiers essais ; mais tout fait supposer que c'est d'Italie que vint l'invention des cordes pincées par un bec de plume.

Ce qui distingue l'épinette du clavecin, c'est que ses cordes étaient disposées comme celles d'une harpe, ce qui donnait à l'instrument une forme triangulaire ; le clavier s'étendait le long du grand côté. L'étendue de l'épinette ne dépassait que quatre octaves et quelques notes.

Le musée des instruments du Conservatoire national en possède deux exemplaires admirables. L'un est une épinette signée *Portalupis* et datée 1523. La caisse est en bois d'ébène, incrustée d'ornements d'ivoire. C'est un chef-d'œuvre inimitable de goût et d'exécution. Cependant, quand on essaye de faire parler ces admirables instruments, on n'en tire qu'un son aigre et tintant, comme s'ils étaient fâchés d'être

réveillés de leur long sommeil. Il faut tenir compte de ce qu'ils ne sont pas suffisamment accordés.

La virginale et l'épinette étaient le plus souvent touchées par les dames, qui s'en servaient pour s'accompagner en chantant. Il est certain que leur petits claviers sont disposés pour des doigts effilés et délicats.

En France et en Allemagne, l'épinette était aussi très répandue. Au moment de la Réforme, elle accompagnait le chant des protestants, comme l'indiquent ces vers de Clément Marot, dans sa Préface des *Psaumes :* « Aux Dames de France. » Il les exhorte à ne plus chanter que l'amour divin, qui, mieux que l'autre, dit-il,

> Fera vos lèvres remuer
> Et vos doigts sur les espinettes
> Pour dire saintes chansonnettes.

Les cordes du clavecin étaient disposées comme le sont maintenant celles du piano à queue, qui a conservé cette même forme. Les premiers clavecins eurent deux rangs de cordes à l'unisson, afin de donner plus de son.

Au XVIe siècle, le clavecin faisait partie de presque tous les concerts de musique instrumentale ; mais ce n'était pas toujours sans dificulté, à cause de l'accord de ses cordes, qui ne correspondait pas toujours à l'accord des instruments à sons fixes, comme les flûtes, les hautbois, etc.

Aussi, il s'éleva, à cette époque, une discussion fort importante au sujet de l'accord des orgues et des clavecins.

Nous essayons d'en donner une idée, parce que la solution de ce problème, qui n'eut lieu qu'au milieu du XVIIIe siècle, amena de grandes modifications dans l'harmonie et qu'on peut lui attribuer une très grande part dans l'état actuel de la langue musicale.

Si l'on n'était habitué dès l'enfance à voir des claviers de piano et d'orgue, l'aspect de cette suite de touches blanches et noires aurait quelque chose de mystérieux et d'énigmatique. Les touches blanches, à elles seules, représentent matériellement la base de notre système musical, la gamme diatonique qui correspond au mode lydien des Grecs. Les cinq touches noires qui sont intercalées entre les tons entiers de la gamme sont la figure tangible du changement survenu dans l'art musical, la modulation, et qui a créé l'harmonie moderne.

Suivant dom Bedos de Celles, savant facteur d'orgues du XVIIIe siècle, les cinq touches noires n'auraient été rajoutées sur les claviers qu'au commencement du XIVe siècle.

Tant que les mélodies se contentèrent de parcourir les degrés de l'échelle *diatonique,* tout alla facilement. Les intervalles dont elle se composa avaient été calculés par Pythagore et on a eu peu de peine à les retrouver. Mais quand, au XVe siècle et surtout au XVIe, la musique voulut prendre un champ

plus vaste, elle fut retenue dans ses élans par le système suivant lequel les instruments à sons fixes étaient accordés.

Si on accordait un instrument à clavier suivant les nombres donnés par Pythagore ou ceux que donnent les harmoniques d'une corde, il serait impossible de sortir de la gamme *diatonique,* représentée par les touches blanches; toute modulation devenant impossible, la musique ne se serait jamais dégagée du chant liturgique, qui lui-même est un écho lointain de la musique antique.

C'est en faussant également d'une quantité très faible toutes les notes de la gamme *chromatique,* c'est-à-dire en divisant exactement l'octave en douze demi-tons égaux, qu'on est parvenu à jouer dans tous les tons, c'est-à-dire à reproduire la série des sons représentés par les touches blanches à partir de n'importe quel demi-ton du clavier. C'est ce qu'on nomme le *tempérament égal,* qui ne fut définitivement adopté qu'au milieu du XVIIIe siècle.

On ne se figure pas ce que les philosophes et les mathématiciens ont dépensé de veilles et de travaux autour de ce problème dont la solution a été surtout l'œuvre de l'expérience et du tâtonnement. Les compositeurs italiens, qui avaient étudié la théorie de la musique dans les traités grecs qui sont parvenus jusqu'à nous, cherchèrent à retrouver les trois genres, diatonique, chromatique et enharmonique, qui étaient en usage dans l'antiquité et dans lesquels les demi-tons étaient plus ou moins grands. Zarlino, sa-

vant compositeur et théoricien, maître de chapelle de l'église Saint-Marc, à Venise (1550), avait un clavecin dont les touches noires, rouges et blanches étaient destinées à reproduire ces trois genres. Vicentini, son contemporain, en fit construire un avec six claviers, destiné au même usage; mais lui seul et un organiste nommé Lussachio étaient capables de l'accorder et d'en jouer. Tous ces efforts n'aboutirent à aucun résultat pratique; mais ils préparèrent la solution du problème et amenèrent incidemment une invention des plus importantes.

Ces études sur la musique des Grecs avaient amené l'attention des compositeurs sur l'ancienne alliance de la poésie et de la musique. Ils cherchèrent à retrouver l'antique mélopée et, en travaillant ce sujet, ils inventèrent le récitatif d'opéra et la musique déclamée. Le clavecin, avec la facilité de frapper des accords, leur rendit un service considérable et aida singulièrement la mélodie à se dégager peu à peu des formes du contrepoint et à s'envoler au-dessus de son accompagnement.

C'est à Florence, dans le palais du comte de Vernio, que se rassembla le groupe d'érudits et d'artistes qui fondèrent la musique dramatique. Autour d'un de ces élégants petits claviers d'épinette ou de clavecin, discutant sur les modes grecs, essayant des fragments de poésie déclamée, on voit le poète Rinnucini, le compositeur Peri, qui firent une première tragédie lyrique en 1600; Emilio del Cavaliere, qui écrivit pour l'Église de la musique déclamée; enfin,

parmi eux, Vincent Galilée, compositeur et théoricien excellent, le père du grand astronome. Il ne serait pas impossible que, dans ce milieu d'esprits élevés, tout imbus de l'esprit et de la philosophie de l'antiquité, qui croyaient que les astres se mouvaient suivant des nombres harmoniques, le jeune Galilée n'ait pris le goût des hautes spéculations qui l'ont rendu si célèbre.

En 1607 parut l'*Orfeo,* de Monteverde; deux clavecins soutenaient les récits dramatiques et généralement les airs pour voix seules. Depuis ce moment, en Italie, en Angleterre et en Allemagne, le clavecin ne cessa de figurer à l'orchestre des théâtres d'opéra. Il n'y a pas plus d'une quarantaine d'années que l'usage d'accompagner le récitatif au piano a été abandonné au Théâtre-Italien de Paris. Cependant, à notre Opéra, ce procédé ne paraît avoir été mis que très rarement en usage.

Jusqu'au XVIIe siècle, le clavecin était l'instrument des compositeurs et des théoriciens; on ne remarque pas encore de claveciniste virtuose.

Ce n'est qu'après que Hans Ruckers (1579), célèbre facteur de clavecins d'Anvers, eut augmenté l'étendue des sons du clavecin jusqu'à quatre octaves, que le clavecin commença à prendre cette individualité qui est devenue si importante dans l'art musical.

Ruckers ajouta aux deux rangs de cordes à l'unisson du clavecin un troisième, correspondant à un second clavier. Ce troisième rang était accordé à

l'octave au-dessus des deux autres, ce qui donnait à l'instrument une sonorité beaucoup plus vive et permettait d'en varier les nuances.

Les instruments de Ruckers sont restés les plus estimés jusqu'au XVIIIe siècle.

LE CLAVECIN — LE FORTE-PIANO

La période la plus brillante du clavecin commence au XVIIe siècle et se continue jusque vers la fin du XVIIIe. Pendant tout ce temps, il règne en maître absolu ; la virtuosité des artistes s'en est emparée et l'industrie des facteurs d'instruments le perfectionne sans cesse. En 1620, le Florentin Rigoli invente le clavecin vertical ; vers la même époque, un Français, nommé Richard, acquit une réputation méritée par l'excellence de ses clavecins. Il essaya d'en adoucir le son en garnissant les sautereaux de morceaux de drap qui accrochaient la corde moins rudement. Plus tard, on substitua aussi aux becs de plume des morceaux de buffle. Un autre facteur, Farini, montait ses clavecins avec des cordes de boyau. Mais, malgré tous ces essais, l'inconvénient principal du clavecin existait toujours, c'est-à-dire qu'on ne pouvait pas nuancer le son, le faire parler fort ou doucement. Le doigt de l'exécutant n'avait aucune action graduée sur l'attaque des cordes. Tout ce qu'on imagina de mieux pour augmenter ou diminuer le son fut de faire résonner un plus ou moins

grand nombre de cordes au moyen de différentes rangées de sautereaux, qu'on reculait ou qu'on rapprochait avec des claviers mobiles ou des pédales. La même complication, qui avait eu lieu au XVIe siècle et qui avait eu pour but la reproduction des intervalles de la gamme pythagoricienne, recommença au XVIIIe, afin de modifier le timbre et les nuances du clavecin.

C'est cette préoccupation des nuances qui amena, à peu d'années de distance, l'invention des *clavecins à marteaux* dans trois pays différents, et vraisemblablement sans que les inventeurs aient eu connaissance de leurs travaux réciproques. L'Italien Cristofori, à Florence, en 1711 ; le Français Marius, à Paris, en 1716, et l'Allemand Schrœter, en 1717, construisirent des instruments à clavier où les marteaux remplaçaient les sautereaux munis de becs de plume. En ce qui concerne les deux premiers inventeurs, on a les documents les plus précis sur leurs travaux. Le clavecin à marteaux de Cristofori est décrit dans le *Journal des lettrés d'Italie* en l'année 1711, et le clavecin à maillets de Marius dans le Rapport de l'Académie des sciences de 1735.

En examinant ces deux écrits, on reste assuré que c'est l'Italien Cristofori qui a trouvé les organes principaux qui constituent la mécanique du piano moderne : le marteau, l'échappement et l'étouffoir.

Nous donnons ici une traduction abrégée des passages concernant ces trois pièces.

« *Le marteau.* — Nous disons qu'à la place des sautereaux habituels qui produisaient le son avec la plume, on place un registre de marteaux qui frappent la corde par-dessous et dont la tête est garnie de peau de daim. Ces marteaux sont emmanchés dans des rondelles qui les rendent mobiles et qui toutes sont enfilées dans une série de broches. Au-dessous du manche du marteau, la rondelle porte une proéminence qui, étant frappée par-dessous, fait lever le marteau et l'envoie contre la corde *avec le degré de force qui convient à l'exécutant.* Le marteau peut frapper très fort, car il reçoit le coup près de son centre de rotation.

» *L'échappement.* — Mais, comme il est nécessaire que le marteau abandonne la corde une fois le coup donné et avant que le doigt ait quitté la touche, il fallait qu'il eût la liberté de retomber. Aussi la languette de bois qui frappe sous la proéminence de la rondelle aussitôt se détend et passe. Quand on laisse aller la touche, la languette vient se remettre à sa place sous la rondelle du marteau.

» *L'étouffoir.* — Quand le clavier est au repos, les sautereaux, garnis de drap, touchent la corde et l'empêchent de vibrer; mais quand l'extrémité du levier qui porte la languette se lève pour pousser le marteau par-dessous, l'autre extrémité où est fixé l'étouffoir s'abaisse et laisse la corde libre. — Scipion Maffei. »

Les clavecins à martelets que Marius présenta à l'Académie étaient plutôt un perfectionnement de l'ancien clavicorde qu'une invention nouvelle. Cependant, il approcha assez du résultat désiré en faisant osciller ses marteaux sur un étrier qui les maintenait pendant que la touche les poussait contre la corde; ce mécanisme permettait au marteau de retomber même quand l'exécutant conservait le doigt sur la touche. Cette combinaison pouvait s'appliquer soit au-dessus, soit au-dessous des cordes. Dans un autre clavecin, Marius avait réuni les marteaux et les sautereaux. On pouvait les faire agir ensemble ou séparément.

On trouvera les deux documents dont nous avons parlé dans l'ouvrage de M. E. Raimbault, *The pianoforte,* imprimé à Londres.

Ces importantes innovations passèrent assez inaperçues au moment où elles se produisirent. Le clavecin était alors dans tout son éclat; les claveciniستes étaient devenus très habiles, et il y avait déjà deux cents ans d'études antérieures et d'habitudes prises qui furent cause qu'on fit peu attention à ces premiers essais. L'école italienne du clavecin commence à Frescobaldi, maître de chapelle de Saint-Pierre de Rome, en 1614, se continue au commencement du XVIIIe siècle avec le Napolitain Alessandro Scarlatti et le patricien Marcello, de Venise. En France, Chambonnière, les Couperin, de 1630 à 1733; Rameau, 1683-1764, produisirent, concuremment avec les Italiens, des compositions qui peuvent être

considérées comme les types de la véritable musique de clavecin.

Bien qu'on les puisse jouer sur le piano, elles offrent encore une certaine difficulté, même pour d'habiles pianistes, à cause de la différence des doigters et surtout de l'interprétation des ornements qui abondaient dans la musique de clavecin. Ce n'était pas du tout le même instrument que le piano ; la même musique jouée sur un clavecin ou sur un piano offre la même différence qu'il y aurait entre un dessin tracé avec une pointe de fer et le même exécuté avec un pinceau : le son aigre et peu nourri du clavecin obligeait à entourer autant que possible le chant avec des notes contiguës rapidement exécutées, des trilles, des battements, etc. Les sons du clavecin étant peu prolongés exigeaient des mouvements plus rapides qui diminuassent les silences. Les *andantes* à longues mesures qui s'étalent quelquefois un peu trop complaisamment sur le piano moderne n'étaient pas possibles sur le clavecin. Tout cela constituait un style bien particulier qui ne peut se reproduire qu'imparfaitement sur le piano. La séduction du son n'existant pas sur le clavecin, la composition devait avoir toujours une valeur mélodique ou harmonique indépendante du timbre. Pour goûter le charme d'une pièce de clavecin, il faudrait pouvoir entendre un des maîtres de cet instrument, Couperin, par exemple, avec son habit à la française et sa poudre, assis devant un élégant clavecin de Ruckers à pieds dorés, orné de peintures

flamandes ou italiennes, et disant quelques-unes de ses meilleures pièces, comme les *Bergeries* et les *Papillons,* ou bien encore le Napolitain Scarlatti exécutant une de ces *toccate* rapides qui, sur les aigres cordes du clavecin, devaient pétiller comme des rangées d'étincelles.

Enfin, en Allemagne, apparurent Hændel et Sébastien Bach, les plus grands des clavecinistes, qui, dans deux genres différents, firent supporter à ces frêles instruments les compositions les plus vastes qu'on eût entendues avant et depuis eux. Ils naquirent tous deux la même année, en 1685, et moururent à peu de temps de distance, tous les deux aveugles.

La grande autorité de Sébastien Bach fit adopter le *tempérament égal,* manière d'accorder le clavecin dont nous avons parlé précédemment. Cette nouvelle loi d'accord aurait été trouvée, en 1725, par deux Allemands, Neidhort et Wermesteir. Un facteur de clavecins, Silbermann, reprit aussi les inventions de Cristofori, de Marius et de Schrœter, et présenta à Bach deux *piano-forte.* Bach les approuva et se plaignit seulement de la faiblesse des octaves supérieures. Silbermann retoucha ses instruments et Bach, les ayant examinés de nouveau, les déclara sans défaut. A partir de ce moment, le *piano-forte* commença à se répandre en Allemagne ; mais c'était toujours un instrument assez imparfait, et la France n'en fabriquait pas encore. Ceux qu'on y entendait à cette époque venaient d'Allemagne. L'opinion de

Voltaire à ce sujet mérite, à coup sûr, d'être rapportée. Il dit dans une de ses lettres : « Le piano-forte est un instrument de chaudronnier en comparaison du clavecin. » Cette seule phrase fait entendre quel pouvait être le timbre des premiers piano-forte encore dans l'enfance de l'art, alors que le clavecin était dans tout l'éclat de ses perfectionnements successifs.

Les différentes écoles du clavecin avaient alors chacune un style bien distinct : brillant en Italie, expressif en France et savant en Allemagne. C'est un claveciniste allemand, Emmanuel Bach, fils du grand Sébastien Bach, qui, en les réunissant tous les trois, composa ce qu'on appelle la *Sonate de clavecin*. Cette sorte de composition didactique, où la logique des idées musicales est disposée comme la parole dans un discours, devint le modèle de la musique instrumentale, symphonie ou musique de chambre.

Haydn et Mozart y conformèrent leur génie et l'agrandirent considérablement.

Avec ces grands maîtres commence la période de transition du clavecin au piano. Les premières pièces de Mozart portent : *pour clavecin,* et les suivantes : *pour le clavecin ou le piano-forte.* Les dernières compositions de Haydn, qui vécut beaucoup plus longtemps que Mozart, ne mentionnent plus que le piano-forte. Cependant, le style propre du clavecin se transporta sur le piano-forte et se fit sentir encore longtemps après que le clavecin eût

commencé à disparaître. D'une façon générale, on peut dire que Mozart et Haydn sont encore des clavecinistes et que c'est avec Beethowen que commence le règne du piano.

DERNIERS PERFECTIONNEMENTS

INFLUENCE DU PIANO SUR LA MUSIQUE

En quittant l'époque du clavecin pour entrer dans celle du piano, on se trouve devant un tel développement de détails qu'il faudrait plusieurs années de recherches et un gros volume pour y consigner tous les perfectionnements successifs qui ont produit le piano moderne.

Il n'existe aucun travail de ce genre en France, et, ce qui le rendrait assez difficile, c'est que les pays étrangers précédèrent la France dans la fabrication du piano. C'est l'Allemagne et l'Angleterre qui commencèrent. Parmi les facteurs allemands, on peut citer, au XVIIIe siècle, Frederici, qui inventa le piano carré; Stein, d'Augsbourg, qui fut un des plus estimés. Mozart fait l'éloge de ses pianos dans une de ses lettres. Un piano de Stein valait au minimum 300 florins (600 francs). Stein inventa aussi un instrument assez singulier, c'est un *clavecin vis-à-vis* qui avait un clavier à chaque extrémité. En Angleterre, on peut citer Broadwood, W. Mason, etc.

En France, c'est le célèbre facteur Sébastien Érard qui commença à établir des pianos en même temps qu'il construisait encore des clavecins. Nous avons vu deux exemplaires très curieux de cette époque de transition, construits par Érard ; c'est un petit piano carré, daté de 1787, ayant appartenu à la reine Marie-Antoinette, et un grand clavecin du même temps qui est certainement un des derniers instruments de ce genre qui aient été fabriqués.

Tous deux étant en très bon état, nous avons pu juger de la différence et de la qualité du son. Le son du clavecin est incomparablement supérieur à celui du petit piano ; les basses sont très belles ; le timbre de la corde mise en vibration par le bec de plume est, il est vrai, plus maigre que celui des pianos modernes ; mais, à certains égards, il est plus musical et plus propre à l'accompagnement du chant.

Ce genre de son, qui est sorti de notre habitude, peut paraître étrange ; mais, sur un bon instrument bien accordé, peut-être n'est-il pas aussi défectueux qu'on pourrait le croire.

Les premiers grands pianos à queue furent fabriqués à Paris par S. Érard, en 1797. En 1822, il leur appliqua le système du *double échappement,* perfectionnement de l'invention de Cristofori, qui, en diminuant la course du marteau, permet de répéter rapidement la même note. On doit aussi à ce facteur l'invention du *barrage métallique*. Cette innovation a eu une action considérable sur la sonorité du

piano. On a pu par son moyen augmenter le nombre des cordes, leur donner une grosseur plus considérable et une tension plus forte. Grâce à la fixité de ce barrage, on a peu à peu porté la tension à un chiffre très élevé.

Si nous prenons comme le type le plus parfait du piano moderne un grand piano à queue de 7 octaves, nous voyons que l'échelle des sons est donnée par 85 touches qui font parler 247 cordes, depuis le *la* le plus grave de 27 vibrations 1/2 par seconde jusqu'au *la* le plus aigu de 3,520 vibrations. A partir de la moitié de l'octave la plus basse, il y a trois cordes par chaque note.

La traction exercée par les 247 cordes d'acier est évaluée en poids à 11,625 kilogrammes. Aucune armature de bois ne pourrait résister à une pareille action. On est bien loin, comme on le voit, des premières épinettes à quatre octaves, montées de cordes fines et qu'on plaçait devant soi sur une table.

La place où les marteaux doivent frapper la corde a été aussi l'objet de recherches très minutieuses. C'est un point très important pour la bonne sonorité du piano. La science a rendu compte de la place que les facteurs avaient trouvée par tâtonnements successifs.

On sait que toute corde mise en vibration fait entendre, outre le son fondamental, une série de notes dites *notes harmoniques,* qu'on distingue assez facilement en s'y appliquant avec attention. Ces notes, quand elles vibrent un peu fortement, donnent au

son de la corde de métal une sorte de tintement très désagréable. L'expérience a fait reconnaître que, suivant que le marteau frappe la corde à une place ou à une autre, son choc fait disparaître le son harmonique dont le nœud se trouve sous le marteau. On a adopté pour le marteau l'endroit qui supprime le septième harmonique, c'est-à-dire que sur une corde qui donnerait l'*ut*, par exemple, on supprime du chœur des harmoniques le *si* bémol qui se trouve à la distance de deux octaves et une septième mineure du son fondamental et qui fait dissonance avec lui.

Par la connaissance de cette loi physique, les facteurs sont maîtres du timbre du piano ; ils peuvent, en changeant le marteau de place, adoucir ou raviver l'éclat du son. On comprend facilement le degré de perfection auquel est arrivé le piano, quand on voit que, depuis deux cents ans, l'attention s'est peu à peu concentrée sur les instruments à clavier, et que le piano est devenu l'instrument universel par excellence. Comme toute musique finit par passer sur son clavier, il a eu une influence matérielle très grande sur l'art musical ; sous son action, l'harmonie, le chant et même l'orchestre se modifient insensiblement. Le piano a continué, en l'accélérant, le mouvement que le clavecin avait commencé. Bien des choses délicates et charmantes ont été ainsi mises de côté.

Le clavecin avait commencé par supprimer peu à peu l'usage des instruments à cordes pincées : les

luths, les théorbes, les cithares, qui étaient les instruments nobles, les véritables descendants de la lyre antique, les accompagnateurs naturels du chant et dont les sons étaient bien supérieurs à ceux du clavecin. Ils avaient été surchargés de cordes afin de pouvoir suivre les progrès de l'harmonie ; ils étaient ainsi devenus très difficiles à jouer. L'épinette et le clavecin, qui reproduisaient à peu près le même timbre, avec l'avantage de la simultanéité d'un plus grand nombre de sons, finirent par les résumer tous, et, vers le commencement du XVIIIe siècle, les joueurs de luth, si nombreux au XVe et au XVIe siècle, étaient devenus très rares, bien qu'ils fussent encore très estimés.

Cependant le clavecin avait encore laissé subsister l'usage, dans la musique familière, d'une quantité d'instruments dont se formaient les concerts d'amateurs, la *musica di camera;* jusque vers 1750, on pouvait encore entendre des réunions d'instruments pareilles à celles que nous voyons dans les peintures flamandes et italiennes, une flûte, un luth, une épinette ou petit clavecin accompagnant une voix ou exécutant une gavotte ou une sarabande.

Ces concerts existaient réellement et ne sont pas le produit de l'imagination des peintres; il reste quantité de musique destinée à ces divertissements. Elle est assurément beaucoup moins *psychologique* que celle qu'on entend maintenant sur le piano, mais il est possible aussi que cette réunion de timbres divers fût plus agréable à l'oreille et moins mo-

notone que l'audition de toute sorte de musique par le même instrument.

Cependant, le clavecin a été supprimé à son tour par le piano-forte, plus expressif et bientôt plus sonore que lui. Le piano a aussi fait disparaître la harpe, et maintenant la musique n'a plus que deux organes principaux : l'orchestre pour le théâtre et le piano pour la musique familière et intime.

Il est juste de dire que le piano est le grand vulgarisateur des opéras et des symphonies ; mais il prélève un impôt au passage. Toute la musique ne fait pas bien, réduite au piano ; celle-là en éprouve un grand dommage. On pourrait citer de grands musiciens dont le succès a été long à s'établir parce qu'ils n'étaient pas pianistes. Berlioz, dont la musique est si belle et si colorée à l'orchestre, n'a en partie rencontré tant de dédains de la part de ses contemporains que parce que le piano ne rend pas du tout sa pensée, et qu'ainsi elle n'a pu se répandre facilement.

Mais la grande influence des instruments à clavier s'est surtout manifestée par l'adoption de la gamme tempérée, qui remplaça définitivement la gamme grecque au XVIIIe siècle. On peut considérer cette constitution nouvelle du système musical comme la cause directe du changement survenu dans la musique. Il fut d'abord appliqué au clavecin, puis, à cause de cela, il devint nécessaire de mettre la gamme des instruments à vent, dont le son est fixe, en rapport avec celle des clavecins, et l'orchestre

petit à petit prit les modulations familières du clavecin. Le perfectionnement du mécanisme du piano et son timbre abstrait ont encore poussé la musique dans la voie des modulations rapides. Mais c'est surtout depuis trente et quelques années que s'est fait sentir la transformation que le piano a fait subir à la musique.

Vers 1830, la virtuosité arriva sur cet instrument à un degré de brillant qui n'avait jamais rien eu de comparable auparavant. Les Listz, les Thalberg, les Chopin, etc., firent du piano un orchestre entier; ayant devant eux un instrument d'une sonorité énorme et d'une obéissance parfaite, qui résumait sur son clavier toute l'échelle des sons appréciables, ils déchaînèrent les plus étonnantes fantaisies qu'on ait jamais osé rêver. C'est à partir de ce moment que commence l'âge de fer de la musique et la suprématie de la sonorité métallique sur celle de l'archet et du bois.

Ce n'est plus seulement le mode chromatique du piano qui s'impose, c'est son timbre, dont les effets deviennent souvent un objet d'imitation pour l'orchestre. La musique d'orchestre des compositeurs pianistes se reconnaît souvent à cela que la sonorité de leur orchestre a une parenté avec les sonorités du piano, soit par le choix des accords, soit même par leur disposition. C'est une des causes de la grande importance que les instruments à vent ont maintenant dans l'orchestre et très probablement leur prédominance dans l'avenir.

L'oreille des générations nouvelles s'est habituée au système des harmonies de la gamme chromatique, et l'ancien système tonal paraît maintenant un peu terne; cela tend à faire disparaître une quantité de choses simples et agréables qui sont inexprimables avec l'harmonie touffue et compliquée que le piano a fait prévaloir.

Nous n'avons pas, en exposant une partie des observations que nous avons pu faire au sujet du piano, l'intention de lui faire son procès. C'est, en somme, l'instrument de musique le plus parfait qu'on ait jamais construit. D'ailleurs, l'usage ne paraît pas près d'en finir, si l'on considère que l'industrie du piano, qui, en France, est concentrée dans le département de la Seine, n'occupe pas moins de douze mille ouvriers; que la maison Pleyel, depuis sa fondation en 1795, en est à son soixantième millier de pianos, et la maison Érard dans le soixante-cinquième peut-être; sans parler des grandes maisons comme Herz, Kriegelstein, etc. Le rapport de l'Exposition universelle de 1867 porte à vingt-cinq millions le chiffre des instruments de musique fabriqués annuellement en France; certainement, le piano doit avoir la plus grosse part dans cette industrie, qui a encore augmenté depuis 1867.

LA VIELLE

Le mot *vielle*, au moyen âge, ne signifiait pas l'instrument que nous connaissons sous ce nom. Il était appliqué aux instruments à archet semblables à la viole. Le véritable nom de la vielle moderne était *sifonie*, *cyfonie* et le plus communément *chifonie*, qui est évidemment une corruption du mot *symphonie*, qu'on aura donné à cet instrument à cause de la faculté qu'il avait de faire entendre plusieurs sons à la fois.

La *chifonie* n'est elle-même que l'imitation en petit d'un instrument plus ancien qu'on décorait du nom pompeux d'*organistrum*.

Un chapiteau de l'église de Saint-Georges de Bocherville, construite au XIe siècle, montre que l'*organistrum* devait être joué par deux personnes assises. Il se posait sur leurs genoux : l'une tournait la roue et l'autre faisait parler l'instrument en appuyant sur les touches.

Il semble, d'après cela, que l'organistrum ait été un instrument à clavier presque aussi ancien que l'orgue.

Le mot *vielle*, qui s'écrit souvent *viéle*, et qui remplaça le mot *chifonie*, semble venir de l'espagnol *vihuela*. Malgré le mérite de la combinaison de l'archet (la roue n'est qu'un archet circulaire) et du cla-

vier, la chifonie ou vielle n'obtint jamais que des succès passagers.

Au XIe siècle, un moine du Mont-Cassin, Constantin dit l'Africain, la met, dans un livre de médecine, au nombre des instruments avec lesquels on peut essayer de guérir les malades. *Campanula*, par la cloche, *vidula*, la vielle, *et similibus*.

La chronique manuscrite de Bertrand Du Guesclin raconte aussi qu'un roi de Portugal avait deux vielleurs qu'il estimait beaucoup. Il les fit entendre à un seigneur français, et, lui ayant demandé son avis, celui-ci lui répondit :

Ens au pays de France ou pays normand
Ne vont tels intruments fort aveugles portant,
Ainsi vont les aveugles et les povres truands,
Et si fais instruments vont les bourgeois esbattant,
On l'appela depuis un instrument *truand*.

Cette critique de la vielle en dégoûta le roi, qui renvoya ses deux *chifoniers*. Il est certain que le son de la vielle a quelque chose de pleurard qui servait très bien de prélude aux lamentations des pauvres souffreteux et gagne-deniers. Ils ajoutaient quelquefois à la chifonie le supplément d'un triangle de fer garni d'anneaux, qu'on appelait *cymbale*, et qu'ils agitaient tristement.

Le XVe et le XVIe siècle eurent une direction artistique trop haute pour que la vielle ait beaucoup compté dans leurs divertissements.

Cependant, elle passe pour avoir été en faveur à la cour du roi de France Henri III.

Elle resta toujours un instrument surtout populaire, et particulièrement en Normandie, jusqu'à la fin du XVIIe siècle.

A cette époque, un vielleur, nommé Laroze, puis un second, nommé Janot, trouvèrent un succès prodigieux en chantant avec l'accompagnement de la vielle et en jouant des airs à danser.

La vielle était alors montée dans une caisse carrée; son système de cordes était aussi complet qu'il l'est maintenant.

On l'accordait soit en *ut*, soit en *sol*, et elle avait deux octaves d'étendue.

Les chanterelles donnaient toujours à vide le *sol*, et, au moyen des touches, faisaient entendre le chant. Les touches sont disposées comme celles du piano, avec cette différence que les noires représentent la gamme diatonique et les blanches les dièses et les bémols.

Les cordes qui faisaient entendre un accompagnement persistant étaient au nombre de quatre. La *trompette*, qui avait un chevalet semblable à celui de la trompette marine; la *mouche*, le *petit bourdon* et la *grosse mouche* ou *gros bourdon*. Quand on accordait la vielle en *ut*, la trompette donnait l'*ut* à la quinte au-dessous des chanterelles du clavier; puis, à une quarte plus bas, la mouche donnait le *sol*, le petit bourdon l'*ut* octave basse de la trompette et le gros bourdon *sol* octave basse de la mouche.

Quand la vielle était accordée en *sol*, la trompette donnait le *ré* quarte au-dessous des chanterelles, et la mouche et le gros bourdon le *sol* octave et double octave grave des chanterelles. Dans cet accord, on ne se servait pas du petit bourdon. La vielle devint tout à fait à la mode vers 1718. Un luthier, nommé Baton, se servit des corps des luths et des théorbes, dont on ne jouait plus guère, et les monta en vielles. Elle en devint plus sonore, mais on détruisit ainsi de magnifiques instruments qui lui étaient bien supérieurs sous tous les rapports. Ce fut la période la plus brillante de la vielle. On l'orna de marqueteries, de nacre, de peintures et de toute cette ornementation exquise qui florissait alors. Elle devint à la mode et fut cultivée par des artistes et des amateurs sérieux.

On ne s'expliquerait guère ces faveurs extraordinaires, si on ne connaissait le sentiment délicieusement artificiel qui faisait rechercher à l'élégante société du XVIIIe siècle les choses de la simple nature ou les occupations du vulgaire, pour les faire participer au raffinement de ses distractions. Qu'on se figure l'*instrument truand* du moyen âge entre les mains d'une femme à la mode; suivant les préceptes donnés par la méthode de vielle de Bouin, on joue debout; la jambe droite est un peu avancée; la vielle, retenue autour de la taille par une ceinture, repose sur la cuisse gauche; la main droite, sortie d'une manche de dentelle, fait tourner la manivelle d'ivoire, tandis que la main gauche, gracieusement

pendante, promène ses doigts effilés sur les touches de l'instrument. On jouait ainsi de petites pièces intitulées : la *Constante*, l'*Éveillée*, le *Sans-Souci*, la *Follette*.

La charmante vielleuse se rapprochait alors des sentiments naïfs de la nature, tout en ayant l'occasion de faire admirer la beauté de ses mains et le contraste de son élégance exquise avec la bassesse de l'instrument. C'est à notre avis la seule explication un peu valable du succès de la vielle dans une société aussi raffinée que la société française au XVIIIe siècle.

Mais ce n'est pas tout, la vielle eut encore l'honneur d'exercer la verve des érudits. Il reste une *Dissertation sur la vielle*, dédiée à Mlle de *** par l'abbé Terrasson. Quels tours ingénieux prend l'auteur pour rattacher l'origine de la vielle aux arts grecs et romains ! quels regrets de n'en pouvoir certifier l'antiquité !

« Ne pensez pas, mademoiselle, dit-il dans sa préface, qu'en examinant l'origine de la vielle chez les Grecs et les Romains, j'ai trouvé de grands secours dans Hérodote, Thucydide, Tite-Live, Tacite, etc...

» Ne pensez pas non plus qu'en suivant les progrès de cet instrument chez les Français, j'aie puisé de grands secours dans Grégoire de Tours, Frédégaire. Mézeray, le Père Daniel et autres qui ont travaillé à notre histoire ; il manque à la gloire de ces grands hommes d'avoir parlé de la vielle, et je ne sais si, pour cette raison (et l'honneur de l'instrument), vous

ne devez pas vous brouiller avec tous les écrits de ces célèbres historiens!... »

Malgré les précieux travaux de l'abbé et les mérites de sa dissertation très bien faite et qui contient une quantité de citations curieuses, la vielle ne resta pas longtemps dans le goût de la haute société.

Elle retomba encore entre les mains des vilains et particulièrement dans celles des Savoyards des deux sexes. Fanchon la vielleuse fait encore parler de la vielle au commencement de ce siècle, et depuis on ne l'entend plus que très rarement.

La Normandie, qui, au moyen âge, se délectait aux sons de la *chifonie*, paraît y avoir entièrement renoncé, et la vie moderne, qui n'est pas patiente, n'encourage pas volontiers les musiciens ambulants. Il est douteux qu'un graveur comme Ingouf trouve aujourd'hui l'occasion de faire le portrait d'un célèbre vielleur des rues, comme celui de Michel Leclerc, gravé vers 1760.

LE CLAVECIN ÉLECTRIQUE

Dans un volume intitulé *Musiciana*, que vient de publier M. Wekerlin, l'érudit bibliothécaire du Conservatoire de musique, on trouve, parmi de curieuses anecdotes musicales, la mention d'un *cla-*

vecin électrique, inventé par le Père de La Borde, vers l'année 1761. Aujourd'hui que l'étude de l'électricité comme agent de sonorité est une question à l'ordre du jour, il peut être curieux de connaître quel pouvait être ce premier essai.

Ce que le Père de La Borde appelle un clavecin électrique est un jeu de timbres de métal formant l'étendue d'une octave. Ils sont suspendus par des fils de soie à un barreau de fer électrisé ; entre chacun d'eux se trouve un petit pendule de métal qui, étant attiré par le timbre, vient le frapper quand on le met en contact avec une autre source d'électricité, au moyen d'un fil correspondant à un clavier. L'inventeur était parvenu à exécuter avec cet instrument quelques fragments de mélodie. Comme surcroît d'agrément, si on le touchait pendant l'obscurité, on voyait courir une étincelle à chaque note ; ce qui formait, assure le Père de La Borde, un petit système d'étoiles errantes fort plaisantes à la vue.

Cependant, parmi les défauts de son clavecin, qu'il signale avec modestie, il avoue celui-ci, qu'au bout de quelques mesures, l'exécutant ne pouvait pas continuer à cause des secousses électriques qu'il ressentait dans les mains et qui l'obligeaient à renoncer au plaisir de faire de la musique.

Aussi, après avoir décrit avec soin le mécanisme de son instrument, il ajoute qu'il est plus simple de frapper tout bonnement les timbres avec un petit marteau. On voit que le clavecin électrique n'était pas encore la perfection. Depuis le Père de La Borde,

la question a fait des progrès. On a essayé de faire vibrer des cordes de métal au moyen d'un courant électrique; M. de La Rive a obtenu ainsi un son qu'il dit ressembler à celui des cloches lointaines, mais qui n'est pas continu et qui ne se produit qu'au moment où le courant commence et quand il cesse de passer. D'ailleurs, la sonorité est trop faible pour être utilisée par l'art musical.

Pourquoi l'électricité ne donnerait-elle pas cependant un timbre nouveau et, par suite, un instrument nouveau? Parmi les causes complexes qui produisent le *timbre* d'un instrument, qui font que sa voix ne se confond pas avec celle des autres, tous les physiciens sont d'accord pour reconnaître le moyen mécanique, le mode d'attaque avec lequel on le fait sonner.

Si c'est une corde à boyau, par exemple, qu'on frotte avec une mèche de crin enduite de colophane, on a le *timbre du violon*. Si c'est avec une roue, on a la *vielle*. Si vous pincez la corde avec les doigts, c'est le timbre de la *harpe* ou de la *guitare*. Si vous l'écartez de sa ligne droite avec un bec de plume, c'est la *mandoline* ou le *clavecin*. A chaque mode d'attaque correspond, comme on le voit, une individualité sonore, un instrument bien distinct. Qui sait si l'électricité n'aurait pas aussi un caractère particulier de sonorité?

On pourrait, dans tous les cas, essayer avec elle, sur une corde de métal, les mêmes modes d'attaque que ceux qu'on emploie avec les cordes de boyau.

Une harpe dont les cordes seraient d'acier pourrait bien probablement être mise en vibration par des aimants ou des électro-aimants passant très près des cordes sans les toucher, les écartant de leur équillibre et produisant l'effet des doigts de l'exécutant. On peut objecter avec raison qu'en somme rien n'est plus simple, plus adroit, plus rapide que la main humaine ; c'est la vérité ; mais si l'on voulait ajouter, par exemple, aux jeux d'un grand orgue un clavier de harpe, on pourrait ainsi combiner avec le chœur puissant des tuyaux la sonorité de la corde de la harpe qui est magnifique et qui lui ferait des accompagnements admirables.

Cette combinaison ne résout qu'une partie du problème. L'autre consiste à faire vibrer d'une façon continue une corde de métal comme on fait vibrer une corde de boyau avec un archet.

La vielle ici peut servir de modèle. Supposez une roue garnie d'aimants assez rapprochés, tournant près d'une corde d'acier sans la toucher. La corde sera perpétuellement écartée de son équilibre, attirée, puis lâchée, puis reprise, et ainsi de suite.

Si ces attractions sont assez fréquentes, elles entretiendront le mouvement de la corde, et on aura la sensation d'un son continu. On serait alors près de toucher à l'idéal : entendre le son pur de la corde sans percevoir ni le coup de marteau initial, ni le frottement, ni enfin aucun des bruits qui accompapagnent nécessairement la mise en vibration d'une corde.

Un essai de ce genre a été tenté, il y a une vingtaine d'années, par M. Isouard. Ce n'était pas l'électricité qui faisait vibrer la corde, c'était le vent d'une soufflerie. L'air comprimé dans un réservoir passait par une fente, venait frapper contre une corde et la faisait sonner comme un archet aérien. Le résultat était excellent, au dire de personnes compétentes qui ont entendu cet instrument singulier. Le son était d'une ampleur et d'un timbre magnifiques, ce qui n'est pas extraordinaire, car le son d'une corde est, peut-être, le plus complet qui existe. La série des sons qui accompagnent le son principal, et qu'on appelle *sons harmoniques*, s'y fait entendre dans son ordre naturel et dans sa plénitude.

Il faut croire qu'il y a dans le son des cordes quelque chose de particulièrement noble et d'agréable à l'oreille humaine; car les premiers instruments sur lesquels la musique, sortant de l'état instinctif, s'exerça à devenir un art étaient des instruments à cordes : la lyre des Grecs et la harpe, compagnes de la poésie. C'est aussi sur le son des cordes que la science a porté ses premières investigations. C'est en mesurant leurs longueurs différentes que Pythagore a trouvé les rapports des intervalles dont est composée la gamme diatonique.

Pour reprendre notre hypothèse première, nous pouvons indiquer ici une expérience facile à faire, avec laquelle on aura une idée de ce que peut être le son d'une corde dont on n'entend pas l'attaque.

On s'assied devant un piano, on met le pied sur la pédale sonore, en ayant soin de l'y laisser pendant toute la durée de l'expérience; on frappe des deux mains un grand accord en arpège; puis aussitôt on se bouche les oreilles, le plus hermétiquement qu'on peut. On reste ainsi un court espace de temps, de façon à perdre la sensation que produit l'attaque du son.

Quand on se débouche les oreilles, on entend alors un accord admirable, semblable à celui d'un orgue immense, mais avec des sons d'une grande idéalité, qui s'éteignent dans un *decrescendo* mystérieux et lointain.

Le timbre du piano est tout à fait modifié, seulement par ce fait que le bruit du marteau est oublié et que le son apparaît dans toute sa richesse sans bruits accessoires d'aucune sorte.

C'est là l'effet qu'il faudrait atteindre, et il ne semble pas qu'un autre agent que l'électricité soit meilleur pour le produire.

Cette proposition doit certainement soulever de très sérieuses objections dans sa réalisation; les voies et moyens de la mettre en pratique ne sont pas de notre compétence, et nous nous bornons ici à exprimer un souhait artistique; nous serions heureux d'être éclairé sur cette question : est-il possible de faire vibrer une corde de métal d'une façon continue avec l'électricité, comme on fait vibrer un tuyau d'orgue avec le vent d'une soufflerie?

Si l'on obtenait la sonorité que nous venons d'in-

diquer plus haut, il en résulterait une richesse de plus dans les moyens d'expression de la musique.

Aujourd'hui qu'on transmet les sons à de grandes distances au moyen du fil électrique, et qu'un air peut être recueilli par un bureau télégraphique à travers l'Océan, il est difficile de croire que le problème du *véritable clavecin électrique* soit impossible à résoudre.

INSTRUMENTS

A CORDES PINCÉES

LA HARPE

La harpe est certainement un des plus anciens instruments connus ; cependant, s'il s'agit des harpes modernes ou de celles qui, dans l'antiquité, lui ressemblent le plus, on ne les voit figurer que chez les peuples dont la civilisation était déjà formée et arrivée à un certain degré de perfection.

C'est surtout chez les nations de race sémitique, comme les Égyptiens, les Assyriens et les Hébreux, dont l'instinct religieux avait de l'austérité et de l'exaltation, que les harpes ont eu une grande importance dans l'accompagnement des hymnes et la célébration des cérémonies religieuses.

Les formes et les dimensions de ces instruments étaient très variées, tout en conservant une grande analogie de construction, puisque le principe de leur

sonorité était le même, c'est-à-dire une rangée de cordes de longueur décroissante, fixées, d'une part, à une longue caisse harmonique et, de l'autre, à une pièce de bois assemblée obliquement sur celle-ci et sur laquelle était adaptée la série des chevilles qui servaient à tendre les cordes.

C'est aux antiques harpes égyptiennes que ressemble le plus la harpe moderne. Les peintures des monuments égyptiens nous en offrent de nombreuses preuves.

Celles du tombeau de Rhamsès IV montrent des figures d'hommes vêtus de longues robes, qui font résonner de grandes harpes magnifiquement ornées. Elles sont même plus grandes que les nôtres. Leur forme générale est presque la même que celle des harpes modernes, sauf qu'on n'y remarque pas la colonne qui réunit le bras supérieur au pied de l'instrument.

Ces peintures, trouvées à Djizeh, datent d'environ 2,365 ans avant Jésus-Christ. De plus anciennes encore, contemporaines de la grande pyramide, indiquent que les Égyptiens jouaient de la harpe 4,000 ans avant notre ère.

Mais, ce qui est plus important, on a trouvé plusieurs de ces instruments, en parfait état de conservation, dans des tombeaux où ils étaient déposés depuis un temps incalculable.

Une harpe a été découverte dans un tombeau des environs de Thèbes, encore garnie de ses cordes. Combien de milliers d'années est-elle restée ainsi à

côté du musicien endormi pour toujours dans ses bandelettes de lin? On ne peut se défendre d'un sentiment profond de respect et de curiosité en pensant que les dernières notes qu'a fait entendre cette harpe ont été des hymnes d'Isis ou d'Osiris.

Le musée du Louvre expose aussi, dans les salles égyptiennes, une vitrine où l'on voit des harpes fabriquées dans ces temps si éloignés de nous. La plus curieuse est de moyenne grandeur et à peu près de même taille que celle que portent de nos jours les musiciens ambulants.

A côté se voient aussi des harpes plus portatives; elles sont formées d'un grand arc en bois très dur. Une des extrémités de cet arc est emmanchée dans une caisse longue d'environ quarante centimètres, qui sert à donner de la résonance à l'instrument, qui sans cela aurait été très sourd. Elles sont montées généralement de trois cordes.

Les peintures égyptiennes indiquent qu'elles étaient habituellement jouées par des femmes, qui les tenaient posées sur l'épaule, horizontalement, les deux bras élevés pour faire résonner les cordes.

L'usage de ces harpes se remarque dans les suites de personnages qui semblent marcher en chantant, comme dans une procession. Le mouvement des femmes qui les font résonner est extrêmement noble et gracieux.

La plus grande obscurité règne sur le genre de musique qu'on exécutait chez les Égyptiens. L'hypothèse généralement admise est que les harpes,

comme tous les autres instruments, ne faisaient que suivre les voix des chanteurs, soit à l'unisson, soit à l'octave. On peut cependant avoir quelques doutes à ce sujet, surtout en ce qui concerne les grandes harpes, dont l'usage était réservé à l'accompagnement des chants religieux.

La longueur de leurs cordes devait leur faire rendre des sons très graves, à l'unisson peut-être de l'avant-dernière octave basse du piano. Des sons aussi graves ne se succèdent pas aussi facilement que les sons plus élevés des flûtes ou de la voix humaine; on peut donc douter si ces grandes cordes ne faisaient pas entendre des basses destinées à retenir la mélodie dans le ton initial. Ce ne serait pas encore de l'harmonie telle qu'on la pratique aujourd'hui, tant s'en faut, mais un accompagnement analogue à ce qu'on nomme une pédale en harmonie moderne, c'est-à-dire une note basse, toujours la même, revenant à intervalles réguliers et servant à marquer à la fois le rythme et le ton.

Fétis, dans son *Histoire générale de la musique,* croit avoir retrouvé une preuve que la musique égyptienne avait une gamme composée de demi-tons. Or, l'oreille apprécie moins bien les petits intervalles dans les sons graves que dans les sons moyens; il est donc probable que les harpes à grandes cordes n'étaient pas accordées par demi-tons. Pour celles qui sont en forme d'arc, cela ne paraît pas douteux; la différence de longueur des cordes qui sont représentées leur assigne des inter-

valles d'une tierce au moins. Ces instruments ne pouvaient donc suivre les détours d'une mélodie un peu compliquée; leurs sons ne devaient se faire entendre que quand celle-ci revenait à sa tonalité première.

Pour dire la vérité, l'imagination est jusqu'à présent le meilleur moyen de connaître l'effet de ces harpes. Elle seule peut nous faire concevoir le contraste que devaient produire ces sons légers et flottants avec la puissante et imposante architecture égyptienne, les aériennes ondulations des cordes grêles venant se briser contre les impassibles piliers des temples sans écho.

Ce qui paraît certain, c'est que, chez les Égyptiens et les Assyriens, la harpe était l'instrument principal de la musique religieuse, comme l'orgue a été, plus tard, celui des chrétiens d'Occident.

Mais comme la différence des deux arts est ici marquée par les deux instruments! la harpe, destinée aux mélodies simples, vocales et presque récitées; l'orgue, au contraire, avec ses multiples tuyaux, son clavier qui met sous les mains toutes les combinaisons possibles des sons tenus, devait être l'initiateur de la musique compliquée et harmonique.

Les bas-reliefs assyriens représentent aussi des cérémonies religieuses ou triomphales dans lesquelles figurent un grand nombre de harpistes accompagnant des chœurs. Leur harpe est analogue aux petites harpes égyptiennes; elles n'en diffèrent que par ceci : l'instrument est renversé, c'est-à-dire

que la caisse sonore est tenue en l'air au lieu de toucher à terre par un bout. Fétis croit que cette sorte de harpe est celle que les Grecs appelaient *magadis*. Elles sont garnies d'un grand nombre de cordes, depuis quinze jusqu'à vingt-deux. On pense qu'elles produisaient les sons d'une gamme diatonique de deux octaves, de façon à pouvoir exécuter un même chant dans chacune de ces octaves ; c'est du moins ce que fait supposer l'expression grecque *magadiser*, qui veut dire chanter à l'octave.

De toutes les harpes antiques, celle dont on a certainement le plus parlé, est la harpe des Juifs, le *kinnor,* avec laquelle David calmait Saül. Elle est moins connue que les autres, les Hébreux n'en ayant laissé aucune représentation sculptée ou dessinée ; ce qui paraît probable, c'est que c'était un instrument emprunté, soit aux Égyptiens, soit aux Assyriens, soit aux Syriens. On lui donne aussi une forme triangulaire qui ferait du *kinnor* un instrument semblable au *trigone* de Phénicie. D'autres auteurs vont même jusqu'à lui donner la forme d'une lyre grecque. Cette opinion est la moins probable de toutes.

Les Grecs ne se servirent jamais de harpes ; ils connaissaient le *nebel* ou *nable,* originaire, dit-on, de Syrie, et le *magadis* ou harpe assyrienne ; mais ils préférèrent toujours la lyre, d'un effet moins musical, mais plus obéissante à la poésie déclamée, et laissant la première place au son harmonieux de leur langage.

Les vagues résonances des longues cordes des

harpes étaient trop rêveuses pour leur génie amoureux des formes parfaites et sans indécision. Aussi, tant que la civilisation grecque et romaine fut en vigueur, la harpe ne joua aucun rôle dans la musique des peuples civilisés.

Les nations celtiques eurent une organisation musicale célèbre dont la harpe était l'instrument principal. Les bardes gaulois et ceux de la Grande-Bretagne étaient constitués d'une façon régulière et étroitement rattachés aux institutions religieuses. Chez les Gaulois, ils formaient le troisième ordre de la hiérarchie druidique; ils étaient poètes en même temps que musiciens et chargés aussi d'écrire les annales de la nation.

Pendant la guerre, ils marchaient en tête de l'armée, vêtus de blanc, leur harpe à la main, entretenant le courage des guerriers par des chants inspirés. Ceux des bardes qui jouaient d'autres instruments étaient réputés inférieurs et n'étaient pas gradés.

Dans la lutte des Gaulois contre les Romains, la harpe des bardes soutint l'enthousiasme religieux des guerriers; ils subsistèrent longtemps et ne disparurent des Gaules que devant le christianisme. Charlemagne avait, dit-on, fait recueillir tous leurs principaux chants; mais ce monument précieux a disparu.

C'est dans la Grande-Bretagne que les bardes durèrent le plus longtemps. Ils eurent d'abord un instrument à archet appelé *crowth,* qui passe pour avoir été la première forme du violon. L'invasion

des Danois leur apporta la harpe allemande. C'est, en effet, de l'ancien allemand *harpha* qu'est dérivé le mot anglo-saxon *hearpe* et l'allemand moderne *harfe*. C'est une preuve que l'usage de la harpe s'est répandu en Europe par les nations barbares, et non par les peuples du Midi; en ancien égyptien, elle portait le nom de *te bouni*.

L'Irlande surtout fut célèbre par ses bardes; leur corporation, très puissante et très riche, fut en partie détruite par les Danois. Après eux, le roi O'Brien Boirohen la rétablit en 1014 avec de grands privilèges. Ce monarque fut un des plus célèbres poètes et harpistes de son pays. Sa harpe est conservée au musée de Dublin. C'est un instrument de petite dimension et garni d'un grand nombre de cordes. Cet exemple donna à la harpe une grande faveur, et les Irlandais cultivèrent cet instrument, sur lequel ils devinrent très habiles; les privilèges accordés aux bardes en accrurent considérablement le nombre. C'est sans doute la cause qui fit que le roi Henri VIII donna la harpe comme armoirie à l'Irlande. Cependant, le collège des bardes devint si puissant qu'il créa des embarras au gouvernement, et que la reine Élisabeth le supprima. Les bardes tombèrent alors dans une existence errante. Le plus célèbre des derniers d'entre eux fut un certain Turlong O'Carola, qui mourut en 1738. On dit que c'est lui qui composa les meilleurs airs qui sont restés populaires dans l'île.

L'usage de la harpe irlandaise se perdit peu à peu

dans la Grande-Bretagne aussi bien qu'en Irlande; cependant elle y était encore populaire à la fin du siècle dernier, si l'on en croit ce souvenir de voyage, extrait de la *Méthode de harpe* de Mme de Genlis, publiée en 1805 :

« Aujourd'hui encore, les pâtres de la principauté de Galles jouent de la harpe dans les champs; l'élégance de cet instrument et l'éclat de son harmonie donnent à ces bergers quelque chose de romanesque qui les fait ressembler à des pâtres d'églogue; en parcourant cette province, j'ai regretté que le plus noble, le plus parfait des paysagistes, le Poussin, n'eût pas vu ces sites majestueux et pittoresques, dignement ornés par ces pâtres jouant de la harpe sur les rochers et sur les bords des torrents. »

La harpe trouva peu de place dans le développement régulier de l'art musical; elle fit partie, il est vrai, de l'orchestre de l'*Orfeo* de Monteverde, en 1607; mais elle disparut du théâtre et des concerts, éliminée par l'épinette, le clavecin et le piano. Cependant, à la fin du siècle dernier et au commencement de celui-ci, elle reprit un moment faveur, après avoir subi les perfectionnements rendus nécessaires par le développement de l'harmonie et l'adoption du tempérament égal.

Les anciennes harpes étaient accordées diatoniquement, c'est-à-dire ne pouvaient donner que la gamme majeure de *mi* bémol, ton dans lequel elles étaient le plus souvent accordées, ce qui leur interdisait des modulations un peu éloignées.

En 1720, Hochbruckers y adapta plusieurs pédales qui manœuvraient chacune un crochet, lequel, venant tirer les cordes à une place déterminée, les faisait monter d'un demi-ton.

Ce système était défectueux et fut perfectionné plus tard par Naderman. Mais l'invention qui permit de jouer sur la harpe dans tous les tons est due à un facteur de harpes nommé Cousineau. Il imagina un mécanisme qui élevait à volonté chaque corde de trois demi-tons. La corde à vide donnait le bémol, un premier rang de pédales donnait la note naturelle et le second rang donnait le dièse. Cette invention est exposée dans le *Mémoire* de l'abbé Roussier, publié en 1782. Sébastien Érard la reprit en 1808, et, grâce à un mécanisme ingénieux, il produisit la *harpe à double mouvement,* dernier terme du perfectionnement de cet instrument.

Ce mécanisme étant caché dans le corps de la harpe, nous allons essayer d'en donner un aperçu. Supposons qu'une corde passe entre deux doigts d'une main sans les toucher, la corde pourra donner sa note naturelle. Faisons faire environ un demi-tour à la main, les deux doigts viendront toucher la corde l'un au-dessus de l'autre; si l'on a placé les doigts à l'endroit convenable, la corde se trouvera raccourcie d'un demi-ton. Remplaçons les mains par un petit disque de métal et les doigts par deux boutons de cuivre; puis plaçons au-dessous un appareil semblable en les faisant tourner l'un après l'autre, nous aurons la possibilité de faire entendre trois sons suc-

cessifs en montant à la distance d'un demi-ton. Chaque corde est garnie de ce mécanisme dans toute l'étendue des six octaves de la harpe.

Chacune des pédales agit sur chacune des sept notes de même nom dans chaque octave. De cette façon, les pédales étant au repos, on a la harpe accordée en *ut* bémol ; le premier cran de la pédale la met en *ut* majeur ; le second en *ut* dièse majeur. En mêlant ces trois combinaisons, la harpe peut jouer dans tous les tons.

Malgré cela, la harpe, qui avait pendant une vingtaine d'années obtenu les faveurs du public, n'a pu lutter contre l'envahissement du piano. On ne peut que regretter ce délaissement, car elle a un son bien autrement noble et musical que celui du piano ; elle accompagne infiniment mieux la voix, et, enfin, considération secondaire sans doute, elle est moins laide et tient beaucoup moins de place.

La harpe, il est vrai, ne se prête pas à ces orages de sonorités terribles qui fondent sur le clavier des pianos et ébranlent nos appartements ; mais cela est-il un désavantage?

La harpe est moins apte cependant que le piano à reproduire toutes les sonorités et les mouvements de l'orchestre ; son timbre est trop caractéristique, et peut-être est-ce cela même qui la fait rejeter de l'usage journalier.

C'est dans l'orchestre que, depuis quelques années, la harpe a pris une place importante ; employée à propos, elle y produit un effet admirable dont quel-

ques compositeurs modernes ont su tirer des sensations très nouvelles.

Le timbre de la harpe donne aux sons des autres instruments une très grande idéalité; sa sonorité les allège et pénètre partout dans la masse instrumentale comme un fluide léger.

L'abandon dans lequel le public avait laissé la harpe a fait craindre un moment que l'usage en devînt fort rare; mais il ne serait pas étonnant que la monotonie et le son de plus en plus métallique du piano ne ramenassent vers la harpe les oreilles un peu délicates.

Les virtuoses n'ont pas manqué à cet instrument depuis le roi David, qui est le plus ancien dont il soit parlé. Mais, pour avoir quelque certitude sur leur talent, il faut sauter une longue suite d'années et arriver à la fin du XVIIIe siècle.

Un des plus célèbres fut Krumpholtz, né en 1745, qui perfectionna la harpe et publia d'excellentes compositions pour cet instrument. Il eut une élève plus habile encore que lui, qu'il épousa et qui, pour prix de ses leçons, s'enfuit du domicile conjugal.

Krumpholtz alla se noyer dans la Seine en 1790.

Dalvimare eut aussi une certaine réputation.

Naderman (1773) est surtout célèbre comme facteur; il fut nommé professeur au Conservatoire quand on y fonda la classe de harpe.

Bochsa, brillant virtuose, qui termina sa carrière aventureuse en Australie.

Citons encore les noms de Théodore Labarre; de

Prumier, qui succéda à Naderman comme professeur au Conservatoire ; de M. Prumier fils, qui est le titulaire actuel ; de M. Godefroid, etc.

Beaumarchais, l'auteur du *Barbier de Séville* et du *Mariage de Figaro*, est le plus célèbre des amateurs qui brillèrent par leur talent de harpiste. Il dut au sien de donner des leçons aux filles du roi Louis XV. Il fit connaissance, à la cour, du financier Pâris-Duverney, qui l'initia aux affaires, dans lesquelles Beaumarchais ne tarda pas à faire une grande fortune.

Le musée des instruments du Conservatoire possède plusieurs harpes du XVIIIe siècle. Les guirlandes de fleurs sculptées dont leur colonne est ornée, l'élégante courbure des consoles, les peintures délicates dont la caisse est décorée font de ces instruments des objets d'art très précieux. L'une de ces harpes a été construites par Naderman père pour la reine Marie-Antoinette, en 1780.

Il serait à désirer que la collection du Conservatoire pût montrer, à côté de ces produits élégants et raffinés de l'art du siècle dernier, quelques modèles primitifs de l'antique Égypte.

LE LUTH

Les sons aériens et légers des instruments à cordes pincées, si dédaignés maintenant, sont pourtant les plus agréables pour l'accompagnement de la voix. Il semble que la mélodie naisse et s'élève toute seule au frémissement des cordes ébranlées par la main. Sur le fond léger des accords de la harpe ou du luth, la voix ou l'instrument qui chante se dessine nettement et se meut plus librement qu'aux sons plus forts et plus empâtés des claviers modernes ou des tenues de l'orchestre. Les arpèges, qui sont la formule d'accompagnement la plus usitée sur les harpes, les guitares et les luths, sont comme des coups d'aile qui soutiennent le chant dans sa course mélodique. Cette faculté de s'associer étroitement à la poésie chantée a valu au luth l'honneur insigne d'être, ainsi que la lyre, considéré comme le symbole même de la poésie. Les poètes modernes, les peintres, l'ont souvent placé comme emblème dans leurs compositions idéales.

Lamartine, dans ses *Méditations*, l'a plusieurs fois employé dans cette acception; il a même poussé l'analogie, entre la lyre et le luth, jusqu'à mettre ce dernier entre les mains de Sapho.

Cet anachronisme se justifie parfaitement par la parité d'emploi de ces deux instruments. Cependant

le luth est d'origine orientale ; en langue arabe, il se nomme *eoud*. Il est peut-être venu en Europe au temps des croisades, ou par l'Espagne pendant la domination des Maures.

Bien que le luth soit proche parent de la lyre antique, il en diffère notablement par sa forme.

L'instrument moderne qui lui ressemble le plus luth est la mandoline, dont la caisse est, comme on le sait, semblable à une moitié d'amande, *mandola*, fermée par une table d'harmonie.

La caisse du luth, appelée aussi *donte*, était plus grosse et le manche, destiné à recevoir un grand nombre de cordes, était aussi plus large. Enfin, la partie du manche qui porte les chevilles, se renverse à angle droit au lieu d'être terminée par une volute ou une spatule, comme les autres instruments à cordes.

Primitivement, le luth n'avait que six rangs de cordes accordées deux à deux à l'unisson. Plus tard on alla jusqu'à onze et douze rangs ; mais les cordes basses n'étaient pas toujours doubles. Dans ce cas, le luth, touché à vide, c'est-à-dire sans mettre aucun doigt sur le manche, produisait onze sons différents.

Les archiluths avaient un cheviller supplémentaire fixé à droite et en haut du manche, qui tendait des cordes graves se touchant à vide pour faire la basse de l'harmonie. Les instruments italiens de ce genre qui sont au musée du Conservatoire sont les plus beaux modèles que l'on puisse voir, tant pour la

perfection de leur construction que pour l'ornementation qui les recouvre.

La façon dont la musique de luth est écrite en rend la lecture assez difficile. Les livres qui la contiennent sont généralement intitulés : *Livres de tablature de luth*. Il est vraisemblable que l'expression de *donner de la tablature* provient de la confusion extrême qui régnait dans cette partie de la notation musicale.

La musique de luth s'écrivait sur six lignes, mais ces lignes ne sont pas faites pour échelonner les sons à la manière habituelle; chaque ligne représente une corde du luth; un chiffre ou une lettre, placé sur cette ligne, indique le doigt qu'il faut abaisser sur la touche qui lui correspond.

Les cordes graves sont indiquées par des traits, et se touchaient le plus souvent à vide pour faire la basse de l'harmonie.

Si la façon d'accorder le luth avait été uniforme, il serait assez facile d'en lire la musique; mais les joueurs de luth, les *luthériens*, comme on les appelait, avaient chacun leur manière d'accorder leur instrument, qu'ils négligeaient d'indiquer, ce qui rend très pénible la lecture de leurs ouvrages, pour ne pas dire impossible, dans certains cas.

Cependant, dans les temps plus anciens, il y avait un accord plus généralement usité qu'on appelait le *viel ton*. Dans cet accord, les six cordes les plus graves se suivaient en montant diatoniquement à partir de l'*ut* grave de la clef de *fa*. A partir de la

sixième, les autres se suivaient ainsi : *la*, *ré*, *sol*, *si*, *mi*, *la*, ce qui, pour l'ensemble des onze cordes, donnait en montant, à partir de la corde la plus basse : *do*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *ré*, *sol*, *si*, *mi*, *la*. L'accord du théorbe, instrument pareil au luth, mais plus grave et ayant un manche très long, était à peu près le même.

La *mandore*, autre instrument à cordes pincées, avait un accord singulier de deux quintes juxtaposées : *fa*, *do*, *ré*, *la*.

La tablature de luth écrite dans le *viel ton* est assez claire ; mais il faut de longues méditations avant de se rendre compte de ce que veulent dire les pièces dont le ton n'est pas indiqué.

Le son du luth devait avoir beaucoup d'analogie avec celui de la guitare ; plus plein, car la caisse est plus grande. Vincent Galilée, qui a écrit un livre de tablature de luth, dit, mais sans en donner la raison, que cet instrument était bien supérieur à l'épinette.

Un bon joueur de guitare pourrait facilement remettre en honneur le luth et le théorbe, et comme ces instruments sont excellents pour accompagner les voix, cela reposerait un peu des sons du piano.

L'harmonie moderne serait, il est vrai, assez difficile à réaliser sur un luth accordé suivant le *viel ton ;* mais on inventerait facilement une combinaison qui permettrait de l'exécuter. Peut-être pourrait-on retrouver alors le charme de la musique intime que le luth rendait si bien.

Depuis le XVe siècle jusqu'au XVIIIe, le luth compta de nombreux virtuoses ; il faisait partie de l'éducation des femmes comme le piano aujourd'hui. Si on veut savoir de quel genre d'agrément il était dans la société du temps passé, on peut en trouver un exemple assez intéressant dans la vie de Ninon de Lenclos. Son père était lui-même un habile joueur de luth. C'était un gentilhomme très épicurien, qui communiqua de bonne heure à sa fille ses idées philosophiques en même temps qu'il lui enseignait son art. Elle y devint fort habile et se fit entendre avec son père chez Marion Delorme.

Plus tard, quand elle eut fixé autour d'elle cette société de grands seïgneurs et d'hommes spirituels et cultivés qui fuyaient les redites de la vie de courtisan, elle les charma aussi par son talent de musicienne. On en trouve plusieurs preuves dans les mémoires et les correspondances du temps. « Menez le marquis, si vous ne portez pas votre luth, lui écrivait Mme Scarron ; mais songez bien qu'il nous faut votre luth ou le marquis. »

Il est probable que dans cette société si vive d'esprit, si amoureuse de conversations agréables, la musique ne tenait pas une place aussi considérable que dans nos soirées modernes. Ninon, que l'on a souvent comparée à Aspasie, se servait sans doute aussi de la musique pour adoucir ce que le tour de conversation, souvent très libre, pouvait avoir de trop vif et de déréglé ; comme elle ne souffrait chez elle aucun propos de religion ou de gouvernement,

il lui fallut souvent détourner, par les sons discrets de son luth, les emportements de gens d'esprit qui croyaient pouvoir tout dire, pareille à la joueuse de flûte de l'antiquité qui excitait ou tempérait la joie du festin en passant du mode dur phrygien au mol ionien.

C'est ici que se montre l'avantage d'un instrument léger. Nul besoin d'aller, comme à présent, s'asseoir devant un meuble difforme, d'allumer la bougie, d'interrompre la causerie commencée; un valet apportait le luth ou le théorbe, et la personne qui en jouait ne sortait pas du cercle.

De tous les instruments délaissés par l'art et qui sèment son chemin, le luth mérite plus qu'un autre qu'on s'y arrête. Il était apte à tout ce que la musique a d'essentiel, avec une forme restreinte, élégante, des sons faibles, il est vrai, mais d'une qualité supérieure; aussi, avant le règne du clavecin, a-t-il été le confident de tous les essais de la musique profane : chansons, danses, etc., il était de toutes les combinaisons sonores, depuis les madrigaux aux paroles tendres jusqu'à la sérénade comique de Scaramouche. Rien ne dénote mieux la différence des mœurs musicales du temps passé avec celles du présent, qu'un coup d'œil jeté sur le luth.

Le clavecin et le piano ont certainement beaucoup agrandi le domaine de l'art musical; mais ils en ont peu à peu rejeté tout ce qui était destiné au plaisir individuel, tout ce qui était fait pour le divertissement des particuliers.

La musique de théâtre règne maintenant dans le

salon, et, dans le concert, la romance elle-même a disparu. Le caractère dramatique de l'art est cependant aussi peu convenable à une réunion intime, que l'énorme sonorité du piano est peu en proportion avec nos appartements.

Nous convenons de l'apparence paradoxale que peut avoir cette idée, que le piano ne suffit pas à tout et qu'on pourrait peut-être encore faire plaisir avec un luth ; mais, quand on se rend compte des ouvrages du passé, on s'aperçoit que ce ne sont pas seulement de vieux instruments qu'on a mis au rebut, mais toute une partie de l'art, aimable, facile, délicate, et qu'on n'entendra peut-être jamais plus.

VARIÉTÉS MUSICALES

LA MÉLODIE

C'est un reproche qu'on entend souvent faire aux œuvres musicales modernes, qu'elles manquent de mélodie. Il en est peu qui aient échappé à cette critique ; le *Faust* de Gounod en a été atteint ; Meyerbeer, Rossini même ne parurent point, aux yeux de leurs contemporains, être doués du génie mélodique ; Beethoven a été accusé de sacrifier la mélodie à la science ; Mozart a, dans son temps, passé, auprès de quelques grands personnages, pour mettre trop de notes dans sa musique ; ayant répondu à je ne sais quel prince qu'il y en avait juste ce qu'il fallait, il passa pour un impertinent. Cette critique persistante, et qui s'est encore aggravée de nos jours, nous paraît provenir de ce que le public donne aujourd'hui au mot *mélodie* un sens trop restreint.

Les mots restent les mêmes, tandis que le sens qu'on y attache varie avec les temps. Il en est dont la signification primitive est tout à fait altérée par l'usage ; le plus ordinairement, tout en conservant leur

sens d'une façon générale, ce ne sont plus que des déviations, des nuances de l'idée qu'ils représentent qui forment une nouvelle convention du langage. Le mot *mélodie* n'a pas toujours voulu dire la même chose ; ni dans l'antiquité ni aux premières époques de la civilisation chrétienne ce mot ne correspond à ce qu'on entendait au XVIIIe siècle par *mélodie*. Enfin, aujourd'hui même, il y a une notable partie du public et des artistes qui n'entendent pas ce terme de la même façon ; de plus, on donne souvent aux mots *air*, *chant*, *motif* le même sens que celui de *mélodie*.

De nos jours, quand on accuse un ouvrage de manquer de mélodie, on veut dire qu'on n'y trouve pas de formes musicales rythmées, d'un contour arrêté et défini, pouvant se graver dans la mémoire, indépendamment du sens des paroles et de sa signification dramatique ou pittoresque.

C'est prendre la mélodie dans son sens le plus étroit et en réduire singulièrement les attributions.

Pour exprimer ce genre de mélodie, il y a un mot plus nouveau et qui n'apparaît guère dans le vocabulaire technique des musiciens qu'à une époque très rapprochée de nous, à la fin du XVIIIe siècle : c'est celui de *motif*.

Il est aussi employé dans la peinture pour désigner un ensemble d'objets, arbres, maisons, personnages, formant un groupe dont l'arrangement constitue un tableau distinct, se séparant du reste des objets environnants et ayant sans doute un charme,

une valeur artistique particulière, puisqu'il est propre à être reproduit sur une toile.

Ce n'est pas encore le tableau, c'en est le motif.

Pour la musique, le *motif* se constitue de même, avec cette différence qu'il n'est pas fourni par la nature extérieure, mais qu'il naît spontanément dans l'esprit du compositeur, sans qu'il en puisse donner aucune raison autre que celle d'être sous une certaine impression, triste ou gaie, violente ou rêveuse, souvent même indéfinissable.

Un *motif* musical est une série de notes ayant un lien commun, dont les rapports de durée, de hauteur, de timbre même sont tels, qu'ils forment une sorte de contour, de relief que l'oreille saisit et analyse, comme la main, par le toucher, se rend compte de la forme d'un objet. Si le mot *mélodie* est le terme le plus général qu'on puisse appliquer à une forme musicale, le *motif* est le terme qui offre le sens le plus étroit. On donne aussi à un pareil assemblage de sons le nom de *thème*, quand il est destiné à être varié, c'est-à-dire à subir des modifications de détail, sans être altéré dans sa forme générale.

Le mot *mélodie* a, comme nous l'avons dit, un sens plus général, et peut-être sera-t-on curieux de voir les définitions qui en ont été données.

La première définition d'un mot, c'est son étymologie, puisque les termes dont il est formé sont ses racines mêmes et sa raison d'être.

La *mélodie* en a plusieurs ; la première est celle-

ci : *mel,* venant du grec, et qui veut dire miel, et *odê,* chant. C'est le sens figuré du mot, donnant à entendre que la mélodie a la douceur du miel et doit être, avant tout, agréable à l'oreille.

Il y a une autre étymologie plus savante, qui se rapproche davantage de ce qu'est en effet la mélodie dans son sens le plus réel.

Nous l'empruntons au *Dictionnaire* de M. Littré : « *Melos* et *odê.* » La mélodie est proprement le chant du *melos.* Pour bien comprendre ce mot, il faut se rappeler que *melos,* originairement, signifiait *membre* et qu'on a, dès les premiers temps, appelé ainsi les parties en lesquelles une phrase se divise. Ce sont ces parties qui frappent l'oreille de manière à marquer une certaine cadence, et la mélodie était précisément le chant musical de cette phrase cadencée. »

On voit que toujours la mélodie a été considérée comme une sorte de discours musical, ayant ses divisions, son développement, comme dans le langage parlé. Les règles du chant appliquées à la poésie forment ce qu'on appelle la *mélopée.* Aristide Quintilien divise la mélopée en trois genres : l'*hypatoïde,* ainsi nommée de la corde *hypate,* la plus basse de la lyre, qui réglait les chants graves propres au mode tragique ; la *mésoïde,* ainsi nommée de la corde du milieu, régissant les sons du médium, répondant au mode consacré à Apollon ; la *nétoïde,* de *netê,* la dernière corde, la plus aiguë, qui constituait le mode dithyrambique ou bachique.

Cette définition du mot *mélodie* convient à la musique antique, au plain-chant du moyen âge et aux compositions de toute sorte jusqu'au XVIe siècle. La musique suivait alors docilement les divisions des phrases poétiques.

La musique qui s'est développée chez les nations de l'Occident n'a jamais été divisée d'une façon aussi déterminée que chez les Grecs, et on n'a jamais fait de traité réglant l'emploi de certaines régions sonores consacrées à certaines expressions dramatiques ou poétiques ; mais la mélodie de notre système musical n'a pas été non plus créée au hasard, et, dès les débuts du drame chanté, on aperçoit des divisions mélodiques dans les chants, qui vont en s'affirmant de plus en plus.

Jusqu'au moment où l'Italie inventa l'opéra, la musique d'église et les morceaux de musique profane suivaient les paroles et se conformaient à la longueur des périodes de la phrase poétique ; la mélodie proprement dite et telle qu'on l'entend aujourd'hui n'existait pas encore, si ce n'est dans la musique populaire, sous forme de courts airs de danse ou de chansons, de *motifs*.

Le second âge de la mélodie, si on peut parler ainsi, commence avec les premiers essais du drame lyrique en Italie, au XVIe siècle, et avec les premiers morceaux de musique instrumentale. Ces premiers opéras n'étaient guère que de longs récitatifs, souvent très expressifs ; mais peu à peu, dans certains endroits les plus pathétiques du drame, on y voit

se former des embryons d'airs rythmés et mesurés.

Ce sont ces passages qui, en s'agrandissant sans cesse, sont devenus la mélodie dramatique qui a été développée par les Italiens. Au commencement du XVIIIe siècle, les opéras de Scarlatti contiennent autant de mélodies que de récitatifs. Les phrases sont déjà longues, formées d'un *motif* principal et de périodes incidentes qui le ramènent une ou plusieurs fois. Pendant une grande partie du XVIIIe siècle, les grands airs d'opéra italien furent en forme de rondeau. « C'est une sorte d'air dont la forme est telle, qu'après avoir fini la seconde reprise, on reprend la première, et ainsi de suite, revenant toujours et finissant par cette même première fois où on a commencé. » (Jean-Jacques Rousseau.)

La mélodie dramatique alla toujours grandissant et allongeant ses périodes, se colorant peu à peu par l'instrumentation, sans cependant briser son unité, jusqu'au moment où Gluck et ensuite Mozart l'amenèrent à la perfection. Ce qui caractérise cette seconde transformation de la mélodie, c'est que tout en étant en rapport avec le sens des paroles, elle a cependant un sens musical qui lui est propre et qui est indépendant du texte; appelant à son aide le rythme et la mesure, elle se dégage tout à fait du récitatif et réunit ainsi au profit de l'expression et du plaisir de l'oreille tous les éléments qui composent l'art musical.

J.-J. Rousseau définit ainsi la mélodie : « La mélodie est la succession des sons tellement ordonnée

selon les lois du rythme et de la modulation qu'elle fasse un sens agréable à l'oreille. » Cette définition répond, en effet, parfaitement à la musique du siècle passé, qui, tout en faisant grand cas de l'expression dramatique, cherchait toujours la beauté dans la forme musicale, beauté dont l'oreille est le premier juge, puisque c'est à elle que s'adresse d'abord la musique.

Mais c'est surtout dans la musique instrumentale que la formation de la mélodie indépendante est plus facile à observer. Elle acquit son plein développement à la fin du XVIIIe siècle; les symphonies d'Haydn en sont le meilleur exemple que l'on puisse citer. Cela s'explique par la façon dont se faisait l'éducation musicale et par l'état particulier de la langue musicale.

Depuis le XVIe siècle, la musique avait pour principal artifice musical la fugue et le contrepoint. Or, la fugue est avant tout un exercice mélodique, puisque c'est un *motif* ou *sujet* qui en est le point de départ, qui se déplace successivement dans chacune des quatre voix, accompagnée d'un autre *motif* qu'on appelle le contre-sujet, et c'est le mouvement de ces différentes formes mélodiques qui, en résonnant ensemble, produit l'harmonie à deux, trois ou quatre parties, suivant le nombre de voix. La fugue est, en somme, une sorte de mélodie type dont les périodes principales sont réglées d'avance; c'est de la rhétorique musicale. Pendant longtemps, la musique n'eut pas d'autre manière de s'exprimer dans le style in-

strumental, tandis que sur le théâtre l'expression dramatique s'enfermait peu à peu dans des formes mélodiques déterminées. Le grand Séb. Bach ne connut pas d'autres procédés que le style fugué; il produisit dans ce genre de musique des ouvrages qui ne seront jamais égalés. De ce style fugué naquit la symphonie en quatre parties, qui fut portée si haut par Haydn et Mozart, et que le génie colossal de Beethoven fit éclater dans plusieurs endroits, mais sans cependant la détruire.

C'est, à notre avis, le genre de composition qui répond le mieux au sens général du mot *mélodie*. Chacun des morceaux d'une symphonie de quelqu'un de ces grands hommes est une mélodie entière. Que ce soit un *allégro* ou un *andante*, la phrase principale et celles qui la suivent y sont soumises à des retours réguliers, à une logique certaine, qui font de la symphonie une des productions les plus magnifiques de l'intelligence humaine. C'est cette ordonnance des développements d'une idée principale, cette architecture de sons que nous trouvons aussi belle dans son genre, aussi simple, aussi une, que la mélodie de pierre, éternellement admirée, d'un temple grec.

C'est aussi la production la plus originale de l'art musical des temps modernes, que celle de ces grandes mélodies instrumentales. L'antiquité a pu avoir des chants dramatiques et poétiques égaux ou supérieurs aux nôtres; mais elle n'a pu jamais connaître ces magnifiques développements du motif rythmé, car il

lui manquait l'élément nouveau et indispensable de la mélodie instrumentale, l'harmonie. Sans les ressources immensément variées que donne la combinaison des sons simultanés, la phrase d'un instrument est forcément de courte durée ; elle se réduit au motif de danse qui se recommence incessamment.

De tout temps il y a eu des airs de danse et des chansons ; mais la création de la symphonie et du drame chanté, par l'amplification successive de ces premiers éléments, est certainement une nouveauté relative dans la série des inventions humaines.

Tout le travail inconscient des artistes, depuis le temps où la musique profane commença à s'organiser jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, fut consacré au perfectionnement et à l'agrandissement de la mélodie, c'est-à-dire d'une période musicale plus ou moins longue, entraînant à la suite d'un motif principal des subdivisions ou des motifs accessoires d'un caractère différent.

Les modernes ont reproché aux maîtres de la symphonie et de l'opéra, du XVIIIe siècle, de s'être enfermés volontairement dans des formes mélodiques disposées d'avance à recevoir leurs idées et leurs impressions. Cette critique n'est pas fondée : la symphonie classique et l'air d'opéra italien sont, il est vrai, des mélodies d'une forme artificielle ; mais elles avaient pour avantage de délimiter exactement la pensée, de la conduire et d'élever souvent un fragment de motif, un rythme même, au rang de mélodies développées et vivantes. Aussi, parmi les

critiques qui furent adressées aux compositeurs d'alors, on ne voit presque jamais figurer le manque de mélodie.

Les architectes expliquent la forme du temple grec par l'imitation, puis par l'agrandissement et enfin l'ornementation de la cabane primitive du sauvage.

La mélodie symphonique et le morceau d'opéra ont une origine analogue. L'une a son point de départ dans le court motif rythmé de l'air de danse, l'autre dans la chanson triste ou gaie du peuple. On peut s'en assurer en remontant dans le passé et en comparant les ouvrages qui sont restés. On voit, à mesure qu'on recule, la symphonie diminuer peu à peu de longueur, la mélodie perdre ses phrases incidentes, arriver à de courts morceaux de musique de danse qui servaient de divertissements pendant les repas, et enfin se réduire au motif simple.

Haydn et Mozart déterminent et arrêtent définitivement la forme mélodique de la symphonie et du quatuor d'instruments à cordes; avec eux, on peut la considérer comme achevée et parfaite. Le génie de Beethoven, tout allemand, commença une nouvelle phase; il donna à la mélodie une intensité d'expression et un développement magnifique; il suffit de citer le premier morceau de la symphonie en *ut mineur* pour rappeler ce qu'il a su faire avec un rythme de trois notes, qui n'est pas même un motif, et quelle mélodie gigantesque il a fait surgir impétueusement de ce germe musical.

Ce grand homme donna à la mélodie instrumentale des proportions beaucoup plus vastes, son imagination dépassa le cadre dans lequel Mozart et Haydn s'étaient renfermés. Dans sa dernière et neuvième symphonie et surtout dans ses derniers quatuors, il en sortit tout à fait. Aussi ces ouvrages, non moins admirables que les premiers, sont surtout intéressants par les accents d'une individualité puissante qui retrouvait sa liberté complète.

Après lui, Mendelssohn reprit avec succès le développement mélodique de la symphonie classique. Son génie, élégant, correct, savant, s'accommoda parfaitement de la mélodie logique et développée par les anciens procédés. Il y apporta toutefois beaucoup de nouveautés, surtout dans l'instrumentation et dans le caractère sentimental de ses compositions.

Après lui, la mélodie symphonique a peu à peu cessé d'être en vigueur; la déduction logique des idées, basée sur la fugue, a cessé de prévaloir, et aujourd'hui on peut dire que les morceaux pour orchestre ne sont plus que des motifs souvent sans relation entre eux. L'édifice musical, si bien proportionné, élevé par les maîtres du siècle passé, reste toujours admiré et compris du public; mais c'est une forme où la pensée moderne ne se complaît pas et qu'elle est impuissante à remplir.

Nous touchons au point que nous allons essayer d'éclaircir, et dont nous avons parlé au commencement de ce travail, c'est-à-dire pourquoi une partie

du public accuse la musique moderne de manquer de mélodie.

Cela tient à ce que la construction de la phrase mélodique s'est transformée encore une fois; abandonnant le lien serré et logique qui maintenait ses différentes périodes, la mélodie ne procède plus par déduction comme dans le style qui avait pour principe la fugue et l'amplification; elle agit par juxtaposition de motifs différents, reliés entre eux par d'autres moyens.

Ces moyens sont le coloris de l'instrumentation et des liaisons harmoniques, c'est-à-dire des effets obtenus par des séries d'accords et de tonalités. La mélodie n'est plus un discours musical partant d'un point pour arriver à un autre; c'est une série de fragments mélodiques qui se font valoir par contraste et dont le lien n'est pas toujours très clair.

Or le public français restera toujours plus sensible à des mélodies qui, en même temps qu'elles flattent son oreille, divertissent son esprit par leur retour, leur développement, leur unité, qu'à des impressions peut-être plus grandioses et plus poétiques, mais qui demandent de la part de l'auditeur plus d'imagination que d'intelligence.

Cela est surtout sensible dans la musique dramatique.

La mélodie italienne, toute d'un seul jet, a toujours été mieux comprise en France et plus vite que la mélodie fragmentée des compositeurs coloristes comme Meyerbeer. Il a fallu plusieurs années pour

que le public y vît clair, et certainement les motifs y abondent; seulement, les plus grandes scènes de ces admirables opéras, comme les *Huguenots* et le *Prophète*, n'y sont pas développées suivant l'unité mélodique; ce que le public n'apercevait pas, c'était le lien des idées auquel il était habitué, et il a accusé Meyerbeer de manquer de mélodie.

Les compositeurs français ont généralement essayé de se tenir entre les deux systèmes; ils ont cherché à garder la forme de la mélodie italienne en la colorant de l'instrumentation allemande. De plus, tous les ouvrages qui ont été faits pour le grand Opéra de Paris par des étrangers portent la marque de ce compromis : Rossini, Meyerbeer ont réagi contre leurs propres inclinations pour satisfaire à ce goût de logique et de mesure.

Aujourd'hui, la mélodie dramatique ne prétend plus, comme au XVIIIe siècle, avoir une signification indépendante du sens des paroles, parallèle, mais cependant distincte; elle tend à retourner sur ses pas et à reprendre son ancienne docilité à suivre la marche des paroles. L'action dramatique ne s'arrêtant pas, on prétend que la musique, qui est le langage de cette action, ne doit pas s'arrêter non plus, et la mélodie par conséquent ne doit plus retourner sur elle-même, ni s'arrêter pour ainsi dire dans le même sentiment. Cette théorie a pour conséquence de rendre inutile l'ordonnance des périodes d'une même phrase.

Les motifs succèdent aux motifs, les récits aux

récits; ce n'est plus du son organisé, c'est un flux continuel d'idées sans lien commun.

Ce système, à notre avis, est faux aussi bien au point de vue de l'art que de la vérité dramatique.

Au point de vue de l'art seul, il a le tort de briser à chaque instant la ligne mélodique ou au moins de la rendre très fatigante à suivre.

De plus, est-ce que dans la réalité, quand on assiste à une scène violente, triste ou gaie, on ne voit pas les intéressés revenir perpétuellement sur leur haine, leur douleur ou leur joie? Ils en ressassent continuellement les incidents, et tout les ramène toujours à leur pensée. Si la musique est appelée à être le langage de ces passions, il est naturel que le motif qui les exprime le plus fortement revienne, ou qu'il ne s'éloigne que pour un moment, enfin, que la mélodie soit organisée comme le sentiment qu'elle retrace, avec le mouvement et cependant l'unité d'émotion.

J.-J. Rousseau donne une définition de ce que doivent être les paroles d'un air d'opéra, qui est un chef-d'œuvre de clarté et de vérité et qui donne raison à la mélodie organisée qu'on méprise peut-être un peu trop maintenant. « Les paroles des airs, dit-il, ne vont pas toujours de suite et ne se débitent point comme celles du récitatif. Quoique assez courtes pour l'ordinaire, elles se coupent, se transposent, se règlent au gré du compositeur. Elles ne sont pas une narration qui passe; elles peignent ou un tableau qu'il faut voir sous divers point de vue, ou un sen-

timent où le cœur se complaît, duquel il ne peut pour ainsi dire se détacher, et les différentes phrases de l'air ne sont qu'autant de manières d'envisager la même image. »

On conçoit qu'un compositeur dont la musique serait conforme aux préceptes donnés par Rousseau serait certain de faire une véritable mélodie, quand même la partie chantante serait accompagnée des harmonies les plus recherchées et de l'instrumentation la plus compliquée.

L'HARMONIE

Quand on observe les progrès de la musique depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours, on voit que l'art de disposer les périodes d'une mélodie ou de chanter de la poésie a été le sujet d'études très savantes chez les Grecs d'abord et chez les autres peuples; le goût et le besoin d'entendre des sons simultanés, ce que nous appelons aujourd'hui *l'harmonie*, et la connaissance des relations que les sons ont entre eux ont été, au contraire, très longs à se compléter et à entrer dans la pratique.

On voit aussi que cette appréciation de plus en plus délicate du son par l'oreille a coïncidé avec des formes nouvelles de l'art musical.

La musique a suivi à peu près la même voie que la peinture. Aux figures dessinées, comme celles des Égyptiens et des Étrusques, par un trait, correspond la musique antique des Grecs uniquement mélodique, et chantée seulement à l'unisson ou à l'octave.

Puis, peu à peu, arrive l'observation de la nature

qui fait trouver le modelé de l'intérieur des figures, les rapports de l'ombre et de la lumière; la comparaison amène en regard de cette période de la peinture l'invention de la musique à plusieurs parties, qui commence avec les premiers temps du moyen âge.

L'harmonie est de la musique modelée.

Enfin, de même que les peintres coloristes sont venus encore superposer aux connaissances acquises par leurs devanciers la magie des couleurs et les relations multiples des tons, les musiciens modernes ont donné à l'instrumentation, c'est-à-dire aux timbres des sons, une importance considérable, et ont ainsi produit un véritable coloris musical.

Dans ce long parcours de la musique européenne, ce qui constitue le progrès, ce sont les découvertes successives des rapports compliqués et nombreux des sons entre eux, que les artistes ont devinés, et dont ils se sont servis pour augmenter l'expression de leur art.

Les artistes devinent, et la science explique et confirme; puis quelquefois elle-même sert de point de départ à une autre forme de l'art. La musique est l'art qui a le plus côtoyé la science; non pas que celle-ci ait jamais servi à aucun ouvrage d'imagination, mais elle a puissamment aidé la musique à compléter son langage. Pythagore a calculé les intervalles de la gamme diatonique des Grecs, formée des mêmes degrés que la nôtre, et qui est la base sur laquelle les nations européennes ont construit leur

système musical harmonique, en la modifiant légèrement. La musique, que l'on croit un art relativement moderne, démontre autant que les autres arts notre filiation directe avec l'antiquité.

Comme la sculpture et la peinture, la musique a passé de Grèce en Italie, et de là chez les nations du Nord, qui, à leur tour, l'ont transformée et mis leur empreinte sur elle. Seulement, cette progression, qui a été relativement brève pour la sculpture, la peinture et l'architecture, a été beaucoup plus longue pour la musique, qui, n'ayant pas la nature pour objet direct d'imitation ou d'idéalisation, a dû tirer tous ses développements du domaine spéculatif. Il semble que les arts décrivent des orbites autour de l'intelligence humaine. L'architecture, la peinture, la sculpture sont les plus rapprochées, et leurs révolutions sont visibles; mais la musique seule n'est pas encore retournée sur ses traces.

Les Grecs ne s'occupaient dans leur musique que des rapports des sons successivement entendus; c'est du moins l'opinion qui a prévalu.

Le mot *harmonie*, qui nous vient d'eux, comme le mot *mélodie,* est lui-même formé avec le mot *armos* qui veut dire assemblage, jointure. Aussi, la définition qu'ils donnaient du mot *harmonie* était-elle celle-ci :

« L'harmonie est la partie qui traite de la succession convenable des sons. »

Au lieu de signifier, comme maintenant, un assemblage de sons simultanés, cela signifiait l'assem-

blage des sons successifs, bout à bout. On verra plus tard que cette définition, qui semble pour nous ne convenir qu'à la mélodie, convient également à l'harmonie moderne et qu'on en peut tirer la démonstration que l'harmonie et la mélodie ne sont dans le fond qu'une seule et même chose; car, dans un chant sans accompagnement, quand la voix ou l'instrument parcourt successivement des sons plus ou moins éloignés les uns des autres, si ces sons se succèdent de façon à former une suite agréable à l'oreille, c'est qu'ils ont des rapports sous-entendus qui, si on les met en évidence par des voix ou des instruments accompagnateurs de la mélodie, produisent ce que nous appelons l'*harmonie*.

Malgré la définition que les Grecs ont donnée de l'harmonie et qui semble exclure l'usage des sons simultanés et différents dans un même chant, la question a été souvent débattue de savoir s'ils avaient ce que nous appelons *harmonie* en langage moderne.

Il a toujours paru étonnant qu'un peuple si artiste, si délicatement organisé en tout ce qui concerne les facultés intellectuelles, ait laissé de côté dans sa musique un moyen d'expression et de beauté aussi important.

Il est maintenant à peu près certain que toute leur musique de danse ou de chant était exécutée, soit à l'unisson, soit à l'octave.

Cependant, le mot *harmonie* se trouve employé aussi par eux pour désigner un assemblage de voix

ou d'instruments résonnant ensemble à l'octave les uns des autres. C'était alors ce qu'ils appelaient l'*antiphonie*, sons opposés, tandis que le mot *homophonie*, sons semblables, signifiait que tous les sons étaient à l'unisson. Le nom d'*antiphonaire* est resté aux livres de notre musique d'église, à cause des différentes voix d'hommes et d'enfants qui chantent à des hauteurs différentes. Un chant exécuté de cette façon était aussi dit *magadisé,* du nom *magadis*, sorte de harpe syrienne qui avait un assez grand nombre de cordes, sans doute accordées à l'octave les unes des autres.

Malgré la certitude presque absolue que les anciens n'avaient pas d'autre harmonie que l'octave, les érudits ont beaucoup discuté sur ce problème.

Les écrivains grecs et latins ont été commentés, et leurs textes pressés de faire connaître la vérité. Les savants du XVIIIe siècle se sont livré une véritable bataille autour de deux vers d'Horace qui offrent un sens favorable à l'opinion qui affirme que l'antiquité connaissait une certaine harmonie :

> Sonante mistum tibiis carmen lyra
> Hac Dorium, illis barbarum.

« Le chant résonne sur la lyre et sur les flûtes, dans le mode dorien sur celle-ci, barbare sur les autres. »

Les Grecs n'appelaient *helléniques* que le mode

dorien et l'*hypodorien;* les autres, le *lydien*, l'*ionien*, etc., étaient appelés barbares.

On a essayé de faire coïncider les gammes du mode dorien avec celles des modes barbares; il n'en résulta que d'horribles dissonances démontrant que le problème n'a pas été résolu.

Un passage de Sénèque a été aussi très commenté et pourrait être encore une occasion de disputes archéologiques. Nous le rapportons dans son entier, parce qu'il montre comment les instruments de musique étaient disposés dans un théâtre romain.

« Ne voyez-vous pas de combien de voix différentes un chœur est composé? Il y a des voix aiguës, il y en a de graves, il y en a de moyennes. Aux accents des hommes et des femmes se mêlent ceux des flûtes. Quoiqu'on ne distingue aucune de ces voix en particulier, toutes sont sensibles à l'oreille. Je parle du chœur que les anciens philosophes ont connu, car dans nos représentations théâtrales il y a plus de chanteurs qu'il n'y avait autrefois de spectateurs dans le théâtre; et pourtant, quoique tous les abords soient remplis de chanteurs, que l'amphithéâtre soit bordé de trompettes et que l'avant-scène retentisse du son des flûtes et d'instruments de tous genres, de ces sonorités différentes, il ne résulte qu'un ensemble homogène : *Fit concentus ex dissonis.* »

Il est vraisemblable que, par *dissonance*, Sénèque entendait non des sons de hauteurs différentes, mais seulement des timbres de voix et d'instru-

ments qui ne produisaient pas d'harmonie, puisqu'ils jouaient et chantaient à l'unisson ou à l'octave.

La question de la musique antique est restée obscure, malgré les travaux les plus intéressants et les plus profonds qui aient été faits sur cette matière.

Si on s'en rapporte à ce que l'on sait, que la musique était intimement liée chez les Grecs à la poésie, il y a toutes les probabilités de penser que leur musique ne devait pas user, ou à peine, de l'harmonie qui eût empêché d'entendre les paroles, qui étaient chez eux la chose capitale.

Il a fallu, pour que, dans notre système d'harmonie moderne, on arrivât à faire entendre les paroles malgré la complication des sons simultanés, d'une part, plusieurs siècles d'expérience, et, de l'autre, une accoutumance de l'oreille, qui distinguât dans un ensemble harmonieux la partie qui porte les paroles sans être gênée par les sons qui l'accompagnent. Cette habitude de l'harmonie est devenue telle chez les peuples modernes qu'ils supportent difficilement une longue suite de sons sans accompagnement.

Cependant il s'en faut que l'unisson ou l'octave ne puisse produire aussi de grands effets, surtout quand des voix et des instruments de timbres différents sont réunis sur la même mélodie. Il y a un grand nombre de chants d'église qui sont plus beaux ainsi chantés qu'accompagnés.

Qui n'a entendu aussi des chants populaires dans

lesquels se mêlent des voix d'hommes, d'enfants, et l'effet gigantesque qui en résulte !

Comme exemple de musique instrumentale, nous citerons dans l'art moderne le célèbre unisson des instruments à cordes par lequel débute le dernier acte de l'*Africaine*, de Meyerbeer, avant la scène du mancenillier.

On peut se figurer ainsi les hymnes grecs, aux mots sonores, aux images grandioses, aux épithètes dorées, chantés par un grand nombre de voix accompagnées du son grêle des lyres et des flûtes qui soutenaient le chant sans nuire aux sons mêmes de la langue parlée, et la suivaient dans toutes ses inflexions.

Quant à savoir si les Grecs appréciaient autrement qu'en théorie nos consonances, c'est-à-dire les intervalles de quinte, de quarte, de tierce, etc., cela ne nous paraît pas douteux. Le seul moyen pratique d'accorder un instrument étant de faire résonner ensemble deux cordes pour savoir si leurs sons forment l'intervalle juste qu'elles doivent faire entendre, il a fallu de toute nécessité, pour accorder une lyre, faire résonner ensemble, deux à deux, les cordes dont elle était pourvue; d'ailleurs, on ne peut accorder des sons aussi voisins que des tons et des demi-tons l'un après l'autre; l'oreille n'en saisit pas facilement les rapports, il faut des intervalles plus grands, comme l'octave, la quinte ou la quarte; ce qu'ils appelaient et qu'on appelle encore des consonances.

Il nous paraît donc certain que les Grecs appréciaient parfaitement les intervalles qui font notre harmonie; seulement il ne paraît pas qu'ils s'en servissent dans leur musique.

Il faut arriver aux premiers siècles de notre ère pour trouver enfin une sorte de certitude au sujet de l'emploi des sons simultanés, un exemple d'harmonie. C'est au VIe seulement qu'on en rencontre une définition, dans les *Sentences* d'Isidore de Séville. Encore participe-t-elle du double sens du mot *harmonie;* celui de l'antiquité et le sens moderne.

« La musique harmonique est une modulation de la voix; c'est aussi une concordance de plusieurs sons et leur union simultanée. »

Au IXe siècle, Hucbald, de Flandre, donne une autre définition de l'harmonie, qui montre que le goût pour cette nouvelle forme de la musique se dessine de plus en plus et qu'on marche vers l'harmonie véritable.

« L'harmonie est un accord agréable de sons dissemblables réunis entre eux. » Et ailleurs : « Un mélange agréable de certains sons. »

Cependant, à cette époque, l'harmonie n'avait encore que six consonances : trois simples : l'octave, la quinte et la quarte : *ut-ut*, *ut-sol*, *sol-ut;* trois doubles : la double octave *ut-ut-ut*, l'octave et la quinte *ut-sol-ut*, l'octave et la quarte *sol-ut-sol*.

Cette façon de chanter s'appelait la *diaphonie* ou encore l'*organum*. Par conséquent, chaque note était

accompagnée de son octave, ou de sa quinte, ou de sa quarte, quelquefois de toutes les trois à la fois.

Pour nous, si nous entendions chanter ainsi la musique d'église, comme on le faisait alors, nous trouverions cela horrible.

En effet, qu'on essaye seulement de jouer sur un piano l'air le plus simple, en accompagnant chaque note de sa quinte juste, et l'on verra quelle harmonie dure et désagréable résulte de cette association.

Guy d'Arezzo (XIe siècle) qui donna, dit-on, aux six premières notes de la gamme les noms qu'elles portent encore, définit ainsi la diaphonie :

« La diaphonie fait entendre la séparation des voix, lorsque les voix séparées l'une de l'autre sonnent différemment en s'accordant, ou s'accordent en sonnant différemment. »

Jean Cotton (XIe siècle) donne aussi une explication de la diaphonie qui annonce un grand progrès dans l'art de faire entendre plusieurs voix à la fois :

« La diaphonie est un ensemble de sons convenablement unis. Elle est exécutée au moins par deux chanteurs, de telle sorte que, tandis que l'un fait entendre la mélodie principale, l'autre, par des sons différents, circule convenablement autour de cette mélodie, et que, à chaque repos, les voix se réunissent à l'unisson ou à l'octave. »

On voit par cette définition que la diaphonie en quintes et en quartes rigides commence à se désagréger, et que les parties vocales d'un chœur essayent de se mouvoir plus librement, chacune en

particulier. Encore un pas, et l'on arrive à une invention nouvelle, que nous trouverions encore plus bizarre qu'agréable, qui dénote un manque de goût complet, mais qui a réalisé un progrès considérable dans l'art d'écrire pour plusieurs voix. C'est ce qu'on appelait le *déchant*. C'était l'art de faire résonner simultanément deux chants différents.

A cette époque, c'est-à-dire au XIIIe siècle, toutes les principales consonances étaient reconnues, et aux quintes, aux quartes étaient venues s'ajouter les *tierces* majeures et mineures. On pouvait enfin faire entendre un accord parfait.

Ainsi, il avait fallu près de six cents ans pour arriver à ce résultat qui nous paraît aujourd'hui une chose toute naturelle et ayant pour ainsi dire toujours existé.

Voici la définition que Franco de Cologne donne du déchant :

« Le déchant est un ensemble harmonieux de deux chants (*discantus*) dans lequel ces deux chants sont ajustés entre eux proportionnellement par des longues, des brèves, des demi-brèves, et représentés dans l'écriture par ces divers signes. »

Voici comment on procédait : on prenait une chanson, puis on ajoutait au-dessus et au-dessous d'autres sons portant des paroles différentes ; ou bien, si on voulait faire entendre deux airs différents, on changeait la durée des sons sans altérer leur hauteur ; on les étirait ou bien on les rétrécissait, jusqu'à ce qu'ils fussent contraints de marcher ensem-

ble. C'est un jeu de casse-tête, mais nullement de l'art. Cela servit cependant aux compositeurs à acquérir de l'habileté à écrire et à faire les expériences nécessaires à la conduite des voix. Ce style musical, qui commença vers le XIe siècle, se perfectionna sans cesse et donna naissance au *contrepoint*, qui est la forme raisonnée et savante des artifices précédents.

Au XVe et au XVIe siècle, on trouve de fort belles compositions écrites dans le style du contrepoint, à quatre, cinq et six voix. L'invention du *canon* est du XVe siècle. Cet artifice consiste à chanter le même air à plusieurs voix, en le commençant successivement à une ou plusieurs mesures de distance. Le *canon* bien connu de *Frère Jacques,* que tout le monde a chanté, est un exemple de cette combinaison musicale. Toute l'harmonie fuguée, contrepointée en imitation, régna presque exclusivement dans tous les genres de musique jusqu'au XVIIe siècle, et forma la première grande période de l'harmonie.

La période suivante est caractérisée par l'emploi d'une harmonie plus souple. A l'harmonie pleine, mais limitée et symétrique des accords parfaits de trois sons, vint s'ajouter une nouvelle harmonie de quatre sons. Un accord de quatre sons, qui est intermédiaire entre l'harmonie consonante et l'harmonie dissonante, qu'on appelle en langage technique *la septième de dominante*, *sol*, *si*, *ré*, *fa*, entra dans la théorie et la pratique musicale.

Luca Marenzio et Monteverde passent pour être

les premiers qui l'aient fait entendre dans leurs compositions. C'est par cet accord que s'introduisit dans la musique la sensation équivoque de la nature, la facilité de la modulation, le clair-obscur des sons.

La musique sortit par là de la tonalité de la musique d'église et commença une nouvelle évolution. La mélodie passionnée et expressive de l'opéra n'aurait pas été possible sans cette nouvelle harmonie, plus souple et plus libre.

C'est aussi vers la fin du XVIIe siècle que commence, d'une façon plus déterminée qu'auparavant, la séparation de ces deux termes, *mélodie* et *harmonie*.

Jusque-là, dans la musique à plusieurs parties, il n'y en avait aucune dont l'importance surpassât les autres; toutes les voix d'un même chœur se mouvaient chacune de son côté, en formant des harmonies basées sur la consonance des accords de trois sons. Une de ces parties étant devenue plus importante que les autres, parce qu'on lui confiait une plus grande part d'expression, elle se détacha de leur groupe et les réduisit à un simple mouvement d'accompagnement.

Nous allons essayer de montrer, par une image, les différentes manières d'être de *l'harmonie*, autrement dit de *la mélodie à plusieurs parties*, chantée par quatre voix : soprano, contralto, ténor, basse.

Qu'on suppose sur un théâtre quatre personnages dansant une action quelconque.

D'abord, placés sur une même ligne, ils se meu-

vent tous en même temps d'un côté ou de l'autre en faisant le même geste. Ceci correspond à la musique sans harmonie des Grecs, où tous les sons de la mélodie vibrent à l'unisson.

Puis les quatre personnages se plaçant deux à deux, les uns derrière les autres, à certaine distance, exécutent encore chacun la même danse, en se suivant exactement. C'est le commencement de la musique harmonique du moyen âge, où chaque note de la mélodie était accompagnée de sa quinte ou de sa quarte.

Enfin, tout en exprimant la même action, les quatre danseurs gesticulent, chacun de son côté, formant et défaisant symétriquement leurs groupes passagers dans des évolutions compliquées; ils représentent ainsi l'harmonie contrepointée et fuguée du XVIe siècle. Enfin, un des danseurs se charge d'exprimer toute l'action à lui seul, et les trois autres, relégués dans le fond, ne font plus que lui servir de satellites et règlent leurs mouvement sur les siens. C'est la période de l'harmonie accompagnante qui est ainsi représentée; l'invention de la mélodie d'opéra, qui remplit la fin du XVIIe siècle et qui arriva à son apogée à la fin du XVIIIe avec Gluck, Mozart, etc.

Aussi, l'art de l'accompagnement ayant coïncidé avec le perfectionnement du clavecin, on en a fixé empiriquement les lois. C'est là que commence, au XVIIe siècle, l'invention de la *basse continue*, par l'Italien Viadana. Sous la portée où est écrite la mé-

lodie chantée, on plaça les chiffres conventionnels qui représentent les accords qu'il faut frapper pour l'accompagnement. Ce fut l'avènement, dans la musique artistique et théorique, de ce qui avait toujours existé dans l'art instinctif du peuple.

Certainement, bien longtemps avant que cette forme de la musique, le *solo accompagné*, fût adoptée par les musiciens théoriciens, elle avait été essayée et pratiquée d'instinct par tous les chanteurs populaires qui se servaient d'un luth ou d'une guitare. Perfectionné par la réflexion et l'étude de l'harmonie, le chant s'est alors dégagé de l'accompagnement des parties secondaires et est venu régner dans l'opéra, l'opéra-comique, l'air de danse, etc. On peut dire que le XVIIIe siècle est le siècle de la mélodie naturelle, symétriquement rythmée et embellie par la connaissance de l'harmonie consonante.

C'est cette manière de sentir la musique qui a toujours prévalu depuis, et c'est elle, en effet, qui se prête le mieux à l'expression dramatique.

Aujourd'hui encore, quand on entend dire qu'un ouvrage manque de mélodie, cela veut dire souvent que la mélodie ne se dégage pas clairement des parties qui l'accompagnent et lui font cortège, soit par la faute du compositeur, soit que l'auditeur n'ait pas l'oreille assez exercée.

Jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, la théorie de l'harmonie reposait sur des considérations abstraites, soit mathématiques, soit métaphysiques, plutôt que

sur une méthode expérimentale et analytique. Rameau, le plus illustre des compositeurs français du XVIIIe siècle, apporta une nouvelle théorie de l'harmonie, basée sur la connaissance des propriétés physiques des sons.

Il s'appuya sur la découverte qui avait été faite au XVIIe siècle par le P. Mersenne, dit-on, savoir : que tout corps sonore, tuyau, corde, anche, etc., qui fait entendre un son musical, fait entendre en surplus une série de sons accessoires appelés *sons harmoniques*, dont le bruit particulier est couvert par l'intensité du son fondamental du corps sonore.

C'est de ce fait que Rameau a tiré, avec une grande clairvoyance, la loi des relations qui unissent entre eux les sept sons de la gamme diatonique et qui permettent de les faire résonner simultanément en accord de trois, quatre et cinq sons différents.

Il a été reconnu que les sept sons de la gamme ont été instinctivement choisis par les peuples européens en raison des relations inégalement étroites et nombreuses qu'ils ont avec le premier d'entre eux qu'on appelle *la tonique*, c'est-à-dire *ut*, si on parle de la gamme d'*ut*.

On peut se figurer la gamme diatonique de sept sons comme une sorte de constellation sonore, dont l'astre principal, *la tonique*, retient autour d'elle les six autres par des liens qui ne se découvrent qu'avec une observation attentive. Ces liens, ce sont les *sons harmoniques*, dont nous venons de parler.

Si, après avoir fait résonner la corde *ut*, on fait ensuite résonner la corde *sol*, ce second son est en relation avec le premier *ut*, puisque celui-ci contient parmi ses harmoniques le son *sol*.

Les autres notes, *mi*, *fa*, *la*, *ré*, *si*, présentent dans cet ordre, avec la tonique, des affinités de même genre de plus en plus faibles.

Donc, si une mélodie se meut en passant successivement sur les degrés de cette gamme, chacun de ses sons sera en relation avec le son précédent et le suivant. La science de l'harmonie consiste à faire entendre ces relations sous-entendues au moyen des voix ou des instruments qui accompagnent la mélodie ; ils formeront alors avec elle et entre eux des *accords*, ce que nous appellerons aussi de l'*harmonie*.

L'idée nouvelle de Rameau consista à considérer chaque note d'une mélodie quelconque comme le son harmonique d'un son plus grave, sous-entendu. C'est ce son qu'il appela la *basse fondamentale*. Il arrivait ainsi à trouver, pour un chant donné, une harmonie logique, plus simple que toutes les autres.

C'est, à un point de vue tout à fait général et élémentaire, le principe sur lequel repose le système de Rameau ! La théorie de la basse fondamentale a été enseignée fort longtemps, et on peut lui attribuer une notable part dans les progrès que fit la science de l'harmonie. Elle fut abandonnée vers la fin du XVIIIe siècle en grande partie, parce qu'elle ne répondait plus aux idées musicales nouvelles, qui prirent

naissance avec le changement qui s'introduisit dans la constitution de la gamme.

En effet, la théorie de Rameau s'exerçait sur une gamme dont tous les sons étaient, pour ainsi dire, hiérarchisés par rapport à la première note appelée tonique, et dans laquelle, à cause de cela, les demi-tons étaient inégalement répartis dans l'octave, ce qui empêchait les modulations éloignées.

L'usage des instruments à clavier, le clavecin et ensuite le piano, fit prévaloir une autre gamme, où tous les demi-tons sont à une égale distance les uns des autres; c'est ce qu'on appelle la gamme tempérée, dont l'octave est divisée en douze demi-tons égaux, et où tous les intervalles, sauf l'octave, sont faussés d'une quantité extrêmement faible (un soixantième de demi-ton pour la quinte). Dans cette gamme, en usage aujourd'hui, l'ancienne hiérarchie des sons, telle qu'elle est représentée par les touches blanches du piano, n'est plus qu'approximative. Cette nouvelle gamme peut être appelée la *gamme de la musique instrumentale*, par comparaison avec l'ancienne, qui était la *gamme de la musique vocale*.

C'est certainement à la modification apportée à la gamme, vers la moitié du siècle dernier, qu'on peut attribuer l'importance que la musique harmonique, fréquemment modulante, a prise dans l'art moderne.

La séparation qui s'accentue de plus en plus entre la musique vocale et la musique instrumentale n'est pas seulement un accident psychologique; elle a

aussi une cause déterminante dans la constitution même des sons employés maintenant. Jusqu'à un certain point, on peut dire que l'harmonie moderne est fille du clavecin et du piano.

La théorie de Rameau peut certainement encore s'appliquer; mais elle n'a plus une exactitude aussi grande qu'avec une gamme plus juste. Cependant, il est plus que probable qu'avec les nouvelles connaissances que l'acoustique a acquises sur les propriétés physiques des sons, on reviendra à une théorie analogue à celle de Rameau.

Tout le progrès de la science de l'harmonie a consisté, jusqu'à l'adoption de la nouvelle gamme tempérée, dans une appréciation de plus en plus délicate des affinités des sons de la gamme avec la première note. A chaque degré de plus dans cette connaissance correspond, pour ainsi dire, un genre particulier d'harmonie.

Aujourd'hui, dans la pratique journalière, nous pouvons entendre trois nuances principales dans la façon dont on a employé les accords.

La première, la plus ancienne, est la manière dont on accompagne le plain-chant à l'église, quand l'organiste observe bien la tradition. Cette harmonie est celle usitée au XVIe siècle, où chaque note est presque toujours accompagnée par des acccords parfaits de trois sons. C'est l'harmonie puissante, majestueuse, mais encore froide et raide, qui s'était perfectionnée pendant le cours du moyen âge. Palestrina, le grand maître italien qui perfectionna ce

style, écrivit de la musique religieuse qui peut être considérée comme le plus haut point de l'harmonie consonante. La musique de Mozart nous paraît représenter d'une manière parfaite la seconde période de l'harmonie, qui prit naissance au commencement du XVIIe siècle.

Le tissu harmonique des œuvres de Mozart est la perfection de l'harmonie accompagnante. Elle est construite avec la prédominance du système de l'ancienne gamme naturelle. Bien que, du temps de Mozart, elle fût déjà en partie abandonnée, l'éducation et les habitudes qu'il avait reçues firent qu'il conserva toujours le respect de l'ancienne hiérarchie des sons. C'est aussi un des derniers compositeurs qui aient écrit de la véritable musique vocale.

Le génie de Beethoven marque l'entrée dans la troisième période de l'harmonie. Il a trouvé dans la gamme nouvelle les éléments nécessaires à son génie, la possibilité de réaliser les harmonies qui se formaient dans son imagination; les modulations inattendues, les heurts, les déchirements, les combinaisons de sons mélancoliques auraient été impossibles avec la gamme du XVIIe siècle. Avec Beethoven, les accords deviennent un moyen direct d'expression. Toutefois, son harmonie tient encore par beaucoup de points à l'ancien système. La tonalité adoptée pour le morceau reste toujours le centre d'attraction des modulations les plus éloignées; le lien n'est pas rompu.

Depuis Beethoven, la science de l'harmonie a tou-

jours suivi cette même voie en l'exagérant. Les compositeurs modernes usent maintenant, le plus souvent, des accords qui sont les plus éloignés de la tonalité du morceau, ou du moins des affinités les plus faibles des sons avec la tonique. Il en est résulté de grandes richesses dans les nuances, mais aussi un certain malaise qui vient de l'incertitude de l'oreille. Peut-être serait-il à souhaiter qu'une théorie nouvelle de l'harmonie vînt relier ces éléments nouveaux aux anciens.

LES MAITRISES

La maîtrise est l'école où l'on apprend aux enfants le chant ecclésiastique connu sous le nom de plain-chant. Au moyen âge, la maison où se tenait cette école s'appelait aussi *Psallette,* de *psallere*, chanter. L'origine de ces écoles est très ancienne et remonte au temps où l'Église a institué un chœur distinct de celui des fidèles.

Pendant les premiers siècles, le chant des psaumes était exécuté par tout le peuple. Bientôt le nombre des chrétiens s'étant considérablement accru, ces chants devinrent sans doute confus. Il en résulta probablement quelque trouble dans les cérémonies religieuses, car le concile de Laodicée, qui se réunit en 364, ordonna que les fidèles cesseraient de chanter pour laisser ce soin aux chantres canoniques.

Ceux-ci étant devenus officiers de l'Église, il fallut les instruire dans l'art musical et dans les fonctions spéciales qui leur étaient assignées. C'est donc vers cette époque qu'on peut placer l'origine des maîtri-

ses. Le chœur des enfants fut l'élément premier des chants religieux; leur voix haute, claire et forte, a un timbre idéal qui les désigna naturellement comme le meilleur instrument de la musique sacrée; l'ingénuité du jeune âge et l'ignorance de l'expression dramatique donnent aussi au chant des enfants de chœur une sérénité qui le fait planer au-dessus des autres voix. Les voix de basses ont seules assez de majesté pour s'allier à celles des enfants. Les ténors sont trop vibrants pour le plain-chant. Quant aux voix de femmes, elles furent proscrites du chœur dès les premiers temps, ainsi que les voix factices. Saint Ambroise, évêque de Milan en 374, en fait la recommandation dans ces termes: *Vox ipsa sit succi virilis, nihil fœmineum sonet.* (Que la voix soit mâle, que rien de féminin ne résonne.)

Ensuite, les voix de femmes furent défendues dans les chants d'église par le concile de Châlons (650), et par celui de Mayence (813). Un règlement de 742 interdit aux jeunes filles de chanter pendant la cérémonie des funérailles. C'était, paraît-il, un reste des superstitions du paganisme qui s'était perpétué jusque-là.

Le premier règlement du chant ecclésiastique fut fait par saint Ambroise, au IVe siècle, et dans le diocèse de Milan on a conservé une partie du rit ambroisien. A cette époque, chaque pays avait sa liturgie: en France, la liturgie gallicane; en Espagne, la liturgie mozarabe; en Italie, la liturgie romane, à Constantinople, la liturgie orientale. Toutes ces dif-

férentes liturgies avaient certainement une même couleur générale, puisqu'elles avaient été puisées à la même source ; mais l'interprétation en était très différente. La tradition rapporte que Victor, évêque de Carthage au ve siècle, avait réuni un chœur d'enfants qui chantaient très habilement. En 461, sous le pontificat de Hilaire, on fonda à Rome une école de chant.

Saint Germain, évêque de Paris en 555, fondateur de l'église Saint-Germain-des-Prés, institua dans cette ville un chœur d'enfants avec orgue. Ce dernier point est peut-être discutable, car l'orgue ne fut introduit dans les églises que beaucoup plus tard, sous Louis le Débonnaire, en 830.

Pour remédier à l'inconvénient qui résultait de ces différentes liturgies, le pape saint Grégoire le Grand, élu en 590, fit un recueil de tous les chants sacrés qui étaient nécessaires au culte catholique, et ce sont ceux-là mêmes que, sous le nom de chant grégorien ou plain-chant, nous entendons aujourd'hui.

Bien qu'ils aient été un peu altérés dans le cours des siècles, le caractère général de ces chants est resté le même. Le *Kyrie*, le *Gloria,* le *Credo* et le *Sanctus* sont presque intacts. C'est plutôt la façon de les interpréter qui a changé.

Le chant grégorien ne fut apporté en France que sous Charlemagne, à la fin du VIIIe siècle ou au commencement du IXe.

Le grand empereur fit demander au pape Adrien de lui envoyer des musiciens experts dans le chant

grégorien, pour l'enseigner et le répandre dans les églises d'Occident.

Le pape Adrien fit partir de Rome deux savants clercs dont l'histoire a conservé les noms, Petrus et Romanus, qui vinrent à Metz pour y commencer leur enseignement. Ils apportèrent avec eux l'*Antiphonaire grégorien :* on appelait ainsi le livre qui contenait la musique sacrée. Le nom d'antiphonaire vient de *antiphonê*, qui veut dire « sons opposés, » parce que, habituellement, les chantres se divisaient en deux groupes et chantaient alternativement, en se répondant, de chaque côté du chœur. La maîtrise de Metz resta longtemps célèbre, et il s'y forma des maîtres chantres qui se répandirent dans le reste de la France. L'un d'eux, nommé Addalaldus, fut enterré dans l'église d'Argenteuil, où sa pierre tumulaire, qui datait du temps de Charlemagne, se voyait encore au siècle dernier.

On cite aussi le nom d'un chantre anglais, Eadredus, qui, étant devenu muet pendant les six dernières années de sa vie, ne retrouvait, dit-on, sa voix que pour chanter à l'église.

Rothlandus fut aussi un célèbre maître de chant de Metz, ainsi que Bernacer, maître chantre de l'église Saint-Sauveur, qui fut renommé pour sa science de la musique et des mathématiques.

L'éducation de la maîtrise ne comprenait pas seulement l'étude de la musique. Bien qu'elle fût le but principal de l'école, on y enseignait, en outre, la grammaire latine et les mathématiques.

On peut voir dans un règlement que Jean Gerson, chancelier de l'Université de Paris en 1355, écrivit pour les maîtrises de Paris les préceptes qui présidaient à la vie des enfants de chœur.

Après avoir parlé des devoirs du maître de la psallette, des devoirs religieux que les enfants avaient à remplir, il insiste pour que le maître du chant ne prélève pas trop de temps sur les leçons du maître de la grammaire. Il appuie aussi sur la nécessité de ne laisser parler les enfants qu'en latin, même entre eux. Ce règlement montre une sollicitude très grande pour la science aussi bien que pour l'art. Il descend aussi jusqu'aux détails de la vie matérielle. Il recommande que les enfants n'aient pas une nourriture trop abondante, qui pourrait nuire à la conservation de leur voix. C'était alors l'usage que les chantres s'abstinssent de viande, la veille du jour où ils devaient chanter; à cause de cela, on les appelait *fabarii* (mangeurs de fèves).

Quant à l'éducation musicale, elle était alors plus compliquée qu'aujourd'hui. Les signes de la notation étaient moins précis que ceux dont on se sert maintenant; ils laissaient plus de place à l'interprétation, et il fallait un long exercice pour former un bon chantre qui connût bien, outre la valeur des longues et des brèves, la signification des neumes ou ornements du chant. L'exécution du chant grégorien demandait moins à la difficulté matérielle et plus à l'intelligence; aussi, c'est une recommandation qui a été faite pendant tout le moyen âge, que

les chantres comprissent les paroles de la liturgie.

Pendant longtemps, le chant grégorien se chanta à l'unisson, et ce fut d'abord timidement qu'on essaya d'y ajouter plusieurs parties. Une tierce ou une octave à la fin d'une période étaient les seuls ornements que les chantres se permissent. Cependant la loi des corps sonores enseigna aux musiciens à accompagner le chant avec l'octave et la quinte : c'est ce que l'on appelait la *diaphonie*. Comme il n'était pas d'usage alors de noter les harmonies sur l'*Antiphonaire*, on apprenait aux enfants et aux chantres à improviser leurs parties en suivant des yeux la mélodie écrite. Bien des chanteurs modernes, et des plus exercés, auraient peut-être quelque difficulté à en faire autant, si simples que soient les harmonies qu'on leur demandât. Cette manière de chanter s'appelait *chant sur le livre*. Suivant l'abbé Lebeuf, c'est vers 1198 qu'on commença à organiser les voix. On appelait *organum* l'arrangement des voix à plusieurs parties. On ignore généralement à quels travaux longs, obscurs et pénibles nous sommes redevables de l'harmonie si simple de la gamme diatonique.

Une preuve de l'importance que l'Église attachait à l'enseignement du chant, ce sont les titres et le rang qu'elle assignait aux chefs de la maîtrise et du chœur.

Sans faire partie des ordres, ils avaient cependant une place dans la hiérarchie. Le chef du chant avait plusieurs noms, suivant les lieux et les temps ; on

l'appelait *primicerius cantorum*. Après lui venait l'*archiparaphonista*. On appelait aussi le chef du chœur *chori episcopus*. A Cologne, d'après un document de 1260, il portait le bâton épiscopal comme signe de sa dignité. On a trouvé plusieurs actes importants concernant des églises qui sont signés par le *chori episcopus* et les chantres. Petrus fut un maître chantre et docteur de l'académie de Paris. Dans l'église de Metz, qui produisit tant de musiciens savants, le *primicerius cantorum* prenait place parmi les prêtres.

Dans les monastères, le chef du chœur s'appelait l'*armarius*, c'est-à-dire qu'il était en même temps bibliothécaire. C'était une fonction élevée, même chez les moines qui furent illustres par les lettres.

On divisait aussi le chœur de la façon suivante :

Le *præcentor*, celui qui entonne le premier le chant ;

Le *succentor*, celui qui répond ;

Le *concentor*, celui qui chante dans le chœur.

Il y a aussi de nombreux exemples de chantres qui, par leur science et leurs vertus, méritèrent d'entrer dans les ordres et y occupèrent de hautes dignités.

D'après ce que l'on vient de lire, on peut voir que les maîtrises ont eu au moyen âge un rôle important dans l'éducation. Toute autre comparaison écartée, on pourrait leur trouver quelque analogie avec les gymnases de l'antiquité, où les jeunes Grecs venaient apprendre, sous le titre général de *musique*,

la science, les lettres et le chant des hymnes sacrés.

Mais la maîtrise catholique a eu une fonction bien importante aussi. Dans les temps durs et tristes du moyen âge, elle a été, comme bien d'autres institutions de l'Église, un asile pour l'art et un moyen de sortir de la servitude. Les édits de Charlemagne disent qu'on y doit recevoir les fils des hommes libres et ceux des serfs.

Abritées et perdues dans l'ombre des hautes tours des cathédrales, ces modestes écoles, où les enfants apprenaient à épeler la langue latine et à la faire résonner dans des chants sublimes, ces tranquilles maîtrises, indifférentes aux bruits du siècle, restèrent l'instrument vivant et harmonieux du culte chrétien. Depuis le IXe siècle jusqu'au XIIIe, elles enseignèrent le chant grégorien dans toute sa pureté. Elles produisirent un grand nombre d'ecclésiastiques éminents. Le pape Urbain IV, élu en 1261, pour n'en citer qu'un seul, fut élevé à la maîtrise de la cathédrale de Troyes.

A partir du XIIIe siècle, les progrès de l'harmonie et l'introduction de l'art profane vinrent troubler, en s'y mêlant, l'exécution du chant grégorien. Malgré les avertissements réitérés de l'Église, l'art musical, qui se développait, se glissa peu à peu dans la liturgie sans que rien pût l'en empêcher; le déchant, la musique figurée ou rythmée, les harmonies de l'orgue donnent à la musique *musicale* une importance de plus en plus grande.

L'éducation si bien équilibrée des anciennes maî-

trises fut peu à peu altérée au profit de l'art seul, et elles entrèrent dans une phase nouvelle qui prépara l'épanouissement de la musique symphonique et dramatique à la fin du siècle dernier.

Ce qui a fait la grandeur du chant grégorien depuis son origine jusqu'au XIIIe siècle environ, c'est qu'il fut plutôt la résonance agrandie et idéalisée de la langue latine que de la véritable musique, suivant le sens que nous donnons à ce mot.

En laissant de côté le rythme et l'harmonie, qui sont les éléments principaux de la musique profane, il gardait son caractère religieux et impersonnel; mais, à côté d'un style musical ayant un but déterminé comme celui dont nous parlons, il y a l'art instinctif du peuple qui s'élève ou s'affaiblit suivant les temps, mais qui existe toujours dans les danses, les chansons, etc. C'est cet art-là qui, profitant des progrès de l'art religieux lui-même, vint un moment en altérer la pureté.

Vers le XIIIe siècle parut en France une invention singulière qui avait pris naissance en Flandre. On faisait chanter à une des parties du chœur, le ténor habituellement, une chanson populaire, puis, là-dessus, les autres parties écrites en contrepoint faisaient entendre les paroles de la liturgie.

C'est ainsi que la chanson de l'*Homme armé*, *sous un buissonnet*, *Las! bel amy*..., et d'autres dont on ne pourrait même pas citer les vers, servirent d'armatures à une quantité de messes et de motets. C'est ce qu'on appelait le déchant. Cette inconve-

nante bizarrerie eut beaucoup de succès en France et se répandit même jusqu'en Italie. La musique religieuse en fut un moment très altérée et menaça de tourner au ridicule et à la confusion.

Parmi les arts qui concourent à l'ornement ou à la célébration du culte catholique, la musique est celui qui a donné constamment le plus de souci à l'Église. Les progrès de l'harmonie furent cause que l'orgue prit à son tour une importance très grande, et la fonction de l'organiste se sépara du chœur.

Au commencement, l'orgue n'accompagnait pas les voix; il ne faisait que répéter la strophe chantée; mais aussitôt que des artistes un peu habiles à jouer de cet instrument se formèrent, ils cherchèrent à briller et introduisirent des rythmes et des mélodies complètement étrangers à la musique sacrée.

Toutes ces nouveautés amenèrent du trouble dans les offices; les chantres, pendant la reprise de l'orgue, causaient ou riaient entre eux; enfin, dans une remontrance qui leur fut adressée par un évêque, on lit ceci, qu'ils ne font pas plus attention à la musique de l'orgue que les tuyaux de celui-ci ne les écoutent quand ils chantent. Plusieurs églises et monastères renoncèrent à l'usage de l'orgue, comme étant un sujet de scandale et de distraction. On fit un grand nombre de règlements pour en fixer l'emploi; mais les abus continuant, le concile de Trente, qui se réunit en 1545, fut sur le point de prohiber entièrement la musique à l'église. Parmi les reproches qu'on

adressait à la musique chantée à plusieurs parties, le plus grave était que l'harmonie et le mouvement de plusieurs voix chantant ensemble empêchaient d'entendre les paroles. Heureusement vivait alors à Rome un homme dont le génie soutenu par la foi sauva la musique du décret qui allait la condamner.

Palestrina, maître de chapelle du pape Marcel, fit entendre au concile une messe de sa composition qui non seulement éludait tous les défauts qu'on avait signalés, mais encore qui, par la beauté et les sublimités de ses effets, enthousiasma tellement les évêques qu'ils retirèrent leur motion et se bornèrent seulement à défendre l'usage du déchant.

La messe de Palestrina qui produisit cet heureux effet est connue sous le nom de *Messe du pape Marcel*.

Peu de temps après, on réforma aussi l'antiphonaire ; mais, dans le désir de lui rendre son caractère d'ancienne gravité, on alla trop loin et on retira du chant grégorien la plus grande partie des ornements, neumes, périélèses, etc., qui venaient d'une tradition reculée. Le chant grégorien en devint plus sec. Une autre réforme eut lieu sous le pontificat de Clément VIII, au commencement du XVIIe siècle. Il est certain que, bien que le chant grégorien soit resté ce qu'on peut entendre de plus beau à l'église, il a perdu avec ce qu'il avait de flexible une partie de sa variété et que, si on pouvait entendre une maîtrise du XIe siècle, par exemple, chanter une messe, on remarquerait de notables différences avec ce qui

se chante aujourd'hui. Ces longues cadences dont on se servait auparavant avaient, il est vrai, l'inconvénient de prolonger les offices au delà de ce qui était raisonnable et ce fut ce qui les fit supprimer; la *Messe dorée*, appelée ainsi à cause de la pompe avec laquelle elle était célébrée, ne durait pas moins de quatre heures.

La création d'un style différent du plain-chant amena des changements dans les maîtrises; elles gardèrent toujours leurs anciennes constitutions, en ce qui concernait l'éducation; mais la musique étant devenue un art plus compliqué, plus difficile matériellement, les chantres perdirent peu à peu ce caractère de clergie dont ils étaient revêtus pour devenir des artistes. Leur manière de vivre s'en ressentit.

Annibal Gantez, prieur de la Magdeleine, en Provence, maître des enfants de chœur à l'église cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre, a écrit, vers 1650, un livre très curieux sur les maîtrises et les chantres. On y lit que ces derniers étaient enclins au vin et à la bonne chère. Tout en condamnant ces défauts, Gantez recommande de n'être pas trop sévère, car, dit-il, un chantre fasché de ce qu'un maître ne le fera pas boire si souvent qu'il le souhaiterait, il dira par dépit que dans le motet il y a des fautes, etc.

Il cite une quantité de dictons du temps sur ce sujet, entre autres le suivant qui s'applique aux quatre voix du chœur : « *Dessus* friand, glorieuse *haute-contre*, sotte *taille* et ivrogne *basse-taille*. » Le quatuor est complet.

Comme il avait beaucoup voyagé et qu'il était venu à Paris, il donne les renseignements suivants sur les différentes manières d'administrer les maîtrises et sur les maîtres célèbres du temps. 1° les maîtrises vivaient en communauté avec les prêtres : Saint-Paul, à Paris; Marseille, Carpentras; 2° les enfants vivaient en dehors : Saint-Jacques de l'Hôpital, à Paris; Valence, Grenoble, Le Havre; 3° les enfants étaient nourris avec le maître par les soins d'un procureur : Notre-Dame de Paris; 4° le maître de la psallette nourrit les enfants : Auxerre, Montauban, Avignon. Cette dernière combinaison était la meilleure, suivant Gantez.

Pendant son séjour à Paris, Viellot était maître à Notre-Dame, Péchot à Saint-Gervais, tous deux excellents; mais Hautcousteaux, maître à la Sainte-Chapelle, les surpassait par ses compositions mélodieuses et habilement écrites.

Gantez termine son ouvrage par une lettre à un de ses amis finissant ainsi : « Après cela, je n'ai plus rien à vous dire, sinon qu'ayant été pourvu d'une chanoinerie par Mgr l'évêque d'Auxerre, je pense que je ne suis pas seulement obligé de prier pour sa prospérité et de m'en aller le remercier, mais encore de boire à sa santé. Pour cet effet, je traite aujourd'hui tous mes camarades, etc. »

Tous les artistes qui dirigeaient les maîtrises n'étaient pas seulement habiles à chanter et à composer; mais ils jouaient du luth ou de la viole, instruments de l'art profane. C'est ce rapprochement

de l'art sacré et de l'art profane qui fit qu'au XVIIIe siècle les maîtrises de France, d'Italie et d'Allemagne devinrent les laboratoires d'où sortirent tant de musiciens illustres au théâtre et dans la symphonie.

Rameau fut longtemps organiste à Clermont, en Auvergne; le P. Martini fut maître de chapelle à l'église Saint-François, à Bologne; Pergolèse remplit les mêmes fonctions à Notre-Dame-de-Lorette.

Bach, d'abord organiste à Weimar, devint maître de chapelle du prince d'Anhalt.

Haydn fut élevé à la maîtrise de Saint-Étienne, à Vienne; Mozart tint l'orgue de la cathédrale de Salzbourg pendant quelque temps. Tous ces grands hommes reçurent, dans la maîtrise, cette forte éducation mêlée de théorie et de pratique journalière qui seule peut former d'habiles artistes.

En France, les maîtrises subsistèrent jusqu'à la Révolution. On estimait à quatre ou cinq mille le nombre des enfants qui y apprenaient la musique. Maintenant il n'y a plus que quelques grandes villes comme Paris ou Lyon, qui aient des maîtrises offrant quelque analogie avec celles qui existaient autrefois.

UN

CONCERT AU XVIE SIÈCLE

Quand on parcourt l'histoire de la musique et les ouvrages anciens et modernes qui ont été écrits à son sujet, on constate que, depuis que cet art a pris une place importante dans les cérémonies et les divertissements de la civilisation, ce n'est pas seulement la langue musicale qui s'est profondément modifiée avec les siècles, mais encore que la situation sociale des artistes a bien changé aussi. La relation qui existe entre l'art lui-même et la place que tiennent dans la société ceux qui vivent de son exercice serait à étudier philosophiquement. Nous parlons ici, surtout, de l'art profane et non de l'art religieux, dont les phases sont beaucoup moins tranchées.

La situation d'un artiste musicien est aujourd'hui bien différente de ce qu'elle a été autrefois dans une société purement aristocratique. Aujourd'hui, il vit libre et indépendant dans le monde et ne relève plus que des difficultés de la vie, auxquelles per-

sonne n'échappe, et du public, le véritable seigneur et maître des temps modernes.

C'est celui-ci qui, grâce au goût qu'il a pour la musique, subvient maintenant aux frais toujours considérables de cet art, qui est un des plus grands luxes d'une société policée.

Autrefois, les concerts d'instruments joués par des exécutants habiles étaient réservés aux princes et aux grands seigneurs, qui seuls avaient les moyens de rassembler, pour l'ornement de leurs cours, un personnel nombreux et exercé.

Les premiers orchestres formés pour le divertissement des princes apparaissent dans les temps assez reculés; on a peu de détails sur leur organisation; les musiciens y étaient confondus avec le reste de la domesticité du prince.

Au XVIe siècle, leur situation, peu modifiée à cet égard, prend cependant une autre physionomie, à cause de l'importance qu'on accordait aux arts à cette époque.

Il existe un document très précis sur ce qu'était l'organisation musicale à la cour d'un prince italien, au XVIe siècle. Il se trouve dans un ouvrage didactique sur la musique, écrit par un célèbre musicien du temps, nommé Ercole Bottrigari, qui le publia sous le nom d'un de ses amis, Annibal Melone, doyen des musiciens de la seigneurie de Bologne en 1579.

Il raconte qu'ayant séjourné quelque temps à la cour du duc de Ferrare, il y a entendu des concerts d'instruments qui l'ont rempli d'admiration.

La date de la publication de son livre, qui fut imprimé à Venise en 1594, montre que c'était alors Alphonse II d'Este qui régnait à Ferrare.

Ce seigneur, qui avait passé sa jeunesse à la cour du roi de France, Henri II, en avait rapporté le goût des fêtes et des tournois. Sa cour réunissait les peintres les plus habiles et les hommes les plus célèbres de l'Italie; parmi eux brillait le Tasse, le célèbre auteur de la *Jérusalem délivrée*.

Toujours occupé de fêtes et de réceptions, la musique avait une grande place dans les divertissements de ce prince.

Bottrigari a écrit son livre sous forme de dialogue entre lui et un amateur de musique. Le mieux est donc de lui laisser la parole pour décrire ce qu'il a vu.

« Le duc, dit-il, a dans son palais deux grandes et belles salles, dites salles des Musiciens, dans lesquelles se tiennent les artistes au service de Son Altesse. Ils sont nombreux et comptent parmi eux plusieurs musiciens étrangers. Ils ont tous de bonnes voix et possèdent le plus agréable style dans la manière de chanter et de jouer des instruments.

» Ceux-là jouent du cornet, d'autres du trombone, d'autres du hautbois et du fifre.

» D'autres font résonner les violes et les rebecs; d'autres touchent les luths, les cithares, les harpes et les clavecins. Ces instruments sont rangés avec le plus grand ordre dans les salles où se trouvent aussi d'autres instruments curieux. »

On voit par ce passage qu'un orchestre, au XVIe siècle, se composait d'instruments autres que ceux dont on se sert aujourd'hui, et que le son qui résultait de leur ensemble devait être aussi très différent de ce que nous entendons.

Parmi les instruments curieux de la collection du duc, l'auteur cite un clavecin à double clavier, dont les touches noires étaient divisées en deux de façon à faire entendre des demi-tons, majeurs ou mineurs. La division de l'octave en douze demi-tons égaux n'était pas encore acceptée universellement.

La théorie musicale d'alors n'admettait pas cette égalité, et, pour mettre d'accord la théorie et la pratique, plusieurs compositeurs du XVIe siècle avaient été conduits à construire des clavecins destinés à faire entendre les trois genres harmoniques : le *diatonique*, le *chromatique* et l'*enharmonique*.

« On en joue rarement, dit Bottrigari, à cause de l'immense difficulté d'accorder les cent trente cordes différentes de l'instrument. Luzzacco, l'organiste du duc, peut seul le toucher, et encore faut-il qu'il compose spécialement pour l'instrument. »

Dans les salles se trouvaient aussi de grandes quantités de musique manuscrite et imprimée : « Les instruments, ajoute-t-il, doivent être tous en ordre parfait et accordés de façon à pouvoir être joués au premier signal. »

Voici maintenant comment on procédait pour organiser un de ces grands concerts de cérémonie.

« Quand donc le seigneur duc commande à Fio-

rino, son maître de chapelle et chef de toutes les musiques publiques, privées ou intimes, de rassembler son grand concert, ainsi qu'on l'appelle, ce qu'il ne demande qu'à l'occasion de la réception des cardinaux, ducs, princes et autres personnages, Fiorino transmet cet ordre à l'organiste Luzzacco; celui-ci prévient tous les musiciens et chanteurs dont nous avons parlé plus haut et fait savoir à toutes les personnes de Ferrare qui savent chanter ou jouer d'un instrument de se rassembler dans les salles de musique du palais. Après avoir fait non pas une ou deux répétitions, mais un très grand nombre, avec le plus d'attention et d'ensemble qu'il soit possible, le duc vient lui-même et, avec un jugement excellent, il fait les observations nécessaires pour animer les musiciens et les exciter à se faire honneur. »

Une difficulté très grande dans ces concerts était d'obtenir une justesse satisfaisante avec tous ces instruments qui n'avaient pas, comme aujourd'hui, une manière uniforme de s'accorder.

« Ce n'est, dit l'auteur, qu'à force de jouer toujours ensemble que les musiciens du duc de Ferrare sont parvenus à cette merveilleuse harmonie. »

On ne peut aujourd'hui que faire des suppositions sur le son que pouvait avoir une réunion d'instruments comme ceux qui composaient l'orchestre du duc de Ferrare.

Les violes avaient un son beaucoup plus doux que celui des violons; les nombreux instruments à cordes

pincées, comme les luths, les théorbes devaient fournir des accompagnements légers et agréables, tandis qu'au contraire le son des instruments à vent tranchait plus vigoureusement que dans nos musiques modernes.

On peut supposer que cet ensemble devait avoir une sonorité légère et gaie, sans être très brillante, très soulevée par le son des luths et des théorbes.

Quand on voit le sombre palais des ducs de Ferrare, bâti au milieu de la ville, entouré de profonds fossés remplis d'une eau verdâtre, on se figure le contraste qui résultait, les soirs de fête, de ces bouffées de musique aérienne et joyeuse sortant par les fenêtres illuminées de cette façade peu aimable.

Cette citadelle féodale, élégante dans son aspect menaçant, est une écorce qui semble bien rude pour contenir les strophes harmonieuses de l'Arioste et du Tasse mêlées aux doux accords des violes d'amour.

Cette musique était la musique officielle du duc, mais il en existait une autre non moins intéressante et qui montre un art plus intime.

La duchesse avait aussi sa musique particulière.

D'après la reconnaissance exprimée par Bottrigari, de l'honneur qu'il reçut d'y avoir été admis, il semblerait que ce concert fût réservé à l'intimité la plus étroite. Sans doute la réputation de ce musicien et son autorité avaient motivé une exception en sa faveur.

Il parle d'abord de trois jeunes dames de la cour qui chantaient habituellement chez la duchesse.

« Ce sont les vivantes et véritables images des Grâces! » dit-il dans son enthousiasme.

Mais ce n'est pas tout; il y a quelque chose de plus extraordinaire : c'est un concert d'instruments joués par des femmes.

« Elles se rassemblent dans une salle où est préparée une longue table, sur l'un des bouts de laquelle se trouve un clavecin. (Ces instruments étaient alors très petits et se posaient sur les tables.) Vous les voyez entrer une à une, doucement, portant chacune leur instrument, soit à vent, soit à cordes, car elles s'exercent sur tous.

» Elles s'approchent en silence de la table et s'assoient à l'endroit qui leur est désigné, ou bien elles restent debout, selon l'instrument dont elles jouent. Enfin, celle qui fait les fonctions de chef d'orchestre, la *maestra del concerto*, s'assoit du côté de la table opposé au clavecin et, avec une longue et élégante baguette, après qu'elle a observé si toutes les dames sont prêtes, elle donne le signal et continue à marquer la mesure.

» Alors, elles commencent à chanter et à jouer; et, en les entendant, vous sentiriez une harmonie telle que vous croiriez être transporté sur l'Hélicon et jouir du concert des Muses. »

Il ne faut pas s'étonner des comparaisons profanes de l'auteur, elles sont dans le goût du temps.

Ces muses étaient les religieuses d'un couvent de Ferrare, situé dans le voisinage du palais.

« Elles sont au nombre de vingt-trois, ajoute-t-il;

elles ne se font entendre qu'aux grandes fêtes religieuses, ou pour honorer la visite de quelque prince; mais jamais autrement, et elles n'exécutent pas toute sorte de musique. »

Pour concevoir tout le charme d'une pareille exécution, il faut se reporter au temps où écrivait le narrateur. La musique n'avait pas alors les allures orageuses qu'elle prend maintenant jusque dans les compositions les plus modestes.

Comme tous les autres arts, pendant cette période exquise qu'on appelait la Renaissance, la musique recherchait avant tout le charme, la beauté, l'euphonie; si on joint à cela l'exécution discrète, sereine, idéale que possédaient les religieuses de Ferrare, on comprend aisément l'enthousiasme de Bottrigari. Il les aura sans doute entendues chez la duchesse, dans quelque réception peu nombreuse.

Peut-être était-ce chez la sœur du duc de Ferrare, Éléonore d'Este, pour laquelle le Tasse fut pris d'un amour dangereux qui le fit enfermer sept ans comme fou. Cette liaison avec un des plus grands poètes de l'Italie la désignerait plus que toute autre à cette aimable fréquentation des arts, qui forme autour des puissances de ce temps une auréole bien utile à leur mémoire.

LA MUSIQUE DES ARBRES

Le mois d'août est celui de la plus grande sécheresse musicale; presque toutes les sources sont taries ; les flots d'harmonie, qui s'échappent avec abondance en hiver des théâtres et des concerts, ont changé leurs cours et sont allés rafraîchir les âmes altérées des buveurs d'eau ferrugineuse ou sulfurée.

L'Opéra seul verse son imposante cascade sur la tête des nobles étrangers qui viennent visiter Paris. (Les étrangers qui dépensent leur argent dans une ville sont toujours nobles.)

Avec le mois de septembre vont venir les pièces nouvelles, les reprises des anciennes, les débuts d'acteurs nouveaux, etc. Il n'y aura que l'embarras du choix, aussi bien pour le dilettante que pour le chroniqueur.

L'Opéra-Comique, le Théâtre-Lyrique, la Renaissance et d'autres vont rouvrir leurs portes à un public empressé.

En attendant les soirs fortunés où nous serons admis à voir représenter toutes ces belles choses, nous conseillons aux amateurs de musique, particulièrement à ceux qui sont à la campagne, d'écouter le concert que la nature leur donne gratuitement. En y apportant un peu d'attention, ils entendront une musique orchestrée avec une variété surprenante.

Les éléments principaux de cette musique rurale se composent, comme on le sait, de chanteurs, ce sont les oiseaux, et d'un orchestre dont les instruments sont les arbres et les eaux.

Le bruit du vent dans les arbres n'est pas, il est vrai, un son absolument musical; il a cependant une valeur expressive, puisqu'il nous émeut quelquefois. Il semble donc que la nature n'ait pas dédaigné ce moyen de nous toucher, puisqu'elle a eu soin d'y mettre des nuances très diverses, comme pour parler à notre imagination.

En effet, tous les feuillages n'ont pas le même son ; il y a des arbres que le vent fait gémir, d'autres qu'il fait seulement murmurer ; quelques-uns deviennent bavards. Ces faits sont bien connus, et il ne serait personne qui, conduit dans un bois les yeux bandés, ne reconnût s'il se trouve dans un bois de peupliers ou un bois de sapins.

En citant ces deux sortes d'arbres, nous avons nommé ceux qui, dans nos contrées, produisent les sons les plus différents.

Le peuplier-tremble, surtout, est le plus sonore;

le moindre vent l'agite et fait bruire sa ramure. En observant alors le son qui se produit, on remarque que son timbre particulier provient surtout du frottement des feuilles les unes contre les autres. Ce sont des milliers de petites cymbales qui frémissent au moindre zéphyr et s'entre-choquent avec un bruit particulier.

Comme ce n'est pas un son musical, il nous a été impossible d'en déterminer la hauteur par rapport au *la* du diapason.

C'est un son qui n'est pourtant pas grave et qui nous a paru se tenir dans la partie la plus élevée des sons moyens. Il nous a semblé aussi que les peupliers, quelles que fussent leur grandeur et l'abondance de leur feuillage, étaient tous à l'unisson. Il est à remarquer aussi que la nature a disposé la feuille du peuplier et du tremble avec l'intention manifeste d'en faire un arbre bruyant. Elle est soutenue par une queue longue et flexible qui permet à la feuille de se mouvoir facilement.

L'étymologie du mot peuplier, *populus*, peuple, a déjà dû être expliquée par le bruit de ce feuillage mobile, semblable à celui que fait la multitude qui s'émeut et s'élève au moindre souffle.

Le timbre particulier des sapins n'est pas produit par le même procédé que celui des peupliers.

A moins d'un vent très violent, les branches du sapin ne s'entre-choquent pas; les aiguilles vertes qui les garnissent ne frottent pas les unes sur les autres; c'est le vent qui, passant entre elles, produit

une sorte de sifflement qui, multiplié par leur nombre considérable, donne la sensation du bruit lointain et continu des flots de la mer venant mourir sur une plage de sable.

Harmonie triste et rêveuse, il en est peu de plus caractéristique dans la nature, ni de plus mélancolique.

Les voix des différentes sortes d'arbres verts se ressemblent beaucoup. Dans le feuillage des noirs cyprès qui ombragent les tombes, il semble qu'on entend le passage des esprits, pareil au vol silencieux des oiseaux de nuit.

Le son du vent dans les sapins est beaucoup plus musical que celui du peuplier. C'est un son grave et variant de hauteur avec la force du vent. L'acacia aux feuilles molles et souples n'a qu'un murmure très fin et très aigu.

Un des bruits les plus charmants est celui des blés agités par une légère brise, quand ils sont déjà jaunes et prêts à être coupés. C'est un chuchotement discret et léger qui semble très élevé dans l'échelle des sons.

Aucun *crescendo* de l'orchestre le plus habile ne peut rendre celui que le vent exécute dans un champ de blé. Il commence et finit dans le silence avec une ténuité insaisissable à l'oreille. Du reste, le *crescendo* est un des grands effets de la nature, on pourrait lui reprocher même d'en abuser. Mais Rossini, le grand maître italien, n'en a-t-il pas été lui-même un peu prodigue? bien qu'il ne se piquât

pas d'être un observateur de la nature, il l'a pourtant suivie d'assez près dans cet artifice musical.

Je doute que, parmi les auteurs modernes qui affectent de mépriser ce moyen, il y en ait un qui soit capable de mener à bien un de ces *crescendo* olympiens comme celui seulement de l'ouverture de *Sémiramis*.

Le *rinforzando*, c'est-à-dire le coup d'archet brusque, est très rare dans la nature et ne s'entend que dans les tempêtes, quand des paquets de vent viennent s'abattre sur les bois.

Il n'y a pas que le bruit des arbres qui fasse sa partie dans le concert instrumental donné par la nature; la voix de l'eau, quoique beaucoup moins forte, est aussi très importante. Nous ne parlons pas ici de la mer; ses voix formidables ont des harmonies spéciales. Dans la campagne, le bruit des eaux se mêle à celui des arbres et forme quelquefois des dialogues charmants. En voici un exemple observé par nous-même :

Au milieu d'un petit cours d'eau qui coulait très également et assez vite, quelques pierres qui se trouvaient dans le milieu faisaient bouillonner l'eau et produisaient une sorte de chant composé de trois ou quatre notes très rapprochées et babillant les unes à côté des autres d'une façon très irrégulière. Les sons étaient assez semblables à ceux de la flûte et correspondaient aux notes hautes de la seconde octave de cet instrument.

Le vent, en passant entre les arbres qui ombrageaient le ruisseau, faisait de temps en temps courir comme de longs accords d'instruments à archet, couvrant en partie le murmure de l'eau qui, une fois le silence rétabli, reprenait sa chanson cahoteuse.

Il est impossible de se figurer les variations d'effet obtenues avec des éléments aussi simples et en apparence si monotones. C'était un charmant *scherzo* de symphonie avec son rythme, son motif et son orchestration.

Quand l'attention est appelée sur quelques-unes de ces compositions sonores de la nature, on ne tarde pas à en découvrir quantité d'autres de caractères différents. La mer, la forêt, la cascade, le rocher font entendre à chaque instant des rudiments de musique instrumentale dont les effets, les oppositions, les relations pour mieux dire, peuvent se transporter dans le domaine de l'art.

Si, comme on le prétend, les hommes ne trouvent plus d'inspiration en eux-mêmes, ils ont encore dans la nature des modèles et des formules qui peuvent les aider singulièrement. Mais ce n'est pas par une imitation matérielle et servile qu'on arrive à cette transposition : c'est en observant les rapports et les valeurs relatives des effets que la nature met en jeu, qu'on peut les transformer en œuvres d'art.

On ne peut guère les noter exactement; il faut surtout les sentir et en être ému, sans quoi l'ou-

vrage qui les reproduirait serait froid et sans charme.

Mais, dans les arts, qu'il s'agisse de la représentation des choses humaines ou de celles de la nature, l'émotion n'est-elle pas le point de départ de l'invention?

LA MUSIQUE EXOTIQUE

A L'EXPOSITION DE 1878

En attendant que la salle du palais du Trocadéro retentisse du bruit des splendides fêtes auxquelles sont conviés les musiciens du monde entier, nous croyons devoir signaler la musique des tziganes, établie près du pavillon des vignobles de Hongrie. Il est logique, en effet, de décrire les produits naturels et instinctifs d'un art avant ceux qui proviennent de la théorie et du raisonnement. La musique des tziganes est bien un produit du sol de la Hongrie; autant et plus peut-être que son vin d'or de Tokai et ses généreuses vendanges, elle porte dans les nerfs et les veines des auditeurs une chaleur spiritueuse et un mouvement intense. Il ne faudrait pas s'imaginer que, pour être géniale et instinctive, la musique tzigane soit grossièrement bruyante ou seulement à l'état d'intention artistique; elle est, au contraire, pleine d'élégance, de sons brillants, d'harmonies délicates et étranges, et, bien qu elle soit

jouée seulement de mémoire et par tradition, elle n'a encore rien perdu de son primitif éclat.

Établie sur la terre des Madgyars depuis un temps immémorial, cette race singulière des tziganes, zingari, bohémiens, comme on voudra les appeler, s'est faite l'interprète de la musique nationale de ce pays.

Comment ce phénomène s'est-il produit? On ne le sait. Est-ce le sentiment musical des Hongrois qui s'est imposé aux tziganes, ou bien est-ce la musique traditionnelle de ceux-ci qui a peu à peu charmé le peuple? Ce qui est certain, c'est que l'exécution de ces musiciens ne ressemble à celle d'aucune autre nation européenne : elle a des énergies et des langueurs, des échappées et des retours d'une originalité saisissante et qui appartiennent au plus grand style de l'art musical. Si quelques-unes de leurs mélodies, dont la grâce est si particulière, sont propres à la race des tziganes, elles sont d'une antiquité incalculable, car ils se les transmettent uniquement par tradition, et l'on croit qu'ils sont originaires de l'Hindoustan. Les musiciens tziganes sont, dans l'art musical, ce que les rapsodes ont été en Grèce pour la poésie d'Homère, les interprètes d'une époque musicale héroïque dont leur race est restée dépositaire.

Depuis longtemps ils ont le talent d'exciter l'enthousiasme des Hongrois; il n'est pas de fêtes aristocratiques ou populaires où leurs orchestres ne soient demandés, et leurs airs de danse, aux rythmes

ardents, ont le don d'entraîner tout le monde dans leurs tourbillons.

Ce résultat est obtenu avec un orchestre qui se compose d'une douzaine d'exécutants : des violons, une clarinette assez aiguë, deux basses et contre-basses et un instrument qu'ils appellent le *cymbalum*.

C'est au cymbalum qu'est due, en partie, la sonorité originale d'un orchestre tzigane.

Le cymbalum, appelé aussi *tympanon*, est un instrument fort ancien, dont l'usage était assez fréquent au XVIe et au XVIIe siècle; il consiste en une caisse harmonique plate, ayant la forme d'un trapèze ou, si l'on veut, d'un triangle tronqué dont la base la plus large a environ un mètre et demi.

Il supporte des cordes métalliques tendues transversalement. On pose l'instrument à plat, sur une table, et l'exécutant, ayant un petit bâton d'ébène recourbé, un *plectre*, dans chaque main, frappe sur les cordes pour les faire vibrer.

Le cymbalum produit un son un peu analogue à celui du piano, mais beaucoup plus brillant et plus considérable, eu égard à la dimension de l'instrument.

Les artistes habiles exécutent sur le cymbalum des passages rapides de tierces et de sixtes, des arpèges et toutes sortes de traits brillants qui voltigent au milieu des sons mordants des instruments à archet, et leur font comme un cortège innombrable de sons. Grâce au cymbalum, un orchestre peu nom-

breux arrive à une très grande diffusion de sonorité sans cependant aucun tapage.

Les compositions qui sont exécutées avec les moyens que nous venons d'indiquer sont généralement des marches ou des airs de danse. La *Marche de Ragotzky*, l'air national des Hongrois, est une des plus belles compositions de ce genre. Berlioz l'a orchestrée pour les concerts français; mais seuls les musiciens hongrois savent la jouer avec la fierté et l'allure chevaleresque qui lui conviennent. Ce qu'il y a de plus curieux dans le répertoire des tziganes, ce sont certains airs de danse intitulés *csardas*. Ils sont formés de deux mouvements. Le premier, sorte de prélude appelé *hassa*, est une mélodie lente et passionnée, le plus souvent dans le mode mineur, dont le motif principal, tout brodé de notes accessoires, tantôt s'élève avec force suivi de tous les instruments, tantôt vient retomber mollement avec eux comme une vague de sons qui s'étale doucement sur le sable. Il est difficile de faire comprendre le charme étrange et complexe de cette sorte de récit instrumental. Pendant les fêtes hongroises, les couples, avant de s'élancer, écoutent dans le plus grand silence ce prélude qui semble dépeindre les sentiments amoureux qui les animent.

Soudainement, la danse vive, la *frisch*, éclate avec son rythme enragé; la mélodie, pressée sous les archets nerveux, part comme un cheval échappé, tandis que le *cymbalum*, frappé des deux plectres à la fois, remplit l'air d'une poussière d'étincelles sonores.

Ces rythmes rapides, qui quelquefois fléchissent un moment pour reprendre avec plus d'ardeur, vous battent dans les nerfs de façon à donner presque du malaise. Aucun autre orchestre de danse, fût-il secondé des grosses caisses les plus vigoureuses, n'arrive à un pareil effet. C'est que, dans la musique des tziganes, tout concourt à le produire, le motif de l'air, les harmonies admirables, la sonorité légère comme un tourbillon de vent et, enfin, les nerfs et le sang d'une race qui semble avoir été spécialement organisée par la nature pour jouer des instruments de musique.

La musique des tziganes acquit son plus haut degré de perfection au XVIIIe siècle. Encouragés par le goût de la nation hongroise, les musiciens bohémiens produisirent des virtuoses violonistes qui furent célèbres aussi comme chefs d'orchestre. Parmi eux, on cite le violoniste bohémien Barnu, qui fut attaché à la maison du cardinal Czaky. A la fin du siècle dernier, Bihari acquit aussi une très grande réputation comme chef d'orchestre et violoniste.

Les grands seigneurs avaient alors à leur solde des bandes de ces musiciens tziganes qui figuraient dans les cérémonies et dans les fêtes. L'enthousiasme qu'ils excitaient était tel quelquefois, qu'après la danse le chef d'orchestre, faisant le tour de l'assemblée avec un plateau de vermeil, y recueillait de riches offrandes, et les dames y laissaient tomber leurs bracelets.

L'orchestre tzigane qui est venu cette année à

l'Exposition, et qui est établi au restaurant hongrois, est un des meilleurs que nous ayons entendus. Quelques-uns des exécutants ont le type très prononcé de leur race : les cheveux noirs, la figure bistrée, les yeux ardents des vrais zingari. Leur chef, M. Berkes Lajos, a un coup d'archet d'une rare énergie. Il a composé plusieurs belles *csardas* dans le caractère original et traditionnel.

Cette musique exerce sur certaines organisations un attrait qui a quelque chose d'un sortilège. On revient sans cesse, et les rythmes enfiévrés, les accords mélancoliques, les chocs étincelants du cymbalum vous restent dans l'oreille longtemps après qu'on les a entendus. Il n'y a rien dans l'art musical écrit et composé qui puisse être comparé aux *csardas* hongroises, si ce n'est peut-être quelques-uns des allégros des derniers quatuors de Beethoven, où on retrouve une fureur de rythme, des élans et des retombées de phrases qui font penser aux tziganes.

Depuis l'Exposition de 1867, époque à laquelle ils sont venus pour la première fois à Paris, on peut observer que l'influence de leur musique s'est fait sentir chez plus d'un compositeur nouveau, non pas par une imitation directe, mais d'une façon presque inconsciente. La séduction de cette musique capiteuse s'explique facilement par le contraste qu'elle offre avec l'exécution correcte et savante, mais froide, des orchestres français.

Une autre curiosité musicale de l'Exposition, c'est l'orchestre tunisien. Il est installé dans une petite

salle demi-circulaire, dont la disposition est celle d'un café oriental. Au fond, sur une estrade, sont quatre musiciens en costume de leur pays. L'un tient un luth, joli instrument ayant la forme d'une grosse mandoline, et qui porte, en langue arabe, le nom harmonieux de *aoud*. C'est ce genre d'instrument dont l'usage se répandit en Europe autrefois et qui, au XVe et au XVIe siècle, faisait le fonds d'accompagnement de tous les premiers orchestres d'Italie. Le second musicien joue d'une sorte de petit violon de forme oblongue, qu'il tient appuyé contre sa poitrine ; c'est le *rebab* qui, sous le nom de *rebec*, était aussi en usage en Europe pendant le moyen âge. Le troisième instrument est un petit tambourin garni de cliquets de cuivre comme le tambour de basque.

Le quatrième musicien frappe de ses dix doigts avec beaucoup d'adresse sur la *derbouka*. C'est un tambour en terre cuite, qui a la forme d'un vase demi-sphérique avec un goulot très large. L'exécutant passe le col de cet instrument sous le bras gauche et frappe sur la peau qui garnit le fond de la partie sphérique.

La musique exécutée par ces quatre musiciens est naturellement de la musique dans le style arabe. Pour en apprécier le caractère, il est nécessaire de sortir des habitudes de nos oreilles européennes. Autant la musique des tziganes est alerte, brillante et variée de ton, autant celle-ci est traînante, monotone, nasillarde et pauvre.

L'*aoud* et le *rebab* jouent à l'unisson une mé-

lodie presque toujours dans le ton mineur, dont le rythme monotone est marqué par le tambourin et la *derbouka*. Dans les morceaux chantés, chaque strophe est répétée par les deux instruments à cordes seuls. Le timbre nasillard de la voix des chanteurs et celui du *rebab*, qui ne l'est pas moins, se renvoient les répons de ces singulières litanies avec une nonchalance et un dédain des nuances qui aboutiraient certainement à plonger les auditeurs dans un engourdissement complet, si les allées et venues des garçons et du public ne les empêchaient de s'y laisser aller. Le chant assoupissant des cigales pendant les lourdes chaleurs du Midi sont le meilleur terme de comparaison qu'on puisse appliquer à cette singulière musique. L'instrument qui met le plus de variété dans son jeu, c'est la *derbouka;* suivant que l'exécutant le frappe sur les bords ou dans le milieu, il en tire des bruits très différents de hauteur et de timbre, et, grâce à l'agilité extrême de ses doigts, il produit une grande diversité de rythme.

Ce divertissement musical est véritablement trop exotique pour que nous en puissions être plus charmés qu'étonnés. Cependant les gens qui ont voyagé dans les pays d'Orient retrouvent dans ce petit café tunisien une partie de leurs impressions. Mais, de leur aveu, il y manque la mise en scène complète : une lumière et une chaleur intolérables au dehors, un silence complet de l'auditoire au dedans, un demi-jour, pas de mouvements et de temps en temps une bouffée d'air apportant du dehors un parfum de

jasmin ou de citronnier qui vient se mêler à la fumée des narguilés.

En sortant de ce café tunisien on peut avoir la chance, à certaines heures, d'entendre tinter dans le lointain, du côté de l'École-Militaire, le son d'une grosse cloche qui est exposée dans les annexes des sections étrangères.

Si, pour aller l'entendre, on passe par la galerie des machines, on percevra, là encore, une nouvelle harmonie; mais celle-là n'est pas préméditée. C'est le murmure confus de la vie métallique : les trilles grinçants des bobines de filature, les ronflements sourds des volants énormes, les coups secs des échappements, toutes sortes de frottements doux ou rudes, dont la clameur vague remplit l'immense galerie.

A mesure qu'on avance, les battements de la cloche deviennent plus forts; enfin on arrive devant ce son démesurément lugubre, qui vous frappe en pleine poitrine. Ce tintement grandiose plonge tous les autres bruits comme dans l'ombre des rues tortueuses d'une ville du moyen âge, et l'impitoyable battant écrase sous ses coups sinistres tout ce qui restait dans le souvenir des harmonies brillantes des tziganes et des traînantes mélopées tunisiennes.

Mardi 14 mai 1878.

ANTIQUITÉS MUSICALES

On ne peut se dispenser, dans quelque art que ce soit, d'étudier les ouvrages des maîtres, afin d'y apprendre les procédés et le langage technique qu'ils parlent avec assurance. Mais, dans une époque comme la nôtre, où tout est si compliqué, si plein de nuances, c'est un bien grand repos quand on peut rencontrer une source d'art un peu primitif; on en éprouve comme un rafraîchissement des sensations artistiques.

La musique, qui menace de tourner à l'enchevêtrement gothique, aurait bien un peu besoin de remonter à ses principes naturels. Mais, pour trouver le véritable point de départ d'un art, ce n'est pas dans les livres qu'il faut aller fouiller : c'est dans l'instinct du peuple que se fonde l'art raisonné, qui se développe et se modifie ensuite par l'expérience.

Pour pouvoir en retrouver les premières traces,

il faut qu'il en reste quelques traditions et que l'exécution s'y conserve avec assez de pureté. Il ne manque pas d'ouvrages imprimés où l'on retrouve des fragments de notre ancienne musique nationale; il n'en reste malheureusement que fort peu qui soient encore chantés par le peuple. Les Français, sous ce rapport, ont perdu de leur originalité musicale. Les refrains de café-concert ont envahi la place et se répandent avec une rapidité inexplicable; chez nous, la musique toute faite a remplacé celle qui se créait d'instinct.

Les anciennes chansons françaises avaient cependant une saveur très particulière; quelque chose de doux avec de la gaieté, dont le terre à terre n'était pas sans charme et jamais commun. Mais qui les chante encore? C'est à peine si, dans les campagnes les plus reculées, on entend quelques bribes de cette musique nationale. Je me rappelle cependant des fragments bien charmants que chantait une femme des environs de Nevers, qui était nourrice d'un de mes enfants, un jour qu'elle endormait celui-ci dans le jardin, par un après-midi où tout était accablé tellement de chaleur que les insectes eux-mêmes en restaient immobiles dans les rayons du soleil, comme dans un morceau d'ambre.

Elle chantait à demi-voix une sorte de mélopée en patois, d'une douceur exquise, d'un rythme monotone, se confondant avec le bourdonnement qui remplissait le jardin.

La tonalité ancienne de cette chanson se fai-

sait reconnaître par l'absence de note sensible et l'indécision entre le majeur et le mineur, qui est souvent un signe caractéristique de l'ancienne musique.

Je n'ai pu réussir à noter convenablement cette berceuse, qui était certainement un morceau très rare.

Il est bien fâcheux qu'on n'ait jamais pensé à recueillir ces chants si originaux de nos campagnes; mais, en France, il semble que tout ce qui procède de notre instinct naturel soit destiné à toujours être dédaigné.

Les mélodies anciennes sont assez faciles à reconnaître par le rapport qu'elles ont avec la tonalité de la musique d'église. Nous les signalons à nos lecteurs.

Il serait peut-être temps encore d'en recueillir quelques-unes; mais il faut se presser. Le difficile, c'est de les noter au passage. Quand on veut les faire répéter aux gens qui les savent, ils les altèrent en cherchant à les préciser, et, d'ailleurs, la notation ne peut qu'en rester approximative quant au rythme; mais on peut y suppléer avec des indications écrites.

Si charmantes que soient ces vieilles chansons, elles sont restées très loin de ce que l'on appelle aujourd'hui la musique; en France, l'écart est maintenant très grand entre la musique populaire et la musique artistique et facturée.

En Italie, au contraire, où l'instinct musical du

peuple est très vif, l'écart est bien moindre, et, jusqu'à un certain point, la tradition populaire est plus pure aujourd'hui que celle des artistes italiens qui font leurs études de l'art musical. Enfin, un peu comme dans l'antiquité, la musique, en Italie, se trouve mêlée à une quantité de circonstances de la vie familière.

En voici un cas assez curieux dont j'ai été témoin à Naples.

J'habitais le quai de Sainte-Lucie, célèbre par ses boutiques de coquillages maritimes, qu'on nomme fruits de mer.

On y vient se régaler le soir et choisir dans ces petits étalages, où les fruits de mer, mouillés et frais, sont disposés avec un art infini, comme s'ils n'étaient pas destinés à être vendus. Ils reposent sur des algues, des varechs d'un vert émeraude, rendu plus dur par la lueur des bougies qu'agite à peine la brise clémente du golfe.

En rentrant le soir, je passais devant une des ruelles qui viennent aboutir au quai et qui forment comme des fissures entre les hautes maisons qui le bordent. Dans cette impasse, habitée par de pauvres gens, j'aperçus des lumières et j'entendis le son des instruments.

En y pénétrant, je vis devant moi les silhouettes des gens qui entouraient un groupe de musiciens éclairés par une vive lueur de flambeaux.

Cette lumière illuminait les façades blanches des maisons, éclairant le dessous des corniches et pro-

jetant leur ombre à l'envers; des têtes penchées entre des loques multicolores et reflétées aussi par-dessous sortaient à toutes les fenêtres. Au fond de l'impasse, une madone avec l'enfant Jésus, aux pieds de laquelle clignotait la petite lampe traditionnelle, regardait ce spectacle d'un air bienveillant.

Un des assistants m'expliqua que la sérénade était donnée en l'honneur de deux nouveaux mariés qui venaient de rentrer chez eux.

Je vois encore, à une grande fenêtre du second étage, le profil coloré de la jeune femme et les riches ondulations luisantes de sa chevelure noire; elle se penchait en souriant vers le groupe des musiciens, tandis que de temps en temps un autre profil barbu venait la dépasser, comme dans une médaille double. Au-dessus de cette étroite ruelle, dont les hautes murailles s'achevaient dans la demi-obscurité, le ciel faisait comme un plafond étoilé.

Le petit orchestre se composait d'un violon, d'une flûte, d'une guitare et d'un trombone; le tout accompagnait un chanteur.

Après quelques mesures de prélude, le chanteur entonna une sorte de cantilène en mode majeur, très lente, peu rythmée, tenant le milieu entre le récit et la mélodie. C'était, pour le caractère et le sentiment, quelque chose ressemblant à un adagio de Mozart, moins, bien entendu, le fini et la perfection de l'art.

Le ténor chantait à pleine voix, dans le registre le

plus haut, presque sans nuances, comme l'oiseau qui donne tout ce qu'il peut de son.

Les musiciens l'accompagnaient avec les trois accords simples de tonique, sous-dominante et dominante, qui suffisent aux mélodies qui ne parcourent que les degrés de la gamme diatonique.

Ils suivaient avec beaucoup d'art toutes les progressions de la voix; la flûte ajoutait des ornements sur les montées ou les abaissements du son, le violon suivait le chant à l'unisson ; l'harmonie était plaquée par la guitare, et le trombone donnait très doucement les notes tenues de la basse.

Cette musique indolente et passionnée montait entre les hautes maisons, entraînant avec elle les paroles sonores et un peu nasillardes du dialecte napolitain.

C'était bien de la musique populaire, traditionnelle, non écrite, car à chaque strophe l'accompagnement changeait d'inspiration. Et, d'ailleurs, tout cela, théoriquement, était assez imparfait. D'où venait ce sublime épithalame? Je m'accuse ici d'avoir négligé de m'en informer, étant à l'âge où on ne recherche pas curieusement les impressions et où elles viennent vous trouver de force. Il paraît cependant que j'ai eu là une bonne fortune très rare. Des Napolitains de mes amis m'ont assuré que ce chant est très ancien, qu'on n'en connaît pas l'origine et qu'il est très admiré à Naples même; mais qu'on ne l'entend plus que très rarement. La tradition s'en perd, et ce n'est que dans la

partie de la population la plus retirée qu'elle s'est conservée.

Ce n'est que bien des années plus tard que j'ai pu rattacher le souvenir de ce que j'avais entendu à une tradition ancienne. C'était l'usage, dans l'antique Italie, de reconduire les nouveaux époux, le soir, à leur maison, au son des voix et des flûtes, et de s'arrêter devant la porte pendant que l'époux, prenant sa femme entre ses bras, lui faisait franchir le seuil sans que ses pieds y touchassent, ce qui aurait été d'un mauvais présage. On peut, par hypothèse, rapprocher cet antique usage de la cérémonie musicale ci-dessus.

Cela expliquerait le caractère si peu moderne de la mélodie que le chanteur envoyait aux étoiles du fond de cette ruelle infecte.

Il est certain qu'il ne restait pas une note du chant antique; mais, ce qui est demeuré permanent, c'est le sentiment poétique et son rapport avec la situation, qui s'exprimait peut-être un peu différemment autrefois, mais dont le fond est resté le même.

L'exécution aussi était inimitable d'ensemble et de fantaisie bien réglée; c'était de l'art naturellement organisé et qui avait la souplesse de l'improvisation.

Certainement l'Italie a une beauté banale qu'on a trop souvent vantée et dont on est un peu rebattu; mais elle a encore bien des traditions musicales qu'on ne remarque pas, enfouies qu'elles sont sous un

art plus moderne qui les recouvre, comme le sol actuel nous cache les débris de l'architecture et de la statuaire antiques.

Une autre musique, d'un caractère tout différent de celui que je viens de rapporter, ne m'a pas moins frappé par sa grandeur primitive.

Étant à Amalfi, par un assez triste temps, je me promenais avec ennui au bord de la mer. Le ciel et l'eau étaient absolument ternes et gris, comme deux plaques d'étain superposées. La mer ne faisait aucun bruit, et quand, par hasard, une toute petite frange d'écume venait blanchir le rivage, elle vous faisait tressaillir, tant l'eau paraissait endormie.

J'entendais, d'une façon intermittente et à peine sensible, comme des sons qui venaient du large; c'étaient véritablement comme les paroles qui dégèlent en l'air, dont parle Rabelais.

Je voyais sur la mer des barques de pêche comme des points noirs, et je ne pouvais supposer que les sons vinssent d'aussi loin. Peu après, elles se rapprochèrent, et je pus m'assurer que les chants partaient de là.

C'était une strophe chantée par une voix seule et qui se terminait au dernier mot par l'accord parfait majeur du ton, prolongé aussi longtemps que possible par les autres voix.

Chaque personne de l'équipage chantait à son tour, ce qui variait l'expression et le caractère de la strophe; c'était tantôt la voie cassée d'un vieil-

lard, tantôt l'organe guttural d'un adolescent; un ténor, une basse la disaient ensuite. Je me rappelle même une voix chevrotante comme celle d'une vieille femme, qui dans l'éloignement produisait un effet étrange et mystique; puis, toujours à la fin, le majestueux accord qui s'étendait en nappe tranquille sur la mer immobile et silencieuse : c'était une récitation ornée de ports de voix, de prolongements de sons, presque sans rythme ou d'un rythme dont les périodes étaient très longues.

La tristesse mystérieuse de ce chœur lointain semblait la voix de la nature elle-même.

A mesure que les barques s'approchaient, je voyais les rameurs, debout, se penchant en cadence sur leurs longues rames, suivant lentement le rythme de la mélodie. Quand la première barque fut sur le point d'échouer, les hommes levèrent leurs rames en même temps que finissait le dernier accord qui se mêla au bruit de la quille montant sur le sable.

Les pêcheurs m'apprirent que ces chants, qui ne sont pas écrits, sont un récit de la Passion, qu'il est d'usage de chanter pendant le carême tant qu'on est sur la mer.

Certainement, le sentiment de cette musique populaire est tout à fait approprié au sujet; cependant, elle est empreinte d'un caractère religieux si général, si primitif et si grandiose, qu'il est permis de supposer que ces chants sont aussi anciens que la race qui habite ce rivage et que, sauf

l'accord final, qui appartient au langage harmonique et relativement moderne, les compagnons d'Énée ont pu les entendre quand leurs vaisseaux suivaient les côtes de l'Italie.

MUSIQUE FORAINE

Les mois d'été, quand il y a un été, sont, pour le chroniqueur musical, une saison difficile à traverser. La musique a cessé de se faire entendre dans les théâtres, les concerts et tous les lieux qui lui sont consacrés; en sorte que celui qui est chargé de rendre compte des nouveautés qui se produisent dans l'art des sons se voit subitement à sec, comme un bateau échoué sur la grève que la mer, en se retirant, laisse incliné sur le côté.

Cette comparaison, qui est venue se placer d'elle-même sous notre plume, nous a d'abord étonné par sa justesse; mais, en y réfléchissant, nous nous la sommes expliquée par ce fait que nous sommes en ce moment réfugié sur une petite plage du Midi, où nous avons été obligé de fuir la température qui afflige le nord de notre patrie.

N'ayant donc plus ni le Grand-Opéra, ni l'Opéra-Comique, ni aucun concert où nous puissions puiser des documents propres à passer sous le laminoir

de notre analyse, force nous a été, pour suivre nos inclinations, d'observer si, dans l'endroit où nous nous trouvions, il y avait quelque chose concernant la musique qui fût de nature à être porté à la connaissance du public.

On se trouve quelquefois très bien de détourner ses regards des sommets élevés du grand art et de les reporter vers des régions plus modestes. On y aperçoit certaines originalités natives et imprévues qui font souvent complètement défaut dans un art tout de science et de composition. Nous avons donc laissé venir à notre oreille tout bruit qui avait un rapport quelconque avec la musique, et nous n'avons pas été sans retirer un certain profit de cette condescendance.

Un soir que nous nous promenions mélancoliquement sur la plage, nous entendîmes au loin un harmonieux bruit de violons et de harpe qui résonnaient dans une ruelle voisine, et dont les accords se faisaient entendre dans les intervalles de silence que leur laissait le bruit du vent et des flots. C'étaient des musiciens ambulants italiens qui exécutaient des valses allemandes et des airs de leur pays. Une harpe et deux violons formaient ce petit orchestre, qui, de loin, avait une sonorité de fête et qui produisait plus d'effet qu'on en aurait attendu d'une symphonie aussi restreinte. Le harpiste faisait vraiment des accompagnements excellents, donnant l'harmonie régulière et variée du chant exécuté par les violons, avec une grande harpe à double mouve-

ment qu'il maniait fort bien. Les violons, assez habiles, le premier surtout, jouaient à la façon des musiciens italiens ambulants, c'est-à-dire en appuyant leurs instruments sur la poitrine et non pas sous le menton, suivant en cela l'ancienne façon de jouer de la viole.

Les valses connues et les airs arrangés par eux, avec goût, résonnaient avec une légèreté et un brillant surpassant de beaucoup les orgues les mieux machinées.

En effet, la musique exécutée par des artistes même moins forts que Paganini, et avec des instruments moins parfaits que ceux de Stradivarius, nous paraît posséder une supériorité très marquée sur la musique issue d'une machine musicale, si bien réglée qu'elle soit ; cela, par la raison qu'un objet d'art fait à la main, maladroitement si l'on veut, est toujours préférable au même objet fabriqué à la mécanique. La mélodie porte au moins la trace de la main qui la fait jaillir de l'instrument. Ses défauts mêmes lui assurent un avantage marqué sur la régularité bête du produit mécanique.

Ce qui fait aussi aux musiciens ambulants une place à part, c'est qu'ils jouent par cœur. Le grand brio des tziganes, qu'on a entendus l'année dernière à l'Exposition, tient en partie à la liberté absolue que chaque exécutant acquiert en n'étant pas obligé de compter ou de lire sa musique. Peut-être trouvera-t-on qu'il est excessif de consacrer ces quelques lignes à des artistes forains mal vêtus, n'ayant rien

d'artistique dans leur extérieur; mais, si l'on veut considérer qu'ils nous ont fait passer une demi-heure fort agréable, et que leurs accords remplissaient tous les soirs les rues adjacentes d'un bruit fort gai et pas du tout commun, on conviendra que nous sommes dans notre droit en signalant un perfectionnement aussi considérable dans la musique de la rue.

Car celle-ci n'est pas comme la musique de théâtre ou de concert, qu'on va chercher exprès; on est obligé de la supporter, l'humanité nous en fait un devoir, souvent pénible, à la vérité. Il faut donc savoir gré à ceux qui nous rendent la charité facile et l'occasion d'être vertueux sans trop de peine.

D'ailleurs, nous n'en avons pas fini avec la musique de la rue. Nous avons entendu quelque chose de plus rare encore. C'est un emploi extraordinairement intelligent et expressif du tambour, de la grosse caisse et des cymbales dans l'accompagnement d'un discours.

L'orateur était un charlatan du sexe féminin (charlatane n'est pas français). Cette personne, dans un costume qui tenait de la Chinoise et de la femme sauvage, était debout sur le devant d'une vaste voiture sur le sommet de laquelle deux jocrisses tenaient l'un un tambour, l'autre une grosse caisse armée de cymbales. Cet appareil, connu de tout le monde, n'est pas ce qui excita notre admiration, mais la façon intelligente dont les compères ci-dessus

scandaient, ponctuaient, interprétaient les phrases de l'orateur féminin.

Après avoir, par un roulement violent et des coups de grosse caisse distribués sans ménagement, attiré la foule autour de la voiture, le silence s'établit et l'orateur, ayant pris une petite fiole pleine d'un liquide jaunâtre, commença à expliquer ce qu'il voulait débiter.

Quand cette femme eut insisté sur ce qu'elle n'agissait pas à l'instar de ses confrères qui vendent de l'eau claire et des boulettes de mie de pain comme possédant des vertus curatives et autres, le tambour seul exécuta un petit *ra* de trois coups, très faible et modeste.

« Son originalité, à elle, consistait à vendre quelque chose qui avait un effet réel, certain, visible. »

Un roulement *mezzo voce,* terminé par un *poum tching* de la grosse caisse et des cymbales, donna une grande force aux paroles de l'orateur.

La fiole contenait de l'eau pour nettoyer les dents.

« Elle ne la vendait ni quatre francs (*ra*), ni trois (*tara*), ni deux (*tarara*), un franc, un seul! » Ici, roulement prolongé et délire de la grosse caisse.

Tout ce *crescendo* avait été parfaitement exécuté.

L'orateur, levant le bras, arrêta l'orage qui éclatait au-dessus de sa tête. La vente commença.

Ici, l'intérêt commercial prenant le dessus sur l'intérêt artistique, les deux instrumentistes fumèrent une cigarette.

Cependant, il y avait de l'hésitation dans la foule.

L'orateur leva une seconde fois le bras et les deux acolytes reprirent leurs instruments.

Il s'agissait d'obtenir que quelqu'un de l'honorable société voulût bien exhiber une denture incomplètement nettoyée, et d'expérimenter sur la nature elle-même l'étonnante efficacité du dentifrice.

Ici, la phrase devint mielleuse, le tambour et la grosse caisse marquant les points et virgules avec une douceur extrême.

« L'orateur ne prétendait pas refaire les dents avariées (*ra*); il n'était pas le bon Dieu (*poum*); si on voulait se laisser frotter les dents, il n'en coûterait rien et l'on verrait (*roulement doux*); d'ailleurs, aucun danger; si la liqueur était excellente pour les dents, elle l'était aussi à boire. »

Et elle en but à même le flacon.

Cette magnanimité fut saluée d'un énorme coup de caisse solo et de cymbales frémissantes.

Enfin, une jeune bonne, chez qui le désir de plaire surmonta la timidité, gravit la banquette de la voiture et se laissa faire. Inutile de dire que le tambour et la grosse caisse firent grand bruit pendant l'opération. Cela est classique. Celle-ci terminée, l'ivoire de la jeune personne se trouva pouvoir rendre des points à la neige qui couronne le sommet du mont Blanc.

Le succès fut considérable et bien mérité.

Bien que le fait que nous venons de rapporter paraisse plutôt du domaine de la rhétorique que de celui de la musique, c'est cependant à celle-ci qu'en revient le principal honneur.

Si on avait noté au passage les inflexions du discours dont nous venons de parler, en marquant avec soin les interruptions du tambour et de la grosse caisse et la place qu'elles occupaient dans la période, on aurait eu les éléments principaux d'un récitatif des mieux réussis. Aucun maître n'eût mieux fait, et, dans un opéra bouffe, ce boniment serait d'un grand effet.

Il faut convenir que tout le mérite de ce récit de charlatan n'était pas tout entier dans l'invention, mais que l'exécution avait aussi une très grande part dans le succès.

Cette chaleur dans le débit, ces reparties jetées si à propos par le tambour et la grosse caisse s'expliquent en ce que, suivant qu'elles réussissent, elles ont l'avantage de procurer aux artistes de cette catégorie un dîner plus ou moins substantiel, et que la répétition nécessaire et journalière de cette même action leur assure une perfection d'ensemble qui se rencontre rarement ailleurs.

Ce n'est pas cependant, comme on pourrait le croire, de l'art appliqué à l'industrie. C'est ici l'industrie qui est l'obligée de l'art.

Avec un récit aussi chaleureux, soutenu d'une instrumentation aussi persuasive, on peut faire acheter et même avaler au public tout ce qu'on veut ; c'est bien véritablement le triomphe de l'esprit sur la matière.

LES

BATTERIES DE TAMBOUR

Le tambour, considéré comme instrument d'orchestre, offre peu d'intérêt. Il ne fait sa partie dans la musique dramatique que pour concourir à des effets spéciaux assez rares, et c'est d'ailleurs le moins musical de tous les instruments.

Mais, comme instrument militaire, il est, au contraire, très intéressant. C'est pour répondre aux besoins de cette fonction que se sont formées peu à peu ces sortes de mélodies purement rythmiques qui lui sont propres, comme la *retraite*, le *rappel*, etc., dont le caractère est bien saisissable, malgré le peu de ressources qu'offrent deux baguettes de bois et une caisse sonore. C'est, comme nous le verrons plus loin, au moyen de groupes de coups plus ou moins nombreux et rapides que l'on obtient les syllabes longues ou brèves de ce langage martial.

Ce n'est que vers le XIVe siècle que les tambours figurèrent d'une façon un peu régulière dans les ar-

mées européennes; ils étaient cependant en usage depuis longtemps dans les danses ou les cérémonies; mais l'utilité des tambours pour les gens de guerre ne fut établie qu'avec l'importance progressive de l'infanterie. Le tambour a toujours été dévolu aux gens de pied. Tant que les armées furent composées surtout de grosse cavalerie qu'accompagnaient des troupes peu réglées de fantassins, la trompette resta presque l'unique instrument de guerre.

On croit que le tambour fut introduit en Europe soit par les Sarrasins d'Espagne, soit au moment des croisades; car les peuples occidentaux rapportèrent de ces expéditions une quantité d'usages qu'ils adoptèrent ensuite. Les tambours, depuis les temps les plus reculés, étaient connus en Asie, ainsi que les timbales.

Pendant tout le moyen âge, le tambour porta le nom de *tabor*, *thabur*, *tabour*, *tabourin*, etc. On fait venir ce mot du persan *tambur*, *tambourak*, *tabir*. On trouve aussi dans l'arabe le mot *thambour*, — mais il désigne une sorte de guitare, — et le mot *thabal*, qui signifie à la fois tambour et timbale. On peut rapprocher du mot tambour celui de *darabouka*, qui offre quelques assonances semblables. La *darabouka* est un tambour arabe, qui se tient sous le bras gauche et se frappe avec la main droite.

Le mot *tambour* fut adopté définitivement au XVIe siècle, si l'on en croit cette phrase extraite d'un ouvrage de Du Fail :

« Battant un baçin (timbale) ou quelque méchant

tabourin; faut-il point tambour, d'après la réformation dernière? »

Pour ce qui concerne les armées européennes, l'emploi du tambour y avait déjà été réglé au xve siècle. Machiavel, dans son ouvrage sur l'art de la guerre, fait connaître que les troupes italiennes savaient depuis longtemps battre du tambour pour en obtenir des signaux différents. Les célèbres condottieri italiens qui faisaient la guerre à forfait, tantôt pour un État, tantôt pour un autre, furent les premiers qui se servirent du tambour en l'accompagnant de l'*arigot* ou du *galoubet*. Cette coutume était familière aux Suisses qui s'engageaient souvent sous leurs ordres, et, vers ce même temps, les armées françaises adoptèrent l'usage du *tabourin* suisse.

Ce qu'on connaît des batteries de tambour à cette époque se réduit à fort peu de chose. Dans les *Recherches de la France*, d'Étienne Pasquier, au chapitre intitulé : « Des mots qui, par leur prononciation, reproduisent la chose désignée, etc., » on trouve comme exemple l'ancienne batterie des tambours suisses, le *colin-tampon*, et celle des tambours français qu'on désignait par *palalalan*, mots qui imitaient le son de l'une et l'autre batterie.

La locution familière, *s'en soucier comme de colin-tampon*, aurait pris naissance après la bataille de Marignan, où les Français défirent les Suisses.

En 1589 parut l'*Orchésographie* de Thoinot-Arbeau, dans laquelle on trouve des indications assez précises sur l'emploi du tambour dans l'armée fran-

çaise. Nous donnons ici le passage qui les rapporte :

« Le tambour du quel usent les François (assez cogneu par un chacun) est de bois cave, long d'environ deux pieds et demy, estoupé d'un cousté et d'aultre de peaulx de parchemin arrestées avec deux cercles d'environ deux pieds et demy de diamètre, bandées avec cordeaux afin qu'elles soient plus roides... »

Et, plus loin, l'auteur décrit une batterie, qui n'est autre que le *pas de charge* des piquiers, ayant aussi pour rythme chaque temps de la mesure à deux temps.

« Je vous dirai seulement qu'oultre les marches, saltations et danses guerrières ci-dessus déclarées, le tambour use d'une continuation de battements plus légiers et concites par minimes noires, y entremeslant des coups de bastons, frappez rudement; lesquels font un son comme si c'estoient coups d'arquebuse, et ce quand les soldats approchent l'ennemy de près; et lorsqu'ils se veulent joindre contre le bataillon de l'ennemy, les soldats se serrent les uns contre les autres, comme s'ils estoient tout d'une pièce, et couchent leurs piques et sarisses, faisant d'icelles un rempart fort épaiz et difficile à forcer et rompre. »

» Cependant le tambour sonne deux minimes noires continues qui sont la mesure binaire légière du pied, que les poëtes appellent pirrichie, et, s'avanceans tenans tousjours le pied gauche devant et en font l'assiette sur la première note du pirrichie; et sur la

dernière note dudit pirrichie, ils font l'assiette du pied droit, dernier et proche dudit pied gauche, comme pour s'en servir d'arc-boutant, et ainsi, saultelotans et danceans, commencent le combat, comme si le tambour vouloit dire : *dedans, dedans, dedans.* »

En 1705, par l'ordre du Louis XIV, un recueil fut dressé par Philidor l'aîné, ordinaire de la musique du roi. Ce recueil, qui existe encore, contient les marches, batteries et sonneries de l'armée française aux premières années du XVIIIe siècle, et d'autres qui sont sans doute beaucoup plus anciennes.

Le soin de composer les marches, les batteries de tambour, ainsi que les airs de hautbois qui les accompagnent, fut confié aux meilleurs musiciens de ce temps.

C'est ainsi que le nom de Lulli se retrouve souvent dans ce recueil.

Le règlement des batteries de tambour commença vers 1670. Dans l'ordonnance que Louis XIV rendit à cet effet, on parle de la *générale* comme d'une batterie nouvelle. Elle s'appliquait à un mouvement général du corps de l'infanterie ; de là lui vint son nom.

Le recueil de Philidor contient les batteries de tambour de la garde française, celles des mousquetaires et celles des dragons du roi. Chacun de ces corps avait des batteries différentes pour la *générale*, l'*assemblée*, la *marche*, la *descente des armes*, la *retraite*, etc., qui n'étaient pas d'ordonnance pour toute l'armée, comme elles le sont maintenant. Ce-

pendant, plusieurs de nos batteries encore en usage se retrouvent dans le recueil de Philidor et viennent, par conséquent, du XVIIe siècle. Ainsi, la *générale* qui se bat aujourd'hui est celle de la garde française, et une note de Philidor fait connaître qu'elle a été faite par M. de Lulli. En arrivant jusqu'à nous, elle a subi une légère modification dans le premier temps des quatre dernières mesures; mais tout le commencement de la phrase reste le même. La notation de la mesure a changé. Aujourd'hui, elle est à deux temps, et Lulli l'avait écrite à trois temps.

L'*assemblée* des mousquetaires est celle qui est restée d'ordonnance presque sans aucun changement jusqu'à nos jours.

L'air des hautbois de la *retraite* des mousquetaires a été composé par Lulli. Depuis, on a mis sur cet air des paroles qui l'ont un peu modifié; mais il est bien connu. Le couplet finit sur ces paroles : *oui, c'est Mathieu*... Quant à la batterie des tambours, elle est différente, quoiqu'elle ne soit pas sans analogie comme mouvement. La *retraite* est indiquée telle qu'on l'exécute aujourd'hui dans les batteries d'ordonnance qui ont été faites sous Louis XVI.

Aux champs paraît être un dérivé de la batterie qui accompagnait la marche des mousquetaires dite « marche du roi », qui s'exécutait sur son passage; l'ancienne et celle qu'on entend maintenant concordent par leur mouvement solennel et aussi par les dernières mesures qui ont beaucoup de ressemblance,

quoique les valeurs de temps soient disposées différemment. Sous Louis XVI, la batterie *aux champs* accompagnait la marche du roi, dont l'air pour les hautbois avait été composé par Lulli, et qui resta d'ordonnance jusqu'à la Révolution. Le *rappel,* la *breloque,* la *charge*, le *rigodon* se trouvent dans l'ordonnance de Louis XVI.

Le *pas accéléré* se trouve dans les batteries d'ordonnance de la garde impériale; il doit être antérieur et remonter aux premières années de la République. Il a un rythme casseur et décidé, tout à fait propre à marquer le pas du troupier français. C'est la seule batterie dont le rythme soit franchement à 6/8, moins solennel que celui des anciennes batteries; mais son mouvement balancé a une crânerie qui la distingue absolument des autres. On n'en connaît pas jusqu'à présent l'inventeur.

Ne pouvant ici nous servir de la notation musicale, nous essayerons de faire comprendre le caractère des batteries de tambour en analysant les différents coups de baguette qui composent leurs phrases.

Ce sont de véritables mélodies, car elles ont des brèves et des longues, des repos et des cadences comme la mélodie chantée. On pourrait même en tirer la démonstration que ce qu'on appelle *mélodie* d'une façon abstraite repose uniquement sur le rythme, et que la différence de hauteur des sons n'est que secondaire.

C'est avec des coups de baguette plus ou moins nombreux et très serrés que sont formées les sylla-

bes, les quantités de ce langage purement rythmique, dont l'action est si puissante sur l'organisme humain.

Les noms qu'on leur a donnés sont des syllabes, dont le son a beaucoup de rapport avec le bruit de ces différents coups; ces onomatopées sont fort intéressantes, car elles semblent avoir été toutes spontanées.

Dans les méthodes modernes, le coup simple d'une seule baguette s'appelait *ta*. On peut remarquer que c'est la première syllabe du mot *tabour*, nom du tambour au moyen âge. La première espèce du coup double s'appelle *fla*. Le *fla* se compose d'un coup faible suivi d'un coup fort; tous deux d'ailleurs presque simultanés. La seconde s'appelle *tra* ou coup de charge; c'est un coup fort suivi d'un coup faible.

Au-dessus de deux coups de suite, un assemblage de coups de baguette s'appelle un *ra*.

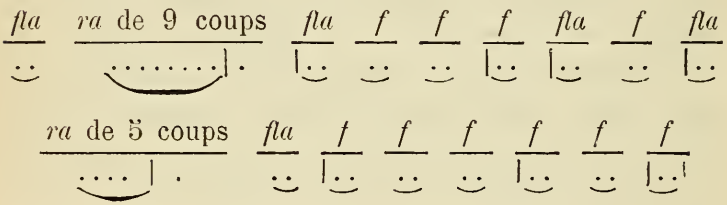
Il y a des *ras* depuis trois jusqu'à neuf coups.

Après, vient le *roulement*, qui compte seize coups à la seconde; on dit que les malins vont jusqu'à vingt-quatre. On l'exécute à *bâtons rompus*, deux coups de chaque main, ou à *bâtons ronds*, un seul coup de chaque main comme les timbales.

Enfin, nous citerons seulement, sans nous risquer à les expliquer, les coups qui constituent la virtuosité du tambour; ce sont : le *coup anglais*, un *fla* précédé d'un coup léger, surnommé très ingénieusement *téfla;* les *coulés sautés* ou les *ratés sautés;* le

patarata; les *frisés de cinq sautés;* les *ras de dix et de onze*, etc.

Ces groupes de coups sont véritablement les mots avec lesquels on fait les phrases du tambour. Nous en donnerons l'exemple suivant; c'est la *retraite*, que tout le monde connaît et qu'on pourra, par conséquent, suivre facilement. Les points représentent le nombre de coups par chaque temps de la mesure à deux temps :



On voit que la phrase rythmique de la *retraite* est divisée en deux membres, dont le premier a son repos sur la quatrième mesure. Le rythme a donc à lui seul, sans le secours des sons musicaux, un sens pour l'oreille.

Les batteries comme la *Mère Michel* et le *Rigodon* emploient des valeurs de quatre sortes : le *ta*, le *fla* et les *ras* de cinq et neuf coups.

La vitesse du rythme a été calculée de façon à être en rapport avec les différentes vitesses du pas que peut prendre le soldat. L'instruction pour les tambours publiée à la fin du XVIIIe siècle la portait à 60 pas par minute pour le pas ordinaire.

Aujourd'hui, on compte ainsi : *pas ordinaire*, 72 ; *accéléré*, 108 à 112 ; *aux champs,* 70 à 80 ; *pas de charge*, 116 à 120 par minute, etc.

La facilité de battre plus vite a été obtenue par un changement de position dans la caisse. Autrefois, à l'époque de Thoinot-Arbeau dont nous avons parlé plus haut, on portait la caisse sur la hanche, ce qui devait gêner singulièrement la main gauche; mais c'était, dit l'auteur, pour qu'elle n'entravât pas la marche. Aujourd'hui, on la tient inclinée, posant sur la cuisse gauche, et il ne semble pas que cela ait empêché nos tambours de marcher; ils ont même, à certain moment, fait entendre le son de leurs batteries un peu dans tous les coins de l'Europe. Il est vrai qu'on a diminué de plus en plus la dimension de la caisse pour la rendre plus portative, ce qui a beaucoup altéré la qualité du son.

L'ancien tambour français avait un son rude et profond, plein d'énergie; c'était le compagnon de la clarinette de cinq pieds, le fusil à pierre, un peu lourd pour nos habitudes modernes, comme le son des anciens tambours semblerait peut-être trop fort pour nos oreilles devenues plus délicates.

LA MUSIQUE DES MOTS

Il arrive souvent, quand on écoute un chœur ou même une mélodie pour une voix seule, que certains mots de la poésie s'accentuent et ressortent davantage que les autres, de façon qu'ils restent dans la mémoire comme le point saillant de ce que l'on a entendu. Si l'on vient à nommer l'air où ils sont employés, c'est eux d'abord que le souvenir aperçoit et qui forment le point de repère de la sensation musicale que l'on cherche à réveiller. Il semble que la musique ait le pouvoir de raviver le son propre de ces mots, comme le vernis qu'on passe sur une peinture rend aux couleurs leur vivacité première.

La première fois que ce phénomène nous apparut très fortement, ce fut dans un chœur de l'*Élie* de Mendelssohn. Les prêtres de Baal invoquent leur dieu pour obtenir de lui quelque acte surnaturel qui donne une idée de sa puissance. Dans ce chœur, les mots : « *O Baal! ô puissant Baal!* » reviennent fréquemment prononcés par les ténors et les basses,

au milieu du tumulte des instruments. Chaque fois qu'on les entend passer, ils ont une résonance énorme et saisissante. Il semble qu'on voit se dresser l'immense idole de bronze, et le mot *Baal* a l'air de sortir de la bouche d'un masque antique, toujours entr'ouverte dans sa grimace tragique.

On pourrait croire que la musique a cette puissance, que la superstition accordait à certains mots bizarres, de faire apparaître les esprits infernaux.

Quand l'attention est éveillée sur ce point, on trouve de nombreux exemples de cette saillie imprévue de certaines paroles au milieu d'une mélodie. Dans le plain-chant, qui n'est que la résonance agrandie de la langue latine, ils sont très fréquents, et c'est un des caractères principaux de cette musique, qu'elle est plus qu'aucune autre près du son propre du mot.

Dans la musique profane et expressive, on se préoccupe peu de la prosodie; la musique dramatique, surtout maintenant, suit le mouvement général du vers et soutient son expression plutôt parallèlement à la poésie et sans se confondre avec elle. Le chant perd ainsi de sa force, car le mot lui-même a une musique qui lui est propre et à laquelle il doit une partie de sa puissance d'évocation.

Le langage parlé se rapproche de la musique de plusieurs façons : d'abord par le rythme, c'est-à-dire la longueur des périodes; ensuite par la hauteur des syllabes, qui varie peu dans les mots d'une même langue; enfin par la façon d'attaquer les sons des

voyelles ou de les terminer au moyen des consonnes, ce qui leur donne un timbre particulier. On retrouve donc, dans le langage parlé, les mêmes éléments que dans la musique : la hauteur du son, sa durée, son attaque et son timbre.

Il faut que toute idée ou toute image transmise d'un homme à un autre passe par là. Il est impossible qu'on puisse expliquer cette résonance inattendue de certains mots chantés par une concordance fortuite de la musique avec les sons primitifs de ces mots, et, comme les sons primitifs des mots ont dû avoir quelque corrélation avec leur sens, l'image qu'ils apportent avec eux se trouve ainsi ravivée par la musique. D'ailleurs, ce phénomène existe aussi dans la poésie simplement récitée. Dans une pièce de vers, il y en a toujours qui vous frappent plus vivement que d'autres dont le sens est souvent plus important ; à quoi cela tient-il ? Si, dans un vers expressif ou pittoresque, vous dérangez les mots de place, si vous altérez le rythme dans lequel ils ont été conçus et que vous changiez par conséquent la série des différentes hauteurs des voyelles, vous retrouvez le même sens, mais l'image ne se forme plus que d'une façon banale. La mélodie parlée n'existe plus. La mélodie chantée peut-elle exister à côté de la mélodie parlée, et n'est-elle rattachée à la poésie que par le sens général ? Cela est douteux. On se plaint généralement — et souvent avec raison — de la longueur et du traînant des récitatifs de l'opéra moderne. Il est possible que l'indépendance trop

grande de la musique en soit la cause. On ne saisit pas la plupart du temps la relation qui unit la musique et les dessins de l'orchestre aux paroles prononcées par le chanteur. Il est certain que, dans l'antiquité, la musique n'était que le son agrandi et parallèle au rythme de la poésie, et plus on cherchera près de la langue, plus on aura de chance de connaître la musique qui l'accompagnait.

On a pour cela d'excellents points de repère. La bouche humaine est l'instrument le plus souple que l'on connaisse; elle peut émettre tous les sons et s'accorder instantanément dans tous les tons; cependant, en parlant, elle n'émet pas une aussi grande variété de sons qu'on pourrait le croire. Dans la *Théorie physiologique de la musique* d'Helmoltz, l'ouvrage le plus considérable qui ait paru dans ces derniers temps sur cette matière, on lit que, par suite d'une quantité d'expériences exécutées par le savant physicien, il a trouvé que les voyelles ont un maximum de résonance qui est le même pour tous les hommes, au moins d'une même race, en tenant compte, bien entendu, des différents registres de la voix humaine. Ainsi, selon lui, le maximum de résonance de l'*ou* pour une voix de basse serait sur le *fa* qui s'écrit sur la quatrième ligne de la clef de *fa*.

Si, des mots, on étend ces observations à la phrase tout entière, on remarque aussi des lois très certaines dans le langage. Quel que soit l'idiome dont se servent deux interlocuteurs invisibles, et quand bien même on n'en saurait pas un mot, il est facile

de reconnaître si les voix sont hautaines ou caressantes, colères ou suppliantes. Les accents principaux des passions humaines ont une musique qui leur est propre et que tout le monde comprend. Ainsi, d'après les observations d'Helmoltz, la cadence d'une phrase interrogative se pose à la quinte supérieure, tandis que la cadence d'une phrase qui conclut descend d'une quarte. Dans la pratique, ces lois sont d'une grande élasticité, et c'est ce qui donne l'infinie variété des chants. De là, on peut conclure que toute mélodie rythmée ou non suppose ou attend des paroles et que la mélodie purement instrumentale n'existe pas. Quand un musicien compose un chant expressif pour un instrument, il le fait parler, et si les différentes hauteurs des sons de la parole humaine étaient bien déterminées, on pourrait trouver mécaniquement l'équivalent d'une mélodie instrumentale dans le langage.

Inversement, la poésie dans laquelle la musique des mots est mal agencée devient sèche et sans expression, tandis que, au contraire, quand elle est expressive et imagée, la musique s'y place d'elle-même.

Dans ce cas-là, le langage porte en lui sa musique d'une façon si déterminée que cela devient une gêne pour le musicien. Il est obligé d'y adapter sa personnalité et de renoncer à faire quelque chose d'original. Mais l'effet produit n'en est pas toujours moins bon pour cela.

La puissance des mots n'est donc pas une chose

qu'il faille dédaigner, car ils la tiennent de cette origine mystérieuse qui a composé leur son et leur rythme. Le génie des poètes comme celui des musiciens leur rend leur vivacité première; disposés en groupes harmonieux et rythmés, soulevés par la poésie des sons, ils nous apportent dans leurs syllabes primitives ces sensations fortes et idéales qui sont comme le souvenir d'un monde plus jeune.

LES DIFFÉRENTS NOMS

DES NOTES DE LA GAMME

En mettant en regard le nom des notes de musique qui chez les différents peuples répondent aux notes de notre gamme moderne, nous n'avons la prétention de présenter à nos lecteurs qu'un simple objet de curiosité et non une dissertation.

Ces collections de sons rangés par ordre de hauteur et que nous appelons *gammes* offrent une assez grande variété de noms pour qu'on puisse voir, rien que par là, la différence des races qui s'en sont servies.

Au reste, les gammes des peuples anciens, comme l'Inde, la Grèce, la Perse, sont ce qu'on a de plus positif sur leur musique. Ce qui reste tout à fait obscur, c'est la façon dont ces gammes, qui sont parfaitement connues, entraient dans la pratique musicale. Il ne reste presque aucun morceau de musique ancienne, soit hindoue, soit grecque, dont l'origine soit authentique; de sorte qu'on se trouve;

à l'égard de la musique de ces antiques nations, comme si on connaissait l'alphabet d'une langue sans avoir aucun fragment de la langue que cet alphabet représente (1).

Cependant, la musique arabe et la musique chinoise, qui sont encore en plein exercice, ne sont pas dans ce cas, et l'on peut comparer ces gammes et l'usage qu'on en fait. Les gammes arabes et, en général, toutes les gammes asiatiques, sauf celle des Chinois, ont des intervalles plus petits que la nôtre, et toute comparaison entre celle-ci et celles dont nous parlons serait impossible s'il n'existait une loi qu'on retrouve partout. C'est la division de l'octave en sept sons fondamentaux, qui forment comme les jalons principaux entre lesquels se placent d'autres sons.

Notre gamme européenne moderne, sortie de la gamme grecque, semble avoir été instinctivement construite pour un usage tout différent que celui des gammes asiatiques ; ses sons peuvent engendrer des accords, l'*harmonie*, qui serait irréalisable avec des gammes dont les intervalles sont plus petits que nos demi-tons ou plus larges que nos tons entiers.

Les six premiers noms qui désignent les six premières notes de notre gamme sont en usage depuis

(1) En effet, les différents alphabets ne sont que les gammes des sons parlés; seulement les sons n'y sont pas rangés par ordre de hauteur, comme dans les gammes musicales.

le XIe siècle; c'est, dit-on, le moine Guy d'Arezzo qui les prit d'un hymne latin où ils forment la première syllabe de chaque vers :

Ut queant laxis
*Re*sonare fibris
*Mi*ra gestorum
*Fa*muli tuorum
*Sol*ve polluti
*La*bii reatum.

Comme on le voit, les noms ne vont que jusqu'au *la*. C'est qu'alors la gamme diatonique n'avait que six sons. On suppléait au septième par un système très compliqué de transpositions appelé *muances*.

Le *si* ne fut ajouté qu'au commencement du XVIIe siècle. On appela alors la gamme nouvelle *gamme du si*, pour la distinguer de la gamme à six sons attribuée à Guy d'Arezzo.

En juxtaposant les noms des gammes étrangères avec la nôtre, nous prévenons nos lecteurs que les degrés ne se correspondent pas exactement. Comme premier exemple, nous donnerons la plus ancienne de toutes les gammes connues, la gamme hindoue. Elle porte le nom de *swaragrama*. Les sept notes de cette gamme ont une certaine analogie avec notre gamme majeure.

Les noms des notes sont ceux de sept nymphes,

swaras, envoyées aux hommes par les dieux :

Sârdja, Richalba, Gandhara, Madhyama, Panchuma, Dhaivata
ut *ré* *mi* *fa* *sol* *la*

Nichada
si

Dans la pratique, on ne se sert que de la première syllabe de chacun de ces noms : *sa*, *ri*, *ga*, *ma*, *pa*, *dha*, *ni ;* mais aucun de ces degrés ne correspond exactement aux nôtres, si l'on en excepte l'octave et la quinte, *ut-sa* et *sol-pa*.

Mais là ne se borne pas la gamme hindoue; elle divise ces intervalles fondamentaux en intervalles plus petits que nos demi-tons, qu'on nomme *sroutis*, et qui sont au nombre de vingt-deux dans l'octave. Entre *sa* et *ri*, il y a quatre sons intermédiaires qui, sur nos oreilles, habituées aux intervalles plus larges des demi-tons, produiraient la sensation de la fausseté.

Au reste, l'impression générale de la gamme hindoue serait peu agréable pour un Européen. Cependant on dit que les anciennes mélodies de l'Inde ont beaucoup de rapport avec celles de notre musique moderne.

L'échelle tonale des Persans, qui est de même origine que la gamme hindoue, peut aussi se comparer avec la nôtre. Elle forme les intervalles d'une gamme mineure.

Les Perses lui adjoignent une gamme de couleurs qui, avec le nom, désigne la note :

Vert	*Rose*	*Bleu noir*	*Violet*	*Jaune*
Deighiah	Soghiah	Fothiargiah	Néva	Lasscihi
la	*si*	*ut*	*ré*	*mi*

Noir	*Bleu clair*
Ewidock	Gerdanieh
fa	*sol*

Cette gamme est aussi divisée en intervalles plus petits que le demi-ton, et qui sont au nombre de vingt-quatre.

La gamme turque est à peu près la même que la gamme persane.

Une notation plus usuelle existe aussi en persan; nous la donnons, avec les mots arabes qui lui correspondent :

Arabe.		Persan.
alif	*la*	*iek*
be	*si*	*don*
gim	*ut*	*si*
dol	*ré*	*tchar*
he	*mi*	*penj*
waw	*fa*	*schesch*
zaïm	*sol*	*heft*

Chez ces peuples calculateurs et portés aux idées abstraites, les noms des notes n'ont pas pris des

formes poétiques ou explicatives, comme on le voit chez les Hindous et ensuite chez les Grecs.

Chez les Chinois, les noms des notes sont empreints du caractère symbolique et philosophique qu'on remarque dans les arts de ce peuple singulier. Ils ont, comme nous, une gamme chromatique de douze demi-tons dans l'octave et une gamme diatonique; mais celle-ci n'a que cinq notes; il lui manque la tierce et la septième de notre gamme majeure, le *mi* et le *si*.

Les demi-tons portent le nom de *lu* et font allusion aux différentes opérations de la nature dans l'espace des douze lunaisons qui composent l'année commune :

Hoang-Tchoung	Ta-lu	Joy-tsou	Kla-tchoung	Kou-si
ut	*ut dièse*	*ré*	*ré dièse*	*mi*
Tchoung-lu	Joui-pin	Liu-tchoung	Y-tsé	Nan-lu
fa	*fa dièse*	*sol*	*sol dièse*	*la*
	Ou-y	Yng-tchoung		
	la dièse	*si*		

Le premier son, *hoang-tchoung* (*ut*), signifie *cloche jaune*. C'est le générateur des autres. Il répond à la onzième lune, qui commence au solstice d'hiver.

Le second son, *ta-lu*, correspond à la lune qui commence l'année civile. Toutes les plantes poussent et sont de hauteur égale pendant un certain temps; d'où le nom de ce son, qui veut dire *grande égalité*.

Le dernier, *yng-tchoung* (*si*), veut dire *cloche d'attente;* est-ce à dire que la série des sons étant terminée avec l'octave, une autre va recommencer?

Cette gamme est purement théorique, et l'on chercherait vainement dans la musique pratique des Chinois la trace d'un demi-ton. Leur gamme n'a que cinq sons, disposés de cette façon sur la flûte chinoise appelée *ty :*

Ho	Sée	Chang	Tché	Kong
ré	*mi*	*sol*	*la*	*si*

On a observé que la gamme des anciens Écossais et Irlandais n'a aussi que cinq sons et que leurs mélodies sont faites avec cinq notes seulement. Cette coïncidence curieuse a de l'analogie avec ce qu'on observe dans les langues. On retrouve quelquefois des idiomes semblables chez des nations qui vivent bien loin les unes des autres et ne paraissent avoir jamais eu aucun rapport.

La gamme grecque, presque semblable à la nôtre, ne se prête pas facilement cependant à la comparaison, à cause de son extrême mobilité. Elle avait pour principe de formation une suite de quatre notes appelée *tétracorde;* la série des tétracordes ajoutés les uns aux autres produisait une gamme mineure de deux octaves, ayant l'étendue de la voix humaine.

L'octave était aussi divisée en sept sons, dont les noms sont des adjectis qui désignent leur ordre de

hauteur, plus un huitième son qui reproduit l'octave supérieure :

Hypate, le son suprême, le plus bas, *si.*
Parhypate, près du plus bas, *ut.*
Lichanos, l'index, *ré.*
Mese, le son du milieu, *mi.*
Paramese, près du milieu, *fa.*
Trite, le troisième, *sol.*
Paranete, près du dernier son, *la.*
Nete, le dernier, *si.*

Tels sont les noms des cordes de la lyre, qui répondaient à la gamme calculée par Pythagore. On voit qu'elle ne commençait pas comme la nôtre, et il semble que le rôle que joue la première note de notre gamme diatonique, *ut*, qu'on appelle la *tonique*, était rempli par le *mese*, ou le son du milieu. Le *lichanos*, en français l'index, *ré*, semble indiquer que cette corde se touchait du deuxième doigt de la main gauche, tandis que les deux notes plus graves étaient accrochées par le pouce, ce qui paraît prouver que la lyre se tenait de façon que les cordes basses fussent les plus proches de l'exécutant, à l'inverse de la harpe, où, au contraire, elles sont à l'extrémité du bras.

Les notes de la gamme diatonique grecque sont dans les mêmes rapports que dans la nôtre et pouvaient, par conséquent, produire une musique harmonique ; mais il ne paraît pas que les Grecs, qui

ont assez vite trouvé ces rapports, aient jamais accompagné leur chant par une harmonie suivie : leur musique était uniquement mélodique. Toutefois, il est singulier que des esprits aussi artistiques, aussi délicats aient eu à leur portée toutes les consonances, la quinte, la tierce, la quarte, etc., et qu'ils ne les aient jamais employées. Pour les Grecs, le doute est permis à cet égard ; mais pour les peuples asiatiques, il est évident que l'harmonie régulière leur était interdite, puisque les notes de leurs gammes ne sont pas à leur place normale. Dans la gamme hindoue, l'accord de dominante, *sol, si, ré* (*pa-ni-ri*), aurait sa tierce trop basse et sa quinte trop haute, ce qui est intolérable en tous pays et en tous temps.

PORTRAITS

ADAM DE LA HALE

(XIIIe SIÈCLE)

Ce nom peu connu du public, même de celui qui s'intéresse à la musique dramatique, mérite cependant de l'être davantage; c'est celui d'un trouvère poète et musicien du XIIIe siècle qui, le premier, a fait intervenir la musique et le chant dans une comédie familière et pastorale.

La petite pièce en vers d'Adam de La Hale intitulée le *Jeu de Robin et Marion* est le plus ancien essai du genre de spectacle qui, longtemps après, est devenu l'opéra-comique.

Ce n'est pas seulement au point de vue musical et littéraire que cet ouvrage est intéressant, mais encore au point de vue historique. C'est le point de départ du théâtre profane.

Jusque-là les représentations dramatiques consistaient en des scènes tirées des Écritures saintes, qui se jouaient dans l'église ou devant le porche. La musique de ces mystères était toute empruntée au

style religieux et ne se distinguait pas des chants ecclésiastiques.

La pièce d'Adam de La Hale est franchement en dehors de ces traditions.

Le sujet, peu compliqué, est une scène champêtre pleine de gaieté, et la musique tient surtout de la chanson populaire, telle qu'on la composait alors.

Les érudits en matière d'histoire musicale et dramatique tiennent le *Jeu de Robin et Marion* pour le premier opéra-comique, ou du moins comme le premier type de cette sorte de spectacle.

Cette opinion est pleinement justifiée, non seulement parce que la musique y alterne avec la parole, comme dans l'opéra-comique moderne, mais encore par le sujet et par la façon dont le chant vient se placer dans le dialogue.

L'intrigue est fort simple. Marion attend Robin, son amoureux; avant que celui-ci arrive, un chevalier qui chasse veut en conter à la bergère, qui le repousse. Après son départ, Robin paraît et les amoureux se proposent de se divertir en dansant; Robin va chercher ses amis, Baudon, qui joue de la musette, et Gautier le Testu, qui joue du tambourin. Pendant ce temps, le chevalier revient. Cette fois, il parle en seigneur et veut enlever de force la pauvre Marion; Robin, à son retour, est battu par le chevalier et se cache dans un buisson. Cependant Marion se débat si bien que le chevalier la laisse encore aller. Ce dernier danger passé, surviennent les amis, et toute la fin de la pièce est une réjouissance

paysanne très gaie, où l'on mange et où l'on danse.

Ce qui est à observer, c'est le débat entre le seigneur et sa vassale, et la résistance de celle-ci en faveur de son berger. C'est une situation qui se retrouve fréquemment dans les comédies et les opéras-comiques du siècle passé et jusque dans le commencement de celui-ci. Elle va toujours en s'adoucissant, suivant les mœurs; mais, depuis le *Jeu de Robin et Marion* jusque dans le *Mariage de Figaro* de Beaumarchais, on retrouve souvent au théâtre cette lutte de la femme qui maintient le droit de l'homme qu'elle aime contre celui du seigneur.

En choisissant un pareil thème pour sujet de sa pièce, Adam de La Hale avait trouvé du premier coup ce qui devait plaire encore si longtemps après lui au public français.

La pièce commence d'une façon toute musicale, par un air que chante Marion, qui est seule dans les champs et qui attend Robin :

Robins m'aime,
Robins m'a.
Robins m'a demandée, si m'ara (*m'aura*).
Robins m'acheta cotele
D'escarlate bone et bele,
Souskanie et chaincturele,
A leur i va.
Robins m'aime,
Robins m'a.
Robins m'a demandée, si m'ara.

Comme caractère, et si on fait abstraction de l'ancienneté du langage, cet air ne serait pas déplacé dans un opéra de Grétry et même de Boieldieu.

Entre le chevalier sur son palefroi, son faucon sur le poing; il entame la conversation avec la bergère; il veut lui persuader de monter sur son cheval.

Marion refuse, le chevalier insiste et, en faisant avancer sa monture, il pousse un peu Marion. Ici la paysanne se redresse :

Aimi ! sire, ostés vo cheval,
A poi que il ne m'a bléchie.
Li Robins me regiète mie,
Quant je vais après sa karue.

Le dialogue est plein de ces traits de réalisme pris sur la nature elle-même.

Le chevalier, pour cette première fois, laisse Marion sans trop insister.

Ici se trouve encore du chant, et la situation forme la matière d'un véritable trio, que plus d'un compositeur moderne serait encore heureux de mettre en musique. Pendant que le chevalier s'éloigne, la bergère lui chante de sa voix claire et moqueuse le refrain suivant :

Traïri, deluriau, deluriau, delurièle,
Traïri, deluriau, deluriau, delurot.

Le chevalier prend son insuccès d'assez bonne

grâce; il part en chantant sur une mélodie assez mélancolique :

Hui main jour chevauchoie
Lés l'orière d'un bois
Trouvai gentil bregère,
Tant bêle ne vist roys.
Traïri, deluriau, deluriau, delurièle,
Traïri, deluriau, deluriau, delurot.

Cependant Marion appelle Robin, qui lui répond dans le lointain :

MARION.

Hé, Roberchon! leure, leure, va.
Car vien à moi ;
Leure, leure, va,
S'irons jeuer.

ROBIN.

Hé, Marion! leure, leure, va.
Je vais à toi ;
S'irons jeuer.

Ces différents chants ne marchaient pas ensemble; la science de l'harmonie, qui était alors à son commencement, ne permettait pas un pareil artifice; mais l'idée musicale du morceau d'ensemble est déjà parfaitement dessinée.

Après le départ du chevalier, Robin et Marion

s'asseyent près l'un de l'autre, et là se trouve un morceau encore très important et qui est un véritable duo, tel que ceux qui sont de rigueur dans toutes les pièces modernes, le duo d'amour, qu'on retrouve soit à l'Opéra-Comique, soit au Grand-Opéra.

Ici, il est tout naïf et charmant de tendresse.

Robin demande à Marion son chapeau de bergère pour s'en abriter du soleil, aussi bien que par jeu.

ROBIN.

Bregeronnette, douche baisselete (vasselete)
Donnés-le moi, votre capelet.

MARION.

Robin, veux-tu que je le mete
Seur ton chef, par amorete?

ROBIN.

Oil, et vous serés m'amiete,
Vous aurés ma chaincturete,
M'ausmoniere et mon fremulet.
Bregeronnete, douche baisselete,
Donnés-le moi, votre capelet.

MARION.

Volontiers, mon douch amiet.

Qu'on se figure ces paroles, presque enfantines, mais si transparentes d'amour, chantées sur un air

un peu traînant et mélancolique, comme ceux qu'on entend encore quelquefois dans les campagnes, et on comprendra mieux le charme de ces vers. La phrase musicale qui accompagne la dernière réponse de Marion est d'une douceur exquise.

Tout ceci, bien entendu, se chantait sans harmonie, peut-être avec l'accompagnement d'un instrument à l'unisson. On ne sait rien de certain à ce sujet.

Après un court dialogue, le duo reprend d'une façon plus animée, Robin danse et chante devant Marion. Ce duo nous montre l'exemple d'un morceau composé de deux mouvements différents; artifice qui ne fut employé par les Italiens que beaucoup plus tard, à la fin du XVIe siècle.

Après le retour du chevalier, sa nouvelle tentative pour enlever Marion et enfin son départ définitif, tous les amis sont arrivés, Péronèle, la *compagnaisse* de Marion, le laboureur Huart, Gautier le Testu; on mange, et chacun énumère le plat qu'il apporte. Ici se trouve un air plein de gaieté, chanté par Robin :

J'ai encore un tel pasté,
Qui n'est pas de lasté,
Que nous mangerons, Marote (Marion),
Bec à bec, et moi et vous.

La mélodie de ces couplets est très franche et très rythmée et, par le caractère, rappelle l'air populaire : *Que Pierrot serait content.*

Enfin, la pièce se termine par une danse générale, le *tresque*, sorte de farandole, menée par Robin, dont le signal est donné par Péronèle, qui chante la phrase suivante, que toute la compagnie reprenait sans doute en chœur :

Venés après moi ;
Venés le sentelle, le sentele, le sentele lès le bos.

Et ils disparaissaient dans le sentier des bois.

Il n'y a pas moins de dix interruptions du dialogue par la musique. Nous n'avons cité ici que celles qui, par leur forme et leur extension, pouvaient se rapprocher de l'opéra-comique moderne et être appelées de véritables *morceaux*.

Si la comédie d'Adam de La Hale n'avait comme titre à notre intérêt que d'être contemporaine du bon roi saint Louis, elle aurait déjà une valeur historique très grande au point de vue littéraire et musical ; mais ce qui la rend tout à fait précieuse, c'est qu'on n'en trouverait peut-être pas une autre où le parfum poétique de la terre française se fît sentir d'une façon plus naïve et plus fraîche. Par un destin singulier, cet ouvrage, si complètement national par le sentiment et l'invention, fut représenté pour la première fois à Naples, où Adam de La Hale avait suivi le comte d'Artois, à la cour de Charles d'Anjou. C'est dans cette ville que mourut Adam de La Hale, entre les années 1285 et 1288, on ne sait au juste.

Les caprices d'une imagination vive et inconstante avaient conduit là le trouvère d'Arras, qui, à cause de son esprit seulement, sans doute, fut surnommé par ses contemporains le *Bochu d'Arras*, car il se défend de cette infirmité dans une de ses pièces de vers. Il avait étudié pour être clerc, mais il devint amoureux, se maria et au bout de peu de temps il laissa sa femme et revint à sa première vocation.

Une satire qu'il fit contre les échevins d'Arras le fit exiler de celle ville. Adam quitta son pays natal avec chagrin, car c'était alors un endroit plein de richesses, de mouvement et de plaisirs. Les ménestrels, les jongleurs, les musiciens y étaient fort nombreux et on y menait joyeuse vie. Après un voyage à Paris, il s'engagea au service de Robert II d'Artois, qui l'emmena à Naples, où il séjourna longtemps.

La cour de Naples, qui était alors toute française, accueillit avec une grande faveur le *Jeu de Robin et Marion*.

Ce succès se prolongea encore pendant longtemps après la mort de l'auteur; puis, peu à peu, la musique se développant et prenant une direction plus haute, on oublia ce premier et si remarquable essai de dialogue et de chant.

C'est au XVIIIe siècle que, le vaudeville se transformant en opéra-comique, on vit reparaître le genre qu'Adam de La Hale avait inauguré cinq cents ans auparavant.

Mais, malgré la supériorité artistique des ouvrages

de ce temps, on n'y retrouve plus le charme et la naïveté du *Jeu de Robin et Marion*.

Enfin, de nos jours, cette grâce originale et un peu rustique des anciennes productions françaises a complètement disparu, emportée par l'influence des chefs-d'œuvre des écoles allemande et italienne. Ce n'est que dans la peinture qu'on pourrait retrouver quelque chose d'analogue, autant qu'on peut comparer la peinture et la musique.

C'est dans les tableaux du peintre Millet qu'on peut encore goûter cette poésie familière de la haie ou du sillon, qui animait autrefois les œuvres de nos anciens auteurs.

CLAUDE GOUDIMEL

(XVIe SIÈCLE)

A mesure qu'un art se développe, que ses moyens d'expression s'accroissent, que ses formules s'établissent, il va toujours en se compliquant. Les idées, les sensations, les sentiments, les images que cet art cherche à rendre sensibles, trouvant dans le langage un instrument plus docile, s'étendent en se ramifiant, et la connaissance de ce qu'on appelle le métier devient plus longue à acquérir.

La physionomie des artistes se modifie à mesure que ces transformations s'effectuent. Il y a des époques où il semble que toute imagination ait disparu et qu'on ne soit plus occupé que de recherches ingrates et puériles ; d'autres, au contraire, où les artistes paraissent produire sans effort et presque sans réflexion.

La musique n'a pas échappé à ces fluctuations, et, dans son histoire, on y peut observer des périodes d'abstraction et d'autres d'épanouissement. La pre-

mière moitié du XVIe siècle, où vivait Claude Goudimel, est un de ces moments où les compositeurs ne semblent travailler que pour frayer la route à leurs successeurs.

A cette époque, l'art musical était tombé dans une complication et une pesanteur extraordinaires. Les lois de l'harmonie, si longuement et si péniblement élaborées pendant le moyen âge, étaient le but unique des efforts des musiciens. Les moindres chansons ne se chantaient qu'à quatre et quelquefois à six parties concertantes; toute la mélodie disparaissait sous les combinaisons artificielles d'une harmonie encore mal définie. La musique religieuse elle-même en fut atteinte, et il se produisit un abus si extrême du contrepoint que le concile de Trente adressa de sévères remontrances aux musiciens qui dénaturaient le chant religieux.

La recherche de la mélodie étant alors presque abandonnée à l'instinct des chanteurs populaires, les compositeurs n'avaient pu trouver d'autre moyen de soutenir leur travail harmonique que de faire chanter un air de chanson connue par une voix, pendant que les trois autres chantaient les paroles liturgiques en harmonie avec celui-ci.

C'est ainsi que la chanson de l'*Homme armé* et d'autres du même genre servirent comme de soutiens mélodiques à une quantité de messes chantées, qu'on désignait par le nom de la chanson. Cet usage devint tellement inconvenant, qu'il fut sur le point de faire supprimer la musique à l'église.

Cette barbarie artistique eut pourtant un résultat considérable, qui fut de créer la musique harmonique, laquelle s'épura peu à peu et devint si magnifique trois siècles plus tard. Dans ce travail de débrouillement, qui demandait une grande somme d'intelligence et de savoir, l'Italie, d'où étaient venues les premières traditions musicales, était restée en arrière. C'était en France et en Belgique que se trouvaient les plus grands maîtres de l'art du contrepoint, et c'est ainsi qu'un Français, Claude Goudimel, alla fonder à Rome, vers 1540, la première école régulière de musique théorique.

On ne sait rien de sa famille ni du lieu de sa naissance. On suppose cependant, d'après des pièces de vers qui lui ont été dédiées par ses amis, qu'il a dû naître dans les environs de Besançon vers 1510.

Il se rendit célèbre de bonne heure par des messes, des motets et des chansons d'une harmonie correcte qui furent très goûtées en France et à l'étranger.

Comme tous les compositeurs éminents de son époque, c'était un érudit au moins autant qu'un artiste. Presque tous étaient très versés dans la littérature ancienne et dans les sciences. Ce sont des figures doctorales qui sembleraient un peu pédantes à première vue, si l'examen de leurs travaux théoriques et artistiques ne démontrait l'étendue des services qu'ils ont rendus à l'art musical, en résolvant le problème de l'harmonie concertante, caractère essentiel de notre musique. La vue seule des volumes qui sont remplis de cette matière est une

preuve que ce n'est pas sans peine que ce résultat a été obtenu.

Claude Goudimel a tenu une place importante dans cette phalange d'esprits sérieux et méditatifs. Ce n'était pas un homme d'imagination pure; ses messes et ses chansons à plusieurs voix se distinguent surtout par une harmonie logique et agréable. C'était ce qu'on peut appeler un grammairien musical dans le sens le plus large du mot : il aida à la création du langage musical. Aussi sa gloire principale fut-elle d'avoir formé dans son école de Rome des élèves qui furent des hommes de talent et un qui fut un grand génie, Palestrina, qui, dégageant la musique religieuse des subtilités dont nous avons parlé plus haut, lui fit prendre un essor poétique et grandiose tel, que ses compositions qui se chantent encore à Rome à la chapelle du pape sont restées le type le plus élevé du chant sacré.

Goudimel a été le trait d'union qui a fait rencontrer la science avec l'art; sa destinée a été de mettre au service d'un des plus grands hommes de l'Italie les connaissances acquises par l'esprit réfléchi des maîtres des nations du Nord.

Assurément, il n'est pas le seul à qui cette tâche ait été dévolue; Roland de Lassus, à Rome aussi, Adrien Willaert, à Venise, et d'autres célèbres musiciens belges ou flamands remplirent les mêmes fonctions; mais le nom de Goudimel est moins connu que le leur.

Aussi, croyons-nous bien faire en ramenant ici

son souvenir. On a dit tant de fois que le sens de la musique élevée manquait aux Français, qu'il est bon de montrer qu'à toutes les époques nous avons eu des musiciens d'un grand mérite dans tous les genres.

Claude Goudimel ne resta pas en Italie, il revint s'établir à Lyon et y fit paraître plusieurs ouvrages importants. L'un d'eux porte l'empreinte de la préoccupation des arts de l'antiquité, qui agitait les esprits cultivés de ce temps qu'on a si justement nommé la Renaissance. C'est un recueil d'*Odes* d'Horace, mises en musique à quatre voix, suivant le rythme et la mesure des vers latins. Un pareil essai ne peut se tenter sans une connaissance très complète de la langue latine, que Goudimel possédait d'ailleurs comme tous les gens instruits d'alors, et qu'on peut constater dans quelques lettres de lui, adressées au savant Paul Melissus, qui les a insérées dans ses propres œuvres.

Ce qui attira aussi l'attention sur Goudimel et augmenta sa réputation, ce fut d'avoir mis en musique les Psaumes traduits par le poète Clément Marot. Ce travail, très admiré de ses contemporains, lui acquit une grande renommée chez les protestants de France et des pays étrangers.

Aujourd'hui, des ouvrages semblables passeraient certainement inaperçus, quel que fût leur mérite, et leur auteur n'en retirerait ni gloire ni profit. Mais alors c'était presque la seule musique dont on s'occupât, et c'est ce qui donne aux musiciens de cette

époque de transition un aspect sévère qui ne s'est pas revu depuis.

La France a toujours été si féconde en individualités brillantes, que les physionomies plus austères y sont forcément restées dans le demi-jour. Celle de Claude Goudimel méritait, croyons-nous, d'être remise en lumière, à cause des traits sérieux qui la distinguent.

Le malheur lui donna, d'ailleurs, ce dernier coup, qui achève d'en faire une figure historique.

Soit qu'il eût adopté la religion réformée, soit pour toute autre cause restée inconnue, il partagea le sort des protestants de Lyon et périt dans le Rhône, le 24 août 1572, sous le règne du roi Charles IX.

Sa mort excita des regrets très vifs parmi les artistes et les lettrés de tous les pays. De nombreuses pièces de vers, en français, en latin, une même en grec, attestent l'estime qu'il avait su conquérir parmi eux.

LES PHILIDOR

(XVIIe ET XVIIIe SIÈCLES)

Le nom, ou plutôt le surnom de Philidor, est celui d'une famille de musiciens français qui a joui d'une grande renommée pendant près de cent cinquante ans. Presque tous étaient des hommes de talent, et plusieurs d'entre eux ont marqué dans l'histoire de la musique par des ouvrages ou des particularités qui leur ont valu une certaine célébrité. A partir du règne de Louis XIII jusqu'à la Révolution, ils ont fait partie de la musique royale ; le dictionnaire de M. Fétis en compte dix, qui lui ont paru devoir figurer dans sa *Biographie universelle des musiciens*.

C'est un arbre musical qui, dans des proportions infiniment moindres, rappelle celui des Bach en Allemagne pendant le XVIIIe siècle aussi, et dont le grand Sébastien Bach est le plus illustre. Les Bach avaient ramifié de telle sorte, qu'à certains anniversaires où ils avaient coutume de se rassembler, on en compta jusqu'à cent vingt, organistes ou musiciens de cour.

Les Philidor furent moins nombreux, et leur œuvre musicale n'a pas non plus l'importance de celle des Bach ; mais elle a son originalité, en ce qu'ils restèrent toujours attachés à l'art national par leur goût et aussi par leur profession, qui les retenait près de la cour du roi de France.

Le plus connu de tous est le dernier, François-André Philidor, dont le talent de compositeur était uni au génie de joueur d'échecs. C'est celui qui a le plus d'importance comme musicien, car il a laissé un assez grand nombre d'opéras-comiques, qui étaient, comme facture, très en progrès sur ce qui se faisait alors ; avant d'en parler, nous dirons quelques mots de ses ancêtres.

Le chef de cette famille s'appelait Danican ; c'était un hautboïste très habile, né au commencement du XVIIe siècle. Le roi Louis XIII, qui se souvenait d'un Italien nommé Filidoro, également fort sur le hautbois, dit en entendant un jour Danican : « Voilà Filidoro retrouvé. » Le nom en resta à Danican et à sa nombreuse postérité. Il fut attaché à la musique du roi en qualité de hautbois. Son fils, André Danican-Philidor, a fait un travail musical qui est le monument le plus curieux que l'on possède sur l'ancienne musique française. C'est un recueil manuscrit où il avait consigné les airs anciens de la Bretagne, du Poitou, de la Champagne, de la Lorraine et d'autres provinces ; les airs composés pour les cérémonies ou les fêtes de la cour, depuis Henri III jusqu'à Louis XIV.

Il avait recueilli aussi la musique des ballets dansés à la cour de 1582 à 1649; celle des ballets dansés à la cour de Louis XIV avec les paroles et les noms des artistes et des seigneurs qui figurèrent dans ces divertissements; la musique originale des comédies de Molière et beaucoup d'autres compositions, aussi intéressantes pour l'histoire de la musique que pour celle du théâtre.

Ce recueil était formé de cinquante-neuf volumes dont il ne reste plus maintenant que la moitié. Une partie a disparu, l'autre a été détruite. Le reste est à la bibliothèque du Conservatoire.

Nous donnons ici un aperçu des richesses conservées et de celles qui sont perdues. On trouvera de plus grands détails dans l'excellent travail que le bibliothécaire actuel, M. Wekerlin, a publié sur cette collection.

Le premier volume renferme d'anciens airs de danse du temps de Louis XIII et des morceaux joués dans les concerts du roi par les vingt-quatre violons et les douze grands hautbois.

Ces pièces sont très précieuses, parce qu'elles sont écrites avec toutes les parties.

Disons, entre parenthèses, que ces douze grands hautbois devaient produire une sonorité parfois cruelle.

Dans le troisième volume, on trouve le ballet du *Décri des monnayes,* dansé sous Louis XIII.

Dans le vingt et unième, le ballet de la *Revente des habits*, de la *Raillerie*, etc., titres singuliers

par lesquels on ne voit pas trop ce que la danse avait à faire.

Le trente-troisième volume (détruit) renfermait la musique de la *Princesse d'Élide*.

Le quarante et unième volume (disparu) contenait l'*Orphée* de Rossi, le premier opéra donné en France en 1647, etc.

Il existe encore à la bibliothèque de Versailles un autre recueil de ce même Philidor, qui s'intitulait : *Philidor l'aisné, ordinaire de la musique du roy;* celui-là contient tous les airs pour hautbois et toutes les batteries de tambour que Lulli et les autres musiciens contemporains avaient écrits pour les troupes françaises. On y remarque, entre autres, l'air de la *Retraite des Mousquetaires*, qui est, à peu de chose près, le même que celui qu'on connaît aujourd'hui.

André Philidor se maria trois fois et eut une nombreuse famille ; il contracta sa dernière union à l'âge de soixante-huit ou soixante-dix ans, avec une jeune fille de dix-huit ans, dont il eut huit enfants. Philidor, le joueur d'échecs, est un de ceux-là. Un de ses frères consanguins, Anne Philidor, a été le fondateur d'une entreprise qui dure encore. C'est ce qu'on appelle les concerts spirituels du vendredi saint et de Pâques.

Ces concerts furent fondés par Anne Philidor, moyennant 6,000 livres de redevance, payées annuellement à l'Opéra.

Le premier concert se donna dans la salle des

Suisses des Tuileries, dite depuis salle des Maréchaux, le 18 mars 1725.

Philidor les avait fondés pour suppléer aux représentations théâtrales qui cessaient pendant certaines fêtes et pendant la semaine sainte. Leur nombre était d'environ vingt-cinq par an. En 1799, ces auditions furent réduites à quinze. Le concert spirituel ferma en 1791, après six concerts qui eurent lieu dans une salle de la rue Dauphine.

Il reparut en 1805 au Théâtre-Italien et depuis il resta dans la tradition musicale de faire deux concerts spirituels, un le vendredi saint, le second le lundi de Pâques.

On n'exécutait à ces concerts que des chœurs de musique religieuse, on n'y chantait qu'en latin, et toute la musique vocale y restait dans le caractère grave.

Mais on trouva moyen d'égayer un peu le concert spirituel en y faisant débuter les chanteurs qui devaient ensuite paraître à l'Opéra. Dès l'année 1730, ils se présentaient en costume, soit de bergers, soit de guerriers; les femmes en nymphes ou en princesses vinrent y chanter des airs d'opéra. Les programmes se trouvèrent ainsi plus variés. Cependant le fond restait toujours sérieux; ce qui amena aussi de la diversité, ce fut l'introduction des solos d'instruments. Tous les artistes d'Europe se faisaient un devoir de venir se faire apprécier et consacrer leur réputation à Paris au concert spirituel, qui acquit ainsi une grande renommée. C'est là que Gossec fit

entendre, en 1754, ses premières symphonies, presque dans le même temps qu'Haydn produisait les siennes.

Anne Philidor avait eu là une idée excellente, dont le résultat a été considérable, et qui peut être comparé avec celui des concerts populaires fondés par M. Pasdeloup.

Voici maintenant le plus célèbre des Philidor : c'est François-André, né à Dreux le 7 septembre 1726. Son père, qui était allé s'établir dans cette ville, après avoir fait partie de la musique du roi pendant fort longtemps, l'envoya à Versailles étudier sous Campra. François-André Philidor entra dans les pages de la musique du roi et fit de rapides progrès. On raconte que, vers l'âge de quinze ans, il écrivit un motet dont le roi lui fit compliment. Sa vocation musicale fut alors traversée par celle des échecs, qui se révéla de la façon suivante, d'après une tradition de famille, rapportée par M. Lardin, dans le journal le *Palamède :*

« Les musiciens de la chapelle, en attendant la messe du roi, avaient l'habitude de jouer aux échecs sur de longues tables où se trouvaient incrustés six échiquiers. Le jeune Philidor suivait souvent leurs parties avec une extrême attention. Un jour, un vieux musicien étant arrivé le premier se plaignit de n'avoir personne pour jouer avec lui. Philidor se proposa avec timidité ; le vieux joueur accepta en riant. Mais au bout de quelques coups, voyant que l'enfant prenait l'avantage, il commença à se fâcher ;

celui-ci, sentant qu'il allait remporter la victoire, se reculait de l'échiquier autant qu'il pouvait, n'avançant plus les pièces que du bout du bras et regardant de côté la porte. Enfin, quand arriva le coup du mat, il prononça le mot fatal et s'enfuit dans le plus grand effroi sans attendre les compliments de son adversaire. »

En 1745, il partit de Paris pour aller défier les plus habiles joueurs d'Allemagne, de Hollande et d'Angleterre. Partout il fut vainqueur. C'est à Londres qu'il publia son *Analyse du jeu d'échecs,* traité qui est resté classique. Il fut le premier à qui l'on ait vu faire plusieurs parties à la fois, de tête, sans voir les échiquiers. On raconte qu'on voulut un jour le mettre à l'épreuve, et que ses adversaires dérangèrent les pièces et lui annoncèrent qu'il avait perdu. Il reprit alors les coups et retrouva le moment où l'on avait dérangé la pièce qui lui avait fait perdre la partie.

En 1754, il se remit à la composition, peut-être faute d'adversaires aux échecs, et il ne tarda pas à acquérir dans cette nouvelle occupation une grande renommée. Cependant, à son retour, son premier essai ne fut pas heureux; il fit exécuter un motet dans le style italien, qui déplut à la reine et lui fit perdre sa protection. Peu après, il débuta, dans le genre de l'opéra-comique, au théâtre de la foire Saint-Laurent, en 1759, par un ouvrage intitulé *Blaise le Savetier*. L'opéra-comique, qui était né du vaudeville, commençait à prendre une allure plus musi-

cale. Les partitions de Philidor sont sous ce rapport très supérieures aux ouvrages du même genre qui parurent alors. Favart, dans ses mémoires, en parle favorablement; il cite même ce fait, qu'après la première représentation d'un de ses opéras-comiques, intitulé le *Sorcier,* Philidor fut demandé par le public et parut sur la scène, ce qui ne s'était pas encore fait.

Il est vrai qu'on l'accuse, à propos de cette pièce, d'avoir commis un plagiat assez important. Gluck, qui était alors en Italie, lui avait confié la partition d'*Orphée* pour la faire graver à Paris; Philidor se serait emparé du premier air d'Orphée, *Objet de mon amour,* et l'aurait mis dans sa pièce du *Sorcier*. Ce fait serait assez grave, car *Orphée* ne fut représenté à Paris que dix ans après.

Nous avons comparé les deux partitions : il y a en effet plus d'un point de ressemblance entre l'air de Gluck et celui de Philidor, mais Philidor nous paraît plutôt avoir subi l'influence du grand génie de Gluck qu'avoir commis un plagiat volontaire; d'autant plus qu'il y a un autre air dans la même partition du *Sorcier,* qui est aussi d'une inspiration plus poétique que celle qu'on rencontre d'ordinaire dans les ouvrages de Philidor, et que celle-là n'offre aucune ressemblance avec aucun air de Gluck.

Sa meilleure partition est un opéra-comique intitulé *Tom Jones*, représenté en 1764. On y trouve une habileté et une souplesse de métier bien supérieures à celles de ses contemporains.

C'est la première fois qu'on voit dessinés, d'une façon bien nette, deux sentiments différents exprimés simultanément dans un même morceau. Le premier duo des deux femmes est formé de deux motifs, l'un gai et l'autre mélancolique, qui rappellent de très loin, comme sentiment, le délicieux duo du *Freischütz*, de Weber, composé bien longtemps après. Grétry, dans ses *Essais sur la musique,* attribue à Philidor l'invention de cet artifice.

Philidor était un de ces artistes dont on a dû dire qu'il connaissait son affaire. Il était beaucoup plus adroit que Monsigny, dont il n'avait pas la sensibilité. On dit que c'est lui qui aida Rousseau à écrire les accompagnements du *Devin du village*, ce qui ne donnerait pas une haute idée de la science pratique du philosophe, car rien n'est plus simple et plus sommaire que ces accompagnements. Cependant Philidor a été assez maltraité dans plusieurs recueils biographiques. On parle de sa musique comme de vaudevilles sans importance. Il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi; du reste, il a dû, plus d'une fois, avoir à regretter, comme compositeur, son talent de joueur d'échecs, et les comparaisons fâcheuses entre les combinaisons de ce jeu et celles de la science musicale n'ont pas dû lui manquer.

Voici le jugement que Grétry porte sur le talent de Philidor, dans lequel cette insinuation se fait jour :

« On sent que la tête de cet artiste justement célèbre devait atteindre aux combinaisons les plus dif-

ficiles. Il pouvait ranger une succession de sons avec la même facilité qu'il jouait une partie d'échecs. Nul n'a pu le vaincre à ce jeu. Nul musicien n'aura plus de force et de clarté dans ses compositions que Philidor n'en a mis dans ses ouvrages... »

Il est certain qu'aujourd'hui on fait de l'opéra-comique autrement, mais on ne le fait pas mieux.

Philidor a écrit vingt et une partitions, dont deux pour l'Opéra, *Ernelinde* et *Persée*. Toutes deux contiennent de très belles choses. *Ernelinde* eut un assez grand succès, malgré le jugement de Gluck, qui disait que « c'était une montre enrichie de pierreries et de diamants, mais dont le mouvement ne valait rien. »

Il faut compter Philidor parmi les meilleurs des musiciens français qui ont composé des opéras-comiques. Comme tendance, et surtout comme métier, ses ouvrages sont supérieurs à ceux de Duni, de Monsigny et de Grétry même, et il a laissé dans les procédés de l'art musical de nombreuses traces d'une expérience que peuvent seuls acquérir ceux qui, comme lui, sont de race artistique et sont élevés dans la pratique journalière de leur art. Pourtant, il ne jouait d'aucun instrument. C'était sa femme, habile claveciniste, qui lui faisait entendre ses compositions.

Philidor quitta Paris pendant la Révolution et mourut à Londres en 1795, âgé de soixante-neuf ans. Il existe plusieurs portraits de lui ; celui qui est gravé par Saint-Aubin, en 1772, est très beau et

représente une figure aimable et intelligente, mais sans idéalité. André Philidor fut le dernier des membres de cette famille qui se soit illustré dans la musique.

Ce qui les rend tous intéressants, c'est que, depuis le grand-père, Danican Philidor, le hautbois de la musique du roi Louis XIII, jusqu'à son petit-fils, ils représentent l'art national, soit par leurs inventions musicales, soit par leurs travaux de compilation, soit par leurs entreprises artistiques, et que, tout en profitant des progrès que la musique faisait de toutes parts à cette époque, ils ne tombèrent pas dans l'imitation maladroite et exagérée de la musique italienne ou germanique.

RAMEAU

(XVIIIe SIÈCLE)

Il semble que la France fasse en ce moment l'inventaire des nombreuses gloires de son passé ; qu'elle cherche à rattacher les mœurs nouvelles aux anciennes par tout ce que celles-ci ont produit d'original et de beau. C'est ce mouvement tout instinctif qui porte les esprits cultivés à ne pas rejeter à tout jamais dans l'oubli les œuvres de l'ancien temps.

La ville de Dijon, qui a vu naître Rameau, a donné en son honneur un grand festival sous le titre de *Fête nationale en l'honneur de Rameau*. Le produit des souscriptions, des représentations et concerts donnés à cette occasion à été appliqué à l'érection d'une statue à cet illustre musicien.

Il est certain qu'on ne peut mieux honorer l'art musical français qu'en prenant pour objet de ce culte le musicien dont le génie fut le plus empreint des qualités de la race française et qui les représenta le mieux au XVIIIe siècle. Bien que Rameau ait tenu pendant trente ans la première place à Paris,

son œuvre est maintenant fort peu connu ; on en joue parfois quelques fragments dans les concerts, mais quelques-unes seulement de ses partitions ayant été réduites au piano, le public ne connaît presque rien de ce génie essentiellement national.

Rameau est né à Dijon le 25 septembre 1683. Son père, organiste en cette ville, lui donna les premiers principes de son art et ne négligea rien de ce qu'il put lui enseigner. Entraîné par sa vocation, Rameau profita beaucoup moins de l'enseignement littéraire qui lui fut donné, et, toujours occupé de musique, il ne poussa pas ses études au delà de la quatrième. Ce ne fut que plus tard qu'il acheva son éducation et qu'il s'instruisit, de façon à devenir un homme érudit, en même temps qu'un artiste plein de feu et d'imagination.

Vers l'âge de vingt ans, son père, pour le soustraire à un amour sans issue et aussi pour compléter ses études, l'envoya en Italie. Il alla à Milan vers 1701 ; mais il ne comprit rien à la musique italienne et revint peu de temps après à Montpellier, où il prit quelques conseils de Lacroix, qui lui enseigna la règle d'octave. Il vint à Paris vers 1717, étant donc âgé de trente-quatre ans et n'ayant encore rien produit.

Cependant son talent d'organiste était déjà assez développé pour qu'il essayât de concourir avec Daquin pour la place d'organiste de l'église Saint-Paul ; il ne fut pas nommé, et la jalousie que son talent faisait déjà naître parmi les musiciens contemporains ne fut pas étrangère à cet échec.

On le nomma à l'église Saint-Étienne de Lille, puis, peu de temps après, à Clermont, en Auvergne. C'est là que, dans ces fonctions régulières, dans une ville tranquille, étrangère aux disputes artistiques, son génie acheva de se former et qu'il commença ses travaux de théorie musicale. Au bout de cinq années, il demanda au chapitre de vouloir bien résilier son engagement, afin d'aller à Paris faire connaître ses travaux. Le chapitre s'y refusa. Il s'appliqua alors à faire entendre les harmonies les plus baroques et les plus singulières que sa science, déjà très grande, pût lui faire inventer. On ne le retint pas plus longtemps. Avant de partir, Rameau racheta en une seule fois, par une improvisation magnifique, tout ce qu'il avait fait endurer aux oreilles des habitants de Clermont.

Il vint alors à Paris en 1721 et publia son *Traité d'harmonie* et ses *Sonates de clavecin,* puis il fut nommé organiste à l'église Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie. Il commença, à l'âge de quarante ans passés, le métier de compositeur d'opéra en écrivant des fragments de danse et de chant pour des pièces de Piron à l'Opéra-Comique.

En 1726, il publia un *Nouveau Système de musique théorique*. Rameau ne pouvait, malgré tout son talent, trouver un livret d'opéra. Il existe une lettre de lui à Lamothe, où il expose avec beaucoup de dignité ses vues sur la musique et où il le prie de venir entendre plusieurs cantates de sa composition. Il ne fut pas heureux dans sa demande, et peut-être

aurait-il attendu encore longtemps, si, grâce aux sollicitations du fermier général La Popelinière, Voltaire n'eût écrit pour lui le poème de *Samson,* qui fut refusé par l'Opéra. Enfin, l'abbé Pellegrin, celui-là qui « *vivait de l'autel et soupait du théâtre* », consentit, moyennant cinq cents livres, à lui confier le poème d'*Hippolyte et Aricie.* Il faut ajouter, à l'honneur de l'abbé, que, quand il eut connaissance de la musique du premier acte, il déchira le billet que lui avait fait Rameau.

La pièce fut représentée à l'Opéra en 1732 et souleva d'abord des critiques assez vives. Les nouveautés que Rameau apportait choquaient les admirateurs de l'ancienne musique de Lulli. On l'accusa de musique savante, de manquer de mélodie, etc., enfin de toutes les mêmes aménités dont on accueille ceux qui ont quelque originalité dans leur art.

L'abbé Desfontaines fit sur Rameau les vers suivants au sujet d'*Hippolyte et Aricie :*

Si le difficile est le beau,
C'est un grand homme que Rameau ;
Mais si le beau, par aventure,
N'était que la simple nature,
Quel petit homme que Rameau !

Rien n'était plus injuste que cette critique, car Rameau avait un génie essentiellement prime-sautier et naturel. L'accusation de « musique savante » est un contresens qui a été commis bien des fois

quand il s'est agi d'apprécier des œuvres nouvelles. Il est à remarquer qu'on l'applique généralement aux esprits essentiellement imaginatifs, aux inventeurs qui sont absolument le contraire des érudits. Rameau, Gluck, Beethoven ont tous été convaincus par leurs contemporains de n'avoir été que des combinateurs, tandis que leurs œuvres ne sont, au contraire, que des conceptions d'imagination et de véritables élans de génie.

Mozart, qui passe dans l'opinion du public pour un génie tout d'inspiration, à cause de son exquise et divine forme musicale, représenterait bien plutôt la science ; car il semble qu'il n'ait jamais eu besoin d'apprendre et qu'il ait su toute la musique en naissant.

Rameau s'était fait son langage musical à lui tout seul ; il continua la musique française qu'il avait apprise dans sa jeunesse et l'agrandit encore plus par son génie inventif que par sa théorie, qui est cependant fort importante. Ce qui le rend si intéressant pour nous, c'est précisément qu'il ne fut influencé par aucune école.

La musique italienne qu'il avait entendue à Milan ne lui avait rien dit. Il connaissait peu les travaux des musiciens allemands ; il était, comme tous les esprits très producteurs, plus occupé de ce qui était au dedans de lui que de ce qui était à côté. Aussi peut-on dire de lui que, de tous les musiciens du XVIIIe siècle, il est celui qui représente le mieux l'art national ; il est aussi le seul musicien français qui ait

régné sans partage pendant un temps assez long sur la scène de l'Opéra.

Il est difficile de faire apprécier par des mots seulement le caractère spécial d'une musique, mais celle de Rameau est si peu connue du public français que nous essayerons d'en donner une idée en nous aidant de la comparaison des écoles contemporaines.

Les Italiens contemporains de Rameau, A. Scarlatti, Galoppi, puis Pergolèse, avaient une forme musicale infiniment plus souple et plus vocale. Leur musique était correctement écrite ; mais la formule banale des airs et des récits y dominait déjà d'une façon très fâcheuse, excepté dans la musique bouffe, où les Italiens sont restés inimitables.

Si l'on prend comme point de comparaison les années de 1730 à 1740, époque des succès de Rameau, on voit que l'art musical produisait alors, en Italie, *la Serva padrona*, de Pergolèse ; en Allemagne, S. Bach, organiste à Leipzig (1733), composait ses admirables pièces fuguées ; Hændel, en Angleterre, conduisait l'Opéra italien et composait *le Messie*, en 1741.

Entre la légère et mélodieuse musique italienne, la profonde et savante musique de S. Bach, les immenses chœurs aux ondulations gigantesques de Hændel, Rameau représente l'art naturel de la race française ; d'un vol moins haut peut-être et moins libre que les autres musiques, la sienne emprunte à la terre qu'elle suit de près des parfums plus frais et

elle garde encore, malgré le genre très artificiel de l'opéra à cette époque, une certaine rusticité et une familiarité charmante qui lui donnent une saveur très particulière.

Encore maintenant, quand on joue quelque pièce de Rameau et surtout ses airs de ballet, on peut constater combien sa musique est restée en correspondance avec le public. Malgré l'interposition des chefs-d'œuvre de toutes sortes, qui ont paru depuis, il est rare que le public ne redemande pas spontanément le morceau. Les airs de ballet de Rameau furent, du reste, si appréciés de son temps, que les Italiens les intercalèrent dans leurs opéras.

Si l'on examine les œuvres de Rameau au point de vue dramatique, on reconnaît que son tempérament était plutôt instrumental que vocal. Aussi, est-ce dans les combinaisons des chœurs et dans ses airs de danse qu'il est le plus à l'aise; mais il y a cependant de très beaux airs et de pathétiques récits dans ses opéras. Il apporta aussi beaucoup de nouveautés dans l'instrumentation et dans le mouvement des chœurs.

Dans la série des musiciens de tous pays qui ont développé l'opéra français, il est l'anneau intermédiaire entre Lulli et Gluck.

L'énergie de ses récits et de ses chœurs et la vérité des accents dramatiques faisaient pressentir que la réforme opérée par Gluck était prochaine. Si l'on compare le génie de l'un et de l'autre, on voit que celui de Rameau était plus musical et celui de Gluck

plus dramatique. Il est certain, au moins, que c'est grâce à l'immense progrès que Rameau a fait faire à la langue musicale que les chefs-d'œuvre de Gluck ont pu être appréciés à leur tour.

Cependant Rameau eut à lutter d'abord contre les admirateurs de Lulli, qui n'admettaient rien au delà; puis, après avoir réussi à faire apprécier ses œuvres, il fut à son tour attaqué par les amateurs passionnés de la musique italienne.

La *Serva padrona,* de Pergolèse, représentée à l'Opéra en 1752, vint donner lieu à la « guerre des bouffons », pendant laquelle les partisans de la musique italienne se groupaient sous la loge de la reine, tandis que ceux qui tenaient pour la musique française se rassemblaient sous la loge du roi.

La musique italienne, légère de facture, heureuse et facile d'invention, scénique avant tout, séduisit avec juste raison une grande partie du public français; mais elle eut peu d'influence sur le caractère des pièces destinées à l'Opéra, et ce genre de spectacle, depuis Lulli jusqu'à Meyerbeer, exploité par des génies de toutes nationalités, n'en a pas moins continué son développement original sans avoir subi autre chose que des modifications apportées par les transformations de l'art musical.

La part de Rameau dans ce travail a été considérable; mais elle a été en partie effacée par le génie de Gluck, et peut-être serait-on surpris de voir que, dans bien des cas, Rameau avait été aussi loin que lui.

Comme théoricien, Rameau a joui, et à juste titre, d'une grande renommée ; il est le premier qui ait basé l'enchaînement des accords sur une démonstration véritablement scientifique.

Son *Traité d'harmonie,* commenté par le célèbre mathématicien d'Alembert, est certainement ce qui a été fait de plus sérieux dans ce genre de travaux. Cependant, sa théorie fondée sur la résonance des cordes a fait place à des traités d'harmonie modernes, qui sont plutôt des classifications arbitraires d'accords qu'un exposé logique de leur enchaînement. Mais tous les savants qui se sont occupés de cette matière, et parmi eux il faut citer Helmoltz, ont reconnu que Rameau a été le premier qui ait émis des idées justes au sujet de la consonance des sons.

En élevant une statue à Rameau, la ville de Dijon a consacré non seulement une gloire artistique, mais encore une gloire nationale que les changements rapides survenus dans la langue musicale ont fait oublier, mais dont l'étude ne serait pas sans profit pour l'art contemporain.

MÉHUL

(XVIIIe ET XIXe SIÈCLES)

On est toujours étonné, quand on parcourt l'œuvre entier d'un artiste qui a laissé une aussi grande renommée que celui dont nous parlons ici, de voir sur quelle partie restreinte la postérité le juge et combien de belles choses restent perdues pour elle.

Méhul n'est guère connu de la génération actuelle que par un opéra biblique, *Joseph,* et un chant patriotique, le *Chant du Départ,* et pourtant il a écrit quarante-deux opéras-comiques ou opéras, qui, presque tous, contiennent des fragments bien dignes encore d'être entendus.

Cependant ils sont voués à une obscurité définitive, et il est vraisemblable que ce n'est plus la main d'un chef d'orchestre qui tournera leurs feuillets poudreux ; un curieux ou un artiste seul, cherchant à se rendre compte des transformations de l'art, y viendra interroger la pensée du maître.

Cela fait comprendre l'éloignement des artistes engagés dans une production active pour les biblio-

thèques. Rien n'est décourageant comme ces vastes nécropoles de l'esprit humain où viennent s'accumuler tant de rêves, d'efforts et d'œuvres qui ont eu leur moment d'éclat.

Méhul est pourtant une des figures les plus originales de l'école musicale française, mais il faut dire que rien n'est plus opposé à son style que l'idéal poursuivi par la musique nouvelle ; autant celle-ci est agitée, féminine, pleine de demi-teintes et surtout descriptive, autant l'art de Méhul est viril, de premier plan, sculptural et expressif. D'un autre côté, de tous les musiciens français, c'est celui qui s'est le plus franchement séparé de tout ce qui avait charmé l'ancienne société.

Ce n'est pas que sa musique soit absolument distincte de celle qui venait avant ; les phases de tout art, quel qu'il soit, sont toutes solidaires, comme les couleurs du spectre solaire sont juxtaposées, mais sans qu'on puisse montrer exactement leurs limites.

Méhul fut un homme nouveau, et son génie était en rapport avec ce que le public demandait alors aux arts. En étudiant la partition avec laquelle il remporta son premier succès, en 1790, on se trouve bien loin de l'art des Philidor, des Monsigny, des Grétry ; cependant il fut leur contemporain. Mais l'art fleuri, discret, élégant de l'ancien monde avait fait son temps.

Les guirlandes, les bergers, les pipeaux avaient cessé de plaire et on les arrachait de partout avec fureur.

L'énergie, une simplicité grandiose et sévère, l'émotion sincère et forte, le désir du vrai plutôt que du beau, voilà ce que Méhul apportait dans sa musique.

En cela il continua l'œuvre de Gluck. Jusqu'à celui-ci, le but suprême avait été le plaisir; la musique, la danse, la décoration, groupées autour d'une action mythologique, furent effectivement une des combinaisons les plus agréables qu'on eût jamais mises sur un théâtre.

Gluck en élimina tout ce qui n'était pas nécessaire à l'expression ; il réduisit beaucoup le ballet et la mise en scène, et, à un certain point de vue, on peut dire qu'il attrista l'opéra.

Mais le chevalier Gluck, le protégé de la reine, le commensal de la société aristocratique, apporta dans cette rénovation bien des ménagements, tout en croyant n'en mettre aucun.

Méhul suivit ses traces avec un zèle qui n'était pas tempéré par une fréquentation aussi assidue du monde délicat et sceptique qui formait alors l'élite du public.

Il naquit à Givet le 24 juin 1763. Son père était cuisinier, et n'avait aucun moyen de lui donner de l'éducation. Cependant ses dispositions musicales furent telles, qu'à dix ans il tenait l'orgue de l'église des Récollets. L'intérêt qu'il excita le fit recevoir, gratuitement, à l'abbaye de Lavaldieu, où un organiste de talent, nommé Hauser, continua à l'instruire.

Il serait resté toujours peut-être dans cette paisible retraite, si le colonel d'un régiment en passage dans le pays ne l'avait engagé à aller à Paris et ne lui avait facilité son voyage.

Méhul arriva dans la capitale à l'âge de seize ans, en 1778, et commença à donner des leçons pour vivre.

Il finit par entrer peu à peu dans la société active de Paris et fit connaissance avec ceux qui dirigeaient alors l'opinion et qu'on appelait les *philosophes*.

Les ouvrages de Gluck, qui passionnaient tout ce qui s'occupait d'art, lui firent une impression très vive. On raconte, mais sans que le fait soit bien prouvé, qu'il eut l'idée, assez hardie pour un tout jeune homme, d'aller lui-même exprimer son admiration au grand musicien.

Gluck, dit-on, touché de la naïveté de cet hommage, le reçut avec bienveillance et l'emmena à la répétition d'*Iphigénie en Tauride ;* mais leurs relations n'en restèrent pas là : Méhul travailla sous sa direction, et, aidé de ses conseils, il composa comme exercice trois opéras qui ne furent pas représentés.

Grâce à la protection de son illustre maître, il fit recevoir un opéra intitulé *Cora*, qui ne fut représenté que longtemps après. Découragé de ce côté, il s'adressa à l'Opéra-Comique.

Il y débuta par *Euphrosine et Corradin* ou le *Tyran corrigé*. Il avait alors vingt-huit ans. Cet

ouvrage contient un finale et un duo d'une intensité dramatique inconnue jusque-là.

La situation du duo est celle d'une femme méchante qui excite la jalousie d'un prince barbare contre sa rivale. Le développement de cette passion, depuis ses premiers mouvements jusqu'à son explosion finale, est conduit avec une impétuosité et une habileté extrêmes ; il produirait encore aujourd'hui un très grand effet. C'était se poser en maître, et la pièce eut un très grand succès.

Stratonice, que Méhul fit représenter en 1792, passe pour l'ouvrage le plus complet de cette période de son talent. Mais c'est dans ce sujet qu'apparaît un défaut capital du génie de Méhul, c'est le manque de grâce et de charme.

Tout le monde se rappelle cette charmante anecdote de l'antiquité, où le médecin grec devine l'amour du jeune prince mourant, en sentant battre son cœur plus vite à la vue de Stratonice qui passe devant ses yeux.

Cette situation, où la grâce féminine a le rôle principal, a été délaissée par Méhul. C'est ici qu'on peut juger la différence de conception des différentes époques de l'art. Cette situation serait le point essentiel d'un opéra moderne composé sur le même sujet, et elle serait l'objet d'un morceau d'orchestre plutôt que d'une scène chantée.

Mais les temps d'alors, qui n'étaient pas favorables aux émotions douces, vinrent se refléter dans les ouvrages de Méhul. En 1794, il écrivit un *Horatius*

Coclès. Les paroles sont du citoyen Arnault. Horatius Coclès et Mutius Scævola sont les deux personnages principaux de la pièce. La rupture du pont de Sublicius en est le dénouement. Les paroles sont empreintes d'un patriostime farouche et la musique d'une simplicité énergique.

L'ouverture d'*Horatius Coclès* est une des plus belles de Méhul. Elle a une véhémence extraordinaire qui fait penser à l'ouverture que Beethoven composa plus tard sur un sujet analogue, *Coriolan*. Il semble que, débarrassés du style exagéré des paroles, les sentiments patriotiques de Méhul se soient trouvés plus à l'aise avec les instruments qu'avec les personnages.

Le *Chant du Départ* est de la même année; il fut exécuté à l'Opéra pour la célébration du quatrième anniversaire de la prise de la Bastille. C'est la seule musique patriotique qui puisse se mesurer avec la *Marseillaise* et qui soit destinée à rester avec elle dans la tradition populaire.

Peu de temps après, il fit paraître deux ouvrages qui eurent à compter avec la politique, un *Adrien* et la *Chasse du jeune Henri*. Le premier ne put être représenté que plus tard, en 1799. L'opéra-comique, la *Chasse du jeune Henri*, qui retraçait un épisode de la jeunesse de Henri II, fut sifflé à outrance par les républicains et applaudi à tout rompre par les royalistes. La musique d'ailleurs en était mauvaise. Tout le succès fut pour l'ouverture, qu'on fit répéter trois fois dans la soirée de la pre-

mière représentation. Ce morceau est resté classique.

Si l'on excepte une cantate officielle, les événements politiques ne vinrent plus troubler Méhul. Il entra dans la vie pratique de tous les hommes de talent. Il fut nommé membre de l'Institut et inspecteur du Conservatoire. Mais la plus belle part de ses œuvres n'était pas faite encore, et c'est celle-là qui nous reste à examiner.

Méhul, pendant deux ans, s'occupa activement des études du Conservatoire ; en 1799, il reprit possession de la scène de l'Opéra-Comique avec *Ariodant*, qui est aussi une de ses meilleures compositions.

C'est dans cet ouvrage que se trouve l'air célèbre de *Femme sensible*.

Il mérite une mention spéciale, parce que c'est un des rares passages de l'œuvre de Méhul où se fasse encore sentir le charme de l'art du temps passé. Cette romance est encadrée dans une scène assez poétique : une fête de nuit dans les jardins d'un palais.

Après un chœur qui, perdu dans la pénombre, chante la *nuit favorable à l'amour*, la voix seule fait entendre la jolie mélodie :

Femme sensible, entends-tu le ramage
De ces oiseaux qui célèbrent leurs feux?

Il y a dans cette romance comme un souvenir des grâces d'autrefois, tandis que le chœur l'entoure de

ce charme vague et sensuel, emprunté aux séductions de la nature, et que la musique moderne a exploité si souvent avec bonheur.

Méhul réussit aussi dans la comédie musicale.

L'*Irato* ou l'*Emporté*, qu'il composa pour se moquer de la musique italienne, eut beaucoup de succès.

Les compositeurs italiens étaient toujours en rivalité avec les Français. Le public ne voulait pas admettre que, dans la comédie surtout, les compositeurs français pussent les égaler.

Pour détruire cette prévention, on fit courir le bruit que la musique de l'*Irato* était d'un Italien nommé Fiorelli. La pièce réussit, et le public fut un peu mystifié en entendant nommer Méhul à la fin de la représentation. Cependant, malgré ses efforts pour imiter le style italien, Méhul est bien loin d'avoir donné au sien la légèreté et la vivacité d'allure qu'on trouve dans Paisiello ou Cimarosa.

On remarque aussi dans un petit opéra-comique, intitulé les *Deux aveugles de Tolède*, plusieurs morceaux très jolis, et entre autres un duo bouffe très gai des deux aveugles tenant chacun un bâton et cherchant s'il n'y a personne dans la chambre où ils se trouvent.

Bien que le comique de cette musique n'ait pas plus de prétention à la finesse qu'on n'en met aujourd'hui dans les opérettes, c'est encore de la gaieté de gens comme il faut, et la déformation du langage musical n'entre pour rien dans les spéculations du musicien.

Avec l'opéra d'*Uthal*, Méhul se montra très préoccupé de ce qu'on appelle la *couleur locale*. Dans cette partie, alors inexplorée, de la musique dramatique, il précéda Meyerbeer, avec lequel il a plus d'un rapport esthétique. Dans *Uthal*, sujet ossianique, il supprima les violons de l'orchestre et les remplaça par des altos, afin d'avoir une sonorité plus sévère.

Il faut croire que cet artifice amena de la monotonie; car Grétry, interrogé par Méhul sur l'effet produit, lui répondit qu'il aurait bien donné un écu de six livres pour entendre le son d'une chanterelle.

Le sujet d'un ouvrage de Cherubini, *Faniska*, qui fut proclamé le plus savant de son temps, troubla profondément Méhul, qui, malgré ses quarante-cinq ans, se remit à l'étude du contrepoint et de la fugue.

Peut-être cet effort intempestif eût-il obscurci complètement son inspiration, s'il n'avait alors rencontré le sujet d'opéra qui convenait tout à fait à son individualité. C'est *Joseph*, qui fut représenté à Paris le 17 février 1807. Il semble que son génie apaisé soit venu se reposer dans ce drame biblique, pour y prendre sa dernière et sa plus belle forme. *Joseph* restera comme un des chefs-d'œuvre de l'école française. Quelle sobriété et quelle justesse dans le coloris musical! quelle grandeur simple et sans effort dans l'expression de la douleur d'un père et de la tendresse d'un fils! Pas un accent faux, pas une formule inutile!

Méhul traduisit dans ce drame patriarcal toutes ses impressions de jeunesse, avec la force et la clarté que donne la complète possession dn métier ; magnifique floraison d'un talent où la sincérité des émotions et l'amour pur de l'art avaient toujours dominé.

Joseph n'obtint pourtant à Paris qu'un succès d'estime. C'est l'Allemagne qui en fit connaître la valeur aux Français, par l'admiration qu'elle lui témoigna. C'est une aventure qu'on rencontre fréquemment dans l'histoire de la musique en France.

Après *Joseph*, Méhul n'écrivit plus rien que d'inférieur à ce qu'il avait produit précédemment; des ballets et deux opéras qui ne réussirent point. La première représentation de l'opéra les *Amazones* fut traversée par un incident comique, qui est raconté par M. Viellard, dans une notice qu'il publia sur son ami Méhul en 1859 :

« L'opéra des *Amazones* tomba; l'ennui fut très grand. Une circonstance bizarre vint encore ajouter aux malheurs de ce triste ouvrage. Rien n'était plus défectueux que le dénouement qui, on peut bien le dire, tombait des nues, puisque Jupiter lui-même apparaissait au haut des airs, pour reconnaître comme ses fils Amphion et Zéthus. Au moment où cette révélation devait arrêter les traits des Amazones prêtes à frapper les fils inconnus de leur reine, on vit en effet se détacher du cintre le char de nuages, mais point de Jupiter. Le *deus ex machina* faisait défaut. Engagé dans une causerie, l'acteur Bertin

n'avait point entendu le sifflet du machiniste, et le char partit sans le dieu. On fut obligé de retenir Bertin voulant se précipiter des combles du théâtre. Ce qui rendit l'incident plus poignant pour lui, c'est que l'empereur Napoléon et Marie-Louise assistaient à cette représentation. J'étais à l'orchestre, et je puis rendre témoignage de l'hilarité que cet épisode excita chez les Majestés Impériales. Je doute que Napoléon ait jamais ri d'aussi bon cœur. »

La santé de Méhul ne résista pas à la décadence, dont il se rendait compte, de son talent fatigué. Il alla en Provence pour se rétablir ; mais il ne se trouva pas mieux de ce séjour et revint à Paris, où il mourut en 1817.

Son portrait, qui a été fait par plusieurs artistes, montre une figure à traits accentués et plébéiens, l'œil plein de franchise et de bienveillance ; c'est une physionomie sympathique et digne.

De même que tous les portraits sont d'accord sur les principaux traits de son visage, les auteurs qui ont parlé de lui sont unanimes sur son carattère, qui fut résumé ainsi par M. Quatremère de Quincy, dans son discours à l'Institut en 1818 :

« Justesse d'esprit, urbanité des mœurs, délicatesse de procédés, il réunissait tout ce qui fait l'homme aimable dans le monde et l'ami sûr dans les rapports de société. »

Comme artiste, ses défauts furent au moins autant ceux de son temps que les siens propres. On l'a comparé avec juste raison au peintre David ; il est

certain qu'il y a beaucoup d'analogie entre ces deux maîtres. Elle est surtout sensible dans leur interprétation des sujets empruntés à l'antiquité. A ce que celle-ci avait d'aimable et de naturel, ils substituèrent une austérité que celle-ci n'a jamais eue. Mais aussi, si leurs ouvrages n'ont pas le charme et l'abandon des époques précédentes, ils portent l'empreinte puissante des temps extraordinaires pendant lesquels ils ont été créés.

HÉROLD

(XIXe SIÈCLE)

En voyant reprendre, il y a quelque temps, le chef-d'œuvre d'Hérold, le *Pré-aux-Clercs,* dans la salle de l'Opéra-Comique, toute pimpante et parée d'une décoration moderne, comme si elle se préparait à oublier son passé, on aurait pu s'attendre à trouver, par contraste, un peu démodée la musique de cet opéra-comique, déjà vieille de plus de cinquante ans. Il n'en a rien été. A part quelques passages sans importance, elle est aussi vivace qu'au premier jour et le temps n'a pas amoindri ses reliefs.

Le plaisir que nous avons trouvé à réentendre le *Pré-aux-Clercs* nous a conduit à relire quelques-unes des partitions d'Hérold.

Il nous a semblé que, tout en étant une des gloires spéciales de l'Opéra-Comique, Hérold y avait cependant une place tout à fait à part et que, sans renoncer à la tradition de ce théâtre, il s'y trouvait souvent à l'étroit. Il y a, même dans ses ouvrages les plus légers, des procédés de composition et d'in-

strumentation qui décèlent d'autres aspirations que celles que pouvaient faire naître les livrets d'opéra-comique qu'il a traités.

En compulsant les différentes biographies d'Hérold, on ne trouve aucune remarque à ce sujet, et rien dans sa vie ne montre qu'il ait eu l'intention de franchir les limites qui lui étaient imposées par le genre qu'il avait adopté.

D'ailleurs, la biographie des artistes qui ont vécu dans ce siècle-ci n'offre presque jamais d'intérêt au point de vue anecdotique. Ce sont toujours des existences vouées entièrement au travail, qui n'ont même pas rencontré de variété dans les obstacles qu'elles ont eu à surmonter. Peut-être, dans les siècles passés, la vie des artistes était-elle plus facile, plus insouciante, moins plate; mais, depuis longtemps déjà, les arts se sont tellement compliqués, que l'étude technique en est devenue beaucoup plus longue et difficile, et il faut renoncer à la légende de l'artiste qui attend l'heure de l'inspiration, tout en vivant dans l'insouciance pendant les intervalles.

En réalité, l'histoire des artistes est celle de leurs ouvrages, qui sont les jalons de leur développement intellectuel. Certainement, les circonstances et les milieux qu'ils ont traversés ont pu avoir une influence sur leurs productions; mais ceux qui appartiennent à notre époque ont tous vécu à peu près de la même manière, et ce n'est pas là qu'il faut chercher la différence de leur génie.

Chez Hérold, comme chez beaucoup d'autres, la

vocation fut plus forte que les projets qu'on avait formés pour lui. Ce nom d'Hérold, qui résonne comme le choc d'une mandoline, semble avoir été prédestiné à devenir célèbre dans l'art musical. Son père, qui était lui-même un musicien distingué, ne désirant pas l'engager dans la carrière de compositeur, lui fit faire ses études littéraires, qui furent, dit-on, très brillantes.

L'intelligence et le goût des formes élégantes du langage contractés dans la jeunesse se font toujours sentir plus tard, quelles que soient les œuvres entreprises. Chez Hérold, ces qualités se sont transposées dans le langage musical. Les articulations de sa phrase mélodique sont précises; on n'y rencontre presque jamais de ces soudures qui font longueur et qui laissent entrer l'inattention par leurs jointures ouvertes. On remarque aussi dans son style un emploi très heureux de la syncope, ainsi que du rejet de la phrase sur le temps faible de la mesure. On en trouve de nombreux exemples dans *Zampa* (*A l'amour, à la folie*). Cet artifice donne à la mélodie une élégante énergie qui convient bien au sujet.

Cette vigueur de la phrase est une des causes qui donnent à Hérold une place à part parmi les maîtres de l'opéra-comique. Sa musique se trouve par là en dehors de l'idéal un peu bourgeois qui régna toujours à ce théâtre. Avec ce don naturel de l'invention mélodique, il eut en plus la finesse de sensation intime qui amène les trouvailles harmoniques et les heureuses combinaisons instrumentales.

La rapidité de ses études musicales fait foi de ses heureuses dispositions.

Entré au Conservatoire, dans la classe de piano d'Adam et dans celle de composition de Méhul, en trois années il enleva le premier prix de piano et le prix de Rome.

Son séjour dans cette ville dura trois ans, après quoi il se rendit à Naples. Son talent de pianiste lui valut l'appui de la cour, où régnait alors le roi Murat. Grâce à cette protection, Hérold put faire représenter dans cette ville un opéra qui eut un grand succès. On peut, à ce propos, faire un rapprochement assez curieux. Plus de cinq siècles auparavant, vers 1285, un trouvère français, Adam de La Hale, qui avait suivi le comte d'Artois à la cour de Charles d'Anjou, roi de Naples et frère de saint Louis, fit représenter une comédie mêlée de chant, intitulée : le *Jeu de Robin et Marion*.

Cette charmante et naïve pastorale est un véritable petit opéra-comique et le premier essai que l'on connaisse de ce genre de spectacle.

Ainsi, celui qui en fut l'humble précurseur et celui qui en porta si loin la perfection vinrent tous deux, à la suite de nos armées victorieuses, faire applaudir à Naples la musique française.

De retour à Paris, Hérold dut à son talent l'amitié et la protection de Boieldieu, qui l'associa à la composition d'un opéra de circonstance, *Charles de France*. Cet essai lui attira le livret des *Rosières* (1817), charmant petit opéra-comique où se remar-

quent de vives et naturelles mélodies et une grande intelligence de la musique scénique. Peu de temps après parut la *Clochette,* qui réussit fort bien.

A partir de ce moment, il y eut un temps d'arrêt dans le succès.

Hérold écrivit successivement le *Premier venu,* les *Troqueurs,* l'*Amour platonique,* l'*Auteur mort et vivant,* opéras-comiques qui ne réussirent que fort peu.

Pendant cette période, qui fut comme l'enfantement d'une nouvelle manière, Hérold composa aussi un assez grand nombre de pièces de piano; ce sont, pour la plupart, des airs variés très bien faits, qui dénotent un habile pianiste, mais où ne se montre pas le talent spécial du compositeur de musique de chambre.

Il était dans le passage ténébreux qu'on rencontre presque toujours dans l'existence des artistes qui vivent de l'exercice de leur art. Le métier l'absorbait. Il était pianiste accompagnateur au Théâtre-Italien, où il s'occupait à faire répéter les opéras de Rossini. Il fut envoyé en Italie, afin d'y chercher des chanteurs. C'est lui qui engagea pour ce théâtre la célèbre Mme Pasta et Rubini.

Cette relâche dans ses travaux et le voyage d'Italie lui rafraîchirent l'imagination, et, à son retour, il fit représenter le *Muletier* (1823), opéra-comique en un acte, plein de verve et d'une facture magistrale. Cette pièce lui ramena le succès et confirma sa réputation.

Dans un ouvrage peu connu, intitulé *Lasthénie,* représenté la même année à l'Opéra, on trouve des morceaux de premier ordre. Le sujet de la pièce est tout le contraire de ce qui convient à l'opéra : c'est une conversation en un acte entre Alcibiade, Cléomèdes et une courtisane grecque, Lasthénie, qui s'imagine de donner à ses deux poursuivants une leçon de fidélité conjugale. Cette littérature du chevalier de Chaillou est un peu ridicule. Cependant Hérold a trouvé moyen d'écrire un air, un duo et un trio qui sont des chefs-d'œuvre de musique de scène. La couleur abondante et facile des idées et la puissance de l'instrumentation ne le cèdent en rien à ce qu'il fera plus tard.

Hérold, à ce moment, était prêt; il ne lui manquait plus que l'occasion d'appliquer son génie à des sujets qui lui fussent appropriés.

Jusqu'alors, il avait une grande réputation, mais pas encore le vrai succès, celui qui rend un artiste populaire. Ce succès lui vint avec *Marie* (1826), où se révèlent la grâce, la sensibilité et la largeur de composition dramatique d'un maître.

En 1827, il passa chef du chant à l'Opéra. Ces nouvelles fonctions le détournent un moment du but auquel il tendait inconsciemment. Il composa plusieurs ballets : *Astolphe et Joconde*, la *Somnambule*, la *Fille mal gardée*, la *Belle au Bois dormant*, dans lesquels il montra une grande science de l'orchestration et une adaptation très étroite de la musique aux gestes de la mimique.

Le destin fait quelquefois faire bien des détours aux gens qu'il mène à la gloire, mais il semble que ce soit pour les rendre forts et capables de gravir les derniers sommets.

L'*Illusion* (1829) et *Emmeline* (1830) suivirent la composition de ces ballets. Cette dernière pièce ne réussit pas.

L'année 1831 est une des plus fécondes qu'ait traversées l'art musical. Elle vit paraître à l'Opéra-Comique un chef-d'œuvre qui complétait un genre : *Zampa*, et à l'Opéra : *Robert le Diable*, qui en commençait un autre.

Zampa eut un très grand succès, que l'on compare à celui qui accueillit la *Dame blanche*.

En effet, dans cette pièce, toute l'élégance, la rapidité, le brillant du style d'Hérold trouvent à se manifester. Ce dut être comme un éclat de lumière sur ce théâtre, où on entendait tant de choses charmantes, mais non pas écrites avec une pareille décision.

Zampa nous paraît résumer toute une époque de l'opéra-comique ; Hérold y a réuni tout ce que ce genre peut contenir de musique pittoresque et de musique dramatique. On a été souvent en deçà et au delà, mais toujours au détriment des proportions admises.

Le *Pré-aux-Clercs*, qui fut représenté l'année suivante (1832), nous paraît cependant encore supérieur à *Zampa*.

L'idée musicale a plus d'expansion, la facture

plus d'ampleur, enfin il s'y trouve, créée d'inspiration, cette fameuse couleur locale qui a été exploitée plus tard avec tant de grandeur par Meyerbeer. Pour ne citer qu'un seul passage où elle éclate ouvertement, qu'on se souvienne du chœur des Archers, au troisième acte, avec l'unisson des basses et des violons, qui exprime si bien la méchante joyeuseté des soldats de Charles IX.

Quel harmoniste délicat se révèle dans les simples et charmants accords qui accompagnent la première phrase du duo au premier acte :

Les rendez-vous de noble compagnie!...

Le dessin des altos et des violoncelles, qui se fait entendre pendant le passage de la barque qui porte le cadavre de Comminge, n'a-t-il pas au plus haut degré cette puissance dramatique qui tient attentifs à la fois et l'oreille et l'imagination devant un spectacle lugubre?

On a observé dans le style d'Hérold des influences produites par les maîtres allemands et italiens. Il ne pouvait guère en être autrement. La musique était dans une période de transformation violente. L'Allemagne avait Beethoven et Weber, l'Italie Rossini, et Meyerber était à l'horizon.

L'influence qui nous paraît la plus sensible dans la musique d'Hérold est celle de Weber. On la sent surtout dans la rapidité de certains traits de violon et dans l'emploi de certaines sonorités ; mais la

pensée est toujours originale. D'ailleurs, Hérold n'était pas un rêveur comme Weber ; il avait, avant tout, le génie musical de la scène et la puissance du relief mélodique.

Il mourut à quarante-trois ans, en 1833, au moment où, disait-il, il comprenait ce qu'il fallait faire pour le théâtre. Ce qu'il voyait alors, c'était le développement de l'opéra historique, avec son intérêt de coloris local, son action dramatique serrée, éléments qui se trouvent condensés dans le *Pré-aux-Clercs* et qu'il aurait certainement réalisés, si la mort ne l'avait surpris en plein exercice de ses facultés créatrices.

En souvenir de son glorieux père, M. Hérold, aujourd'hui sénateur et préfet de la Seine, a mis sa haute influence au service de l'art qui a commencé l'illustration de sa famille. Il a obtenu du conseil municipal de Paris qu'une somme de 20,000 francs serait consacrée à la récompense et à l'exécution d'une scène lyrique pour chant et orchestre, qui aurait été jugée digne de cet honneur à la suite d'un concours annuel.

FIN

FITCHBURG.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Préface. 1

INSTRUMENTS DE L'ORCHESTRE

Formation de l'orchestre 3
Le Violon et les instruments a archet. . 17
Les Violonistes. 23
La Flute. 34
Le Hautbois. 39
La Clarinette. 46
Le Basson. 53
Le Cor. 58
La Trompette. 65
Le Trombone. 74
Les Instruments de percussion. 80
La Partition d'orchestre. 86

INSTRUMENTS A CLAVIER

Pages.

L'Orgue. 105
— Les Jeux. 114
— Le Mécanisme. 124
— Style musical de l'Orgue. 134
Le Piano. — Le Clavicorde et le Manichordion. . . . 142
— L'Épinette. — Le Clavecin. 148
— Le Clavecin. — Le Forte-Piano 155
— Derniers perfectionnements. — Influence du piano sur la musique. 162
La Vielle. 170
Le Clavecin électrique. 175

INSTRUMENTS A CORDES PINCÉES

La Harpe. 182
Le Luth. 195

VARIÉTÉS MUSICALES

La Mélodie. 205
L'Harmonie. 220
Les Maîtrises. 241
Un concert au XVIe siècle. 255
La Musique des arbres. 263

Pages.

La Musique exotique a l'Exposition de 1878 270
Antiquités musicales. 279
Musique foraine. 289
Les Batteries de tambour 296
La Musique des mots. 306
Les différents noms des notes de la gamme. 312

PORTRAITS

Adam de La Hale (XIIIe siècle). 323
Claude Goudimel (XVIe siècle). 333
Les Philidor (XVIIe et XVIIIe siècles) 339
Rameau (XVIIIe siècle). 350
Méhul (XVIIIe et XIXe siècles). 359
Hérold (XIXe siècle) 371

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

FITCHBURG. MASS

Paris. — Imp. Ve P. Larousse et Cie, rue Montparnasse, 19.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

PAR A. CAZIN

DEUXIÈME ÉDITION

REVUE ET AUGMENTÉE

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 90 GRAVURES SUR BOIS

PAR B. BONNAFOUX ET A. JAHANDIER, ETC.

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79
1880

Droits de propriété et de traduction réservés

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

La chaleur; 3e édition. 1 volume in-18 jésus avec 92 vignettes par Jahandier et une planche en couleur. Prix, broché . . . . . 2 fr. 25

Les forces physiques; 3e édition. 1 volume in-18 jésus avec 58 vignettes par A. Jahandier. Prix, broché . . . . . 2 fr. 25

Le cartonnage en percaline bleue gaufrée, tranches rouges, se paye en plus, pour chaque volume, 1 fr. 25 c.

Imprimerie A. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

Cette deuxième édition a été mise au courant des découvertes les plus récentes par M. E. LEFEBVRE, *professeur des sciences physiques au Lycée de Versailles.*

LES MERVEILLES

DE

L'ÉTINCELLE

ÉLECTRIQUE

INTRODUCTION

1. — Lois et Théories.

L'étincelle électrique est peut-être le plus frappant des phénomènes qui sont produits par l'électricité. Ses modifications sont le sujet de mille expériences, qui charment la vue, et qui, lorsqu'on veut les approfondir, excitent à la recherche des plus intéressants problèmes de philosophie naturelle. La petite lumière qui jaillit à l'extrémité d'un long fil télégraphique, instantanément, au gré de l'opérateur, les flots de lumière éblouissante que lance un phare électrique, rival du soleil, n'excitent pas moins d'admiration que la contemplation du ciel parsemé d'étoiles. C'est qu'en présence de ces spectacles si divers, nous sommes saisis d'un désir invincible d'en connaître les causes, de découvrir les rouages cachés qui animent le monde des atomes aussi bien que celui des espaces célestes. Comment la pile électrique et le fil conducteur

engendrent-ils cette lumière? Comment la matière qui les compose entre-t-elle en mouvement pour produire dans nos yeux ces images extraordinaires, sortes d'étoiles terrestres que Dieu semble avoir mis en nos mains pour que nous puissions les diriger à notre gré, tandis que sa toute-puissance régit les étoiles innombrables de l'univers? Et lorsqu'à chacune des questions que pose notre esprit inquiet, la nature semble rester muette et nous dérober ses mystères, devons-nous céder au découragement, renoncer à interroger cette belle nature, jouir de ses trésors comme si nous n'avions pas une âme digne de la comprendre? N'est-il pas probable que, semblables à l'enfant qui questionne au hasard et sans réflexion, nous abandonnons notre esprit aux caprices d'une curiosité déréglée, et ne devons-nous pas espérer que devenus maîtres de nous-mêmes, et capables de poser les questions avec sagesse, nous pourrons graduellement approcher de la vérité, sinon l'atteindre. Au premier mouvement d'impatience doivent succéder le sentiment de notre faiblesse devant les œuvres du Tout-Puissant, et celui des ressources précieuses dont il nous a dotés, et dont nous avons le devoir de faire un noble usage.

Les premières questions qu'il nous est donné de résoudre sont relatives aux rapports qui existent entre plusieurs phénomènes qui paraissent au premier abord distincts les uns des autres. Car tout est lié dans la nature par des lois rigoureuses, et quand il s'agit des phénomènes de la matière, nos sens aidés d'instruments délicats, produits de notre intelligence, nous permettent de découvrir ces lois, sinon dans toute leur majestueuse simplicité, au moins avec un degré d'approximation suffisant pour beaucoup d'usages, et sans cesse perfectible. Le but particulier de la physique est la coordination des phénomènes de la matière, à l'aide de lois expérimentales, qui nous les présentent aussi bien dans le détail que dans l'ensemble, et dont le nombre diminue, à mesure que les

méthodes d'observation et de calcul se perfectionnent, et permettent de les rattacher entre elles par des lois plus générales.

Les questions de ce genre ne peuvent rester sans réponses ; c'est à nous de les trouver par un travail assidu et consciencieux. Nous pouvons lire dans le *livre de la nature* à force de persévérance, en nous guidant les uns les autres. Cette lecture, bannissant tout sentiment d'orgueil, nous procurera toujours les plus douces jouissances, et ennoblira notre esprit aussi bien que notre cœur.

Après les questions qu'on peut résoudre à l'aide de l'expérience, viennent d'autres questions d'un ordre plus élevé, dont la solution dépasse peut-être les forces de l'esprit humain. Demander par quel mécanisme le mouvement est transmis par la matière, depuis la pile, source de l'électricité, jusqu'au foyer lumineux dont nous avons étudié les lois expérimentales, c'est demander quelle est la constitution de la matière, quel est le principe de la force électrique, et de toutes celles qui sont mises en jeu dans le phénomène que l'on considère. Une telle question n'est pas du domaine de la physique; la science des principes des choses constitue une branche spéciale des connaissances humaines, la philosophie ; et pour aborder cette étude, il ne suffit pas de connaître les phénomènes du monde matériel, il faut y joindre toutes les notions que l'esprit humain peut acquérir, aussi bien dans l'ordre moral que dans l'ordre physique. C'est dire quelle immense difficulté présentent ces questions; elles agitent l'humanité depuis son origine et nous ne savons que trop combien de luttes elles ont excitées.

Ce que la physique peut nous apprendre à ce sujet c'est seulement le possible; elle peut écarter des solutions qui sont notoirement contraires aux faits observés. C'est à cela que se borne son rôle philosophique. Lorsqu'une hypothèse est présentée, concernant la constitution des

corps, il appartient à la physique d'en tirer par le calcul toutes les conséquences possibles, et de soumettre ces conséquences au contrôle de l'observation. On voit par là de quelle utilité sont les hypothèses sur la nature des forces physiques; elles suggèrent des expériences, et bien souvent celles-ci donnent des résultats inattendus, qui contribuent à accroître nos connaissances, tout en démontrant l'absurdité de l'hypothèse qui les a suggérées.

C'est ainsi qu'on a fait usage de l'hypothèse des deux fluides électriques, imaginée par Symmer. On suppose, dans cette théorie, que tous les corps à l'état naturel contiennent des quantités égales et indéfinies de deux fluides, dont l'un est appelé *positif* et l'autre *négatif*, que les particules de chaque fluide se repoussent entre elles et qu'elles attirent celles de l'autre, que dans l'état électrique, les fluides sont séparés et qu'ils peuvent entraîner dans leurs mouvements la matière pesante. En appliquant à cette hypothèse diverses données expérimentales sur la grandeur des attractions et des répulsions des petits corps électrisés, découvertes par Coulomb, les mathématiciens ont édifié un enchaînement rationnel des principaux phénomènes de l'électricité, qui permet de prévoir par le calcul un grand nombre d'effets, mais qui est loin de représenter tout ce que l'expérience a révélé. On ne cherche pas d'ailleurs par quelle sorte de mécanisme les particules des fluides électriques s'attirent ou se repoussent mutuellement et attirent les particules de la matière pesante. On réalise seulement un rapprochement artificiel et grossier entre divers phénomènes dus à la même cause sans rien apprendre sur la nature de cette cause. Aussi ceux qui font encore usage de l'hypothèse de Symmer ont-ils cessé d'employer le mot fluide dans son sens ordinaire; ce n'est plus qu'une abstraction, l'indication d'une manière d'être de la matière, représentée en langage mathématique, et, dès lors, il y a avantage à sup-

primer complètement ce mot, et à se servir simplement des expressions symboliques *électricité positive, électricité négative*, pour indiquer les deux manières d'être des corps électrisés. Quand on dit aujourd'hui qu'un corps conducteur possède à sa surface une couche d'électricité d'une épaisseur déterminée, on n'est pas plus avancé à l'égard de la nature de la force électrique, que lorsqu'à propos d'un corps pesant et de la force de pesanteur, on représente celle-ci par une traction vers le centre de la terre, exercée sur le centre de gravité du corps. On exprime simplement un fait en style mathématique. Suggérée par le désir de tout connaître, l'hypothèse en physique n'a qu'un règne éphémère; elle est bientôt abandonnée pour une autre mieux appropriée aux faits récemment découverts; mais elle a eu son utilité, ayant contribué aux découvertes, et introduit des conceptions mathématiques commodes pour grouper les phénomènes, et susceptibles de transformations graduelles, à mesure que progresse la science expérimentale. La forme abstraite de ces conceptions facilite leur transformation et peut satisfaire l'esprit humain, tant qu'il n'essaye pas de dépasser les bornes que le Créateur a assignées à sa puissance. Elle fournit la réponse au *pourquoi* qui obsède sans cesse; elle est au monde matériel ce que le tableau du peintre est au paysage, ce que l'art, sous quelque forme qu'il soit, est à la réalité.

Il résulte de cette impuissance de notre esprit dans la recherche des causes, que les hypothèses les plus diverses peuvent être mises à l'essai et l'histoire de l'électricité nous en offre de curieux exemples.

L'abbé Nollet s'était laissé guider surtout par l'apparence des aigrettes lumineuses qui jaillissent des corps électrisés. De son temps, le nombre des phénomènes électriques connus était peu considérable, les lois exactes étaient ignorées; le physicien contemplait, et ne mesurait guère ce qu'il avait sous les yeux. Les étincelles

électriques, avec leurs formes variées et bizarres, devaient surtout attirer l'attention des expérimentateurs. Voici comment l'abbé Nollet cherchait à se figurer la cause de l'électricité.

L'électricité serait l'effet d'un fluide particulier, sans doute le même qui produit les effets de la chaleur et de la lumière, *uni à quelque autre substance qui lui donne l'odeur*. Ce fluide serait présent partout, dans l'intérieur des corps, comme dans l'air qui les environne. Ses particules se meuvent, autant que possible, en ligne droite, et traversent les corps conducteurs avec facilité. Quand elles sortent d'un corps électrisé, elles forment des jets divergents, sortes d'aigrettes visibles ou non. Tant que durent ces émanations, des particules semblables viennent de toutes parts sur le corps, de sorte qu'il y a deux courants de fluide électrique, se mouvant en sens contraires ; mais l'un d'eux est plus fort que l'autre : les pores par lesquels le fluide sort du corps, pendant qu'on l'électrise, ne sont pas en aussi grand nombre que ceux par lesquels il y entre.

L'hypothèse de Nollet eut peu de succès. Il n'en est pas de même de celle du célèbre Franklin. Dans celle-ci on admet un seul fluide, dont les particules se repoussent mutuellement et attirent les particules de la matière pesante, de telle façon qu'à l'état naturel ces actions se fassent équilibre vis-à-vis des corps extérieurs. Dans un corps électrisé, la quantité de fluide est plus grande ou plus petite que celle qu'il possède à l'état naturel. Quant au mécanisme des attractions et répulsions dont il s'agit, l'hypothèse est muette, et ne donne pas plus de satisfaction que les précédentes à l'esprit du philosophe.

Aujourd'hui la découverte de la corrélation qui existe entre le travail mécanique des corps pesants, la chaleur et l'électricité, celle de l'identité du rayonnement de la chaleur et de celui de la lumière, celle de l'identité des causes de l'électricité et du magnétisme, ont amené les

physiciens à chercher une hypothèse capable d'embrasser tous les phénomènes du monde matériel, en les considérant comme les effets variés d'un agent unique ; c'est ce qu'on appelle le problème de l'*unité des forces physiques*. Une solution simple et générale d'un tel problème serait certainement une admirable invention ; elle permettrait d'embrasser d'un coup d'œil unique l'ensemble des nombreux phénomènes que nous sommes habitués à attribuer à des causes distinctes, et fournirait aux observateurs de la nature un puissant moyen d'investigation. Serait-elle la vérité ? S'il s'agit de voir dans l'hypothèse nouvelle un tableau exact du monde matériel, une figure représentative, elle pourra atteindre une ressemblance de plus en plus frappante, à mesure qu'un plus grand nombre d'artistes, de plus en plus expérimentés, retoucheront l'œuvre primitive. Mais elle ne révélera rien de ce qui concerne l'essence des forces, le principe des choses. Il y aura toujours, à chaque explication donnée, un *pourquoi* ou plutôt un *comment* sans réponse. On aura reculé l'obstacle, on ne l'aura pas franchi.

Vous dites qu'un seul fluide universel, l'*éther*, engendre les phénomènes d'électricité, de chaleur et de lumière ; qu'un corps électrisé *positivement* renferme ce fluide condensé, qu'un corps électrisé *négativement* renferme le même fluide raréfié ; puis pour expliquer l'action mutuelle, attractive ou répulsive, de deux corps électrisés, vous cherchez les conditions d'équilibre des deux corps et de l'air où ils sont placés. Cela vous oblige à doter le fluide hypothétique de certaines qualités qui sont suggérées par le résultat même que vous voulez atteindre. Certainement vous arriverez à un enchaînement d'idées logique ; et votre démonstration aura une rigueur mathématique, en ce sens que la conclusion sera une conséquence forcée des prémisses. Mais ces prémisses, que sont-elles, sinon des produits de votre imagination ? Si vous me les donnez comme telles, je les accepte volontiers, tant

qu'elles seront possibles, c'est-à-dire conformes aux faits observés: je ne saurais les accepter comme des *vérités* démontrées.

Dans vos raisonnements, vous êtes obligé de recourir à des analogies entre votre fluide hypothétique et les fluides réels et pesants que vous connaissez par expérience. Vous parlez de pressions exercées par les corps sur l'air ou *vice versa*.

Qu'est-ce qu'une pression? Considérée comme un effet, elle a un sens précis. S'agit-il d'un fluide pesant, c'est un poids, effet mesurable, dont nous ignorons la cause, mais dont la mesure nous suffit. Comment l'*éther* donne-t-il lieu à des effets analogues ? A cela, pas de réponse. De là l'usage inévitable d'un mot pour exprimer les causes inconnues des phénomènes. Ce mot, c'est *force*. Il représente une chose non figurable ; c'est une nécessité du langage. Qu'on le supprime, qu'on attribue la pression à la rencontre de particules en mouvement, on retrouvera dans le *choc* de ces particules quelque chose d'analogue, et aussi peu explicable.

Newton a dit : « déduire des phénomènes de la nature « deux ou trois principes généraux de mouvement, en- « suite faire voir comment les propriétés de tous les « corps et les phénomènes découlent de ces principes « manifestes, serait faire un grand progrès dans la philo- « sophie naturelle, bien que les causes de ces principes « fussent inconnues. »

On ne saurait énoncer d'une manière plus simple et plus précise le but de la physique. Tout porte à croire que le problème de l'unité des forces physiques, ainsi posé, recevra une solution dans un avenir peu éloigné. Dans l'état actuel de nos connaissances expérimentales il semble qu'on puisse le poser comme il suit.

L'univers matériel étant envisagé comme l'assemblage de deux systèmes de particules, les unes constituant les corps pondérables, les autres existant partout, soit dans

les corps pondérables, soit dans les espaces qui les séparent et constituant l'*éther*, trouver quelles sont les propriétés qu'il faut attribuer à ces deux sortes de particules, pour qu'on puisse enchaîner entre eux tous les phénomènes connus, en suivant les règles de la mécanique.

Déjà nous connaissons les propriétés nécessaires pour expliquer le rayonnement de la chaleur et de la lumière : elles servent de bases à la *théorie des ondulations*. On peut évidemment les compléter, de façon que l'électricité soit traitée comme un effet du mouvement de ces mêmes particules, que la gravitation et l'action chimique entrent aussi dans le même cadre. Jusqu'à ce qu'une bonne théorie soit éclose, l'enseignement des faits est le seul acceptable, surtout dans les ouvrages de vulgarisation. Les hypothèses passent ; les faits restent ; eux seuls nous avertissent de l'erreur de nos raisonnements et imposent à notre vanité un frein salutaire.

Avant d'aborder notre sujet, il est utile de faire une revue sommaire de quelques phénomènes dont la connaissance facilitera l'intelligence de ceux qui doivent nous occuper plus spécialement. Cette revue nous rendra manifestes l'unité qui règne dans la nature, et l'importance des lois générales par lesquelles nous formulons les résultats de l'observation. Ces lois expriment les analogies des phénomènes, et permettent d'établir des comparaisons qui remédient à l'insuffisance de nos organes, ou diminuent la fatigue de notre esprit.

2. — Incandescence par les actions mécaniques.

Tout corps suffisamment échauffé est lumineux sans avoir perdu ni gagné aucune quantité de matière pondérable. L'exemple le plus simple de cette propriété des corps, le plus simple parce qu'aucun autre corps n'intervient dans le phénomène, auquel on puisse attribuer

la communication du *feu*, est l'incandescence d'un projectile à l'instant où il vient choquer un obstacle. Ainsi une balle de fer lancée avec une vitesse suffisante, vient-elle heurter un obstacle inébranlable et mauvais conducteur de la chaleur, au moment du choc, la balle s'échauffe au rouge; elle devient lumineuse. Ce phénomène ne dure d'ailleurs qu'un instant, parce que la balle se refroidit ensuite très rapidement, soit par le rayonnement, soit par la conductibilité.

Une balle ayant une vitesse de 1194 mètres, atteint dans ces circonstances la température de 1500 degrés qui est celle de la fusion du fer.

Comme il est difficile de se trouver dans des circonstances favorables pour être témoin de ce phénomène, on doit chercher à faire une expérience de cabinet, qui montre un effet du même genre. Tel sera pour nous l'usage d'un appareil connu depuis longtemps sous le nom de briquet dans le vide. On s'en servait autrefois sans en tirer la conclusion dont nous avons besoin. Mais le progrès de la science a en quelque sorte rajeuni une vieille expérience, et elle remplit très bien notre but.

Un rouage d'horlogerie fait tourner rapidement une roue d'acier, sur le bord de laquelle s'appuie un silex.

Le rouage étant mis au repos, on le place sur la platine de la machine pneumatique et on le recouvre d'une cloche de verre munie d'une tige qu'on peut mouvoir du dehors. On fait le vide dans la cloche en manœuvrant les pistons de la machine; puis avec la tige, on met le rouage en liberté. La roue d'acier tourne en frappant le silex, et des parcelles incandescentes jaillissent du point de contact.

Nous battons ainsi le briquet dans le vide; de l'acier se détachent, sous le choc du silex, de petites parcelles de fer. Avant le choc, ces parcelles avaient la vitesse de la roue ; elles perdent brusquement cette vitesse en rencontrant la pierre et elles s'échauffent spontanément, au point de devenir lumineuses.

Lorsque nous battons le briquet dans l'air, le phénomène précédent se produit encore ; mais il se complique de l'action de l'air sur les parcelles incandescentes. L'oxygène de l'air se combine avec le fer suffisamment chauffé, et cette combinaison est par elle-même une source de chaleur et de lumière. Aussi, lorsqu'on reçoit les parcelles détachées pendant le choc sur une feuille de papier, et qu'on les observe au microscope, on en distingue trois sortes. Les unes sont anguleuses, ternes et sans éclat métallique ; ce sont des parcelles de silex ; les autres ont l'éclat métallique et n'ont pas de forme déterminée ; ce sont les parcelles d'acier qui ont été simplement échauffées pendant le choc. Enfin on observe des globules arrondis, doués du même éclat ; ce sont les parcelles de fer qui se sont combinées avec l'oxygène, et qui ont éprouvé la fusion par l'effet de l'action chimique.

Ces observations expliquent bien pourquoi l'incandescence est moindre dans le vide que dans l'air ; et elles viennent à l'appui de notre expérience.

Les corps deviennent lumineux dans d'autres circonstances analogues. Les essieux des roues s'échauffent quelquefois au rouge par le frottement, et mettent le feu aux voitures ; le fer des chevaux fait jaillir sur le pavé des étincelles ; deux morceaux de bois frottés vivement l'un contre l'autre s'allument spontanément ; c'est un moyen qu'emploient les sauvages pour faire du feu. Dans tous ces exemples, nous avons un corps animé d'une certaine vitesse qui perd cette vitesse en rencontrant un obstacle ; c'est à cet instant que la chaleur apparaît, et si cette chaleur est assez considérable, il y a production de lumière. Il n'est pas nécessaire qu'il y ait une action chimique ; ces effets se manifestent dans le vide, et le corps incandescent n'a pas changé de poids ; ce qu'il est aisé de constater à l'aide de la balance.

La loi qui régit tous les phénomènes d'incandescence dont il s'agit, est contenue dans la proposition suivante :

Lorsqu'un corps animé d'une certaine vitesse perd cette vitesse sans la communiquer à d'autres corps, *l'énergie de mouvement* est convertie en *énergie de chaleur*.

On évalue *l'énergie de mouvement* en mécanique, à l'aide de la masse et de la vitesse du corps, et l'*énergie de chaleur* en physique, à l'aide du poids du corps, de sa *chaleur spécifique* et de l'élévation de sa *température*.

Ce qu'on appelle ordinairement *échauffement* est, en langage scientifique, l'élévation de *la température*, mesurée à l'aide du *thermomètre*. Dans l'exemple précédent, notre balle de fer s'échauffait de 1500 *degrés centigrades* [1].

C'est à partir de 500 degrés environ, que les métaux deviennent lumineux quand on les échauffe. Ainsi l'argent est au rouge à 649 degrés, au rouge orange à 899 degrés ; il fond à 1000 degrés, et est alors au rouge blanc.

La couleur de la lumière émise par diverses substances varie d'ailleurs avec leur nature à la même température.

Y a-t-il une nouvelle transformation d'énergie, lorsque l'incandescence a lieu par un échauffement progressif ? Doit-on dire que l'*énergie de chaleur* est convertie en *énergie de lumière ?*

La science moderne rejette cette idée : elle admet que la chaleur et la lumière sont les résultats d'une seule et même modification subie par le corps, laquelle est simplement plus ou moins intense.

Lorsque cette modification a lieu à basse température, le corps n'agit pas sur l'organe de la vue pour y produire la sensation optique ; lorsque la modification a lieu à une température assez élevée, non seulement le corps est plus chaud que précédemment ; mais encore il agit sur notre œil et nous percevons la lumière. La distinction de *chaleur* et *lumière* est donc relative à nos sensations ; on dit qu'elle est *subjective*. Dans le corps qui est à la fois chaud

[1] Consulter pour la définition des mots scientifiques le *Dictionnaire des sciences* de Bouillet. Nouvelle édition, entièrement refondue. Hachette.

et lumineux, nous ne concevons pas deux modifications opérées simultanément ; il y a identité entre *chaleur* et *lumière* au point de vue du corps ; on dit qu'elle est *objective*.

En quoi consiste cette modification ?

Nous sommes sans cesse spectateurs de phénomènes de mouvement : nous voyons un corps animé d'une certaine vitesse rencontrer un autre corps et rentrer au repos, tandis que celui-ci acquiert du mouvement et, de plus si nous mesurons suivant les règles de la mécanique l'*énergie de mouvement* du corps choquant et celle du corps choqué, dans le cas où nul échauffement n'est appréciable; nous trouvons que ces deux quantités d'énergie sont égales. Tel est le résultat de l'expérience ancienne qui montre une boule d'ivoire choquant une boule semblable et d'égale grosseur.

Les deux boules sont suspendues par des fils, de manière que leurs centres soient à la même hauteur et qu'elles se touchent légèrement. On écarte l'une d'elles et on la laisse retomber ; à l'instant du choc, elle rentre au repos et la seconde boule est projetée de l'autre côté. Avec quelques mesures prises sur le cercle gradué le long duquel se meuvent les boules et avec leur poids déterminé à la balance quand elles sont inégales, on vérifie aisément que l'*énergie de mouvement* a été conservée pendant le choc, dans tous les cas réalisables.

Cet exemple montre le sens du principe de la *conservation de l'énergie du mouvement*, dont la connaissance est très ancienne, et l'importance très grande, puisqu'il régit nos machines motrices, telles que les moteurs hydrauliques, et tous ceux où l'on obtient du travail en utilisant la force *pesanteur*.

Lorsque l'énergie se transforme en chaleur, n'est-il pas naturel de penser que le mouvement *visible* du corps choquant engendre dans les particules de ce corps un autre mouvement *invisible*, qui produit les effets de la

chaleur et de la lumière? Notre œil muni des instruments les plus délicats ne pourrait saisir les déplacements de particules qui constituent cette sorte de mouvement; nos sens ne pourraient recueillir que l'effet extérieur de ces déplacements.

Cette conception n'est évidemment qu'une hypothèse. Mais n'est-elle pas conforme à toutes les notions que nous possédons sur l'univers matériel? Les mondes stellaires, qui nous semblent attachés à la voûte céleste, ne sont-ils pas dans notre pensée des corps doués de mouvements immenses, dont les détails échappent à notre vue, dont l'ensemble harmonieux nous est seul accessible? C'est donc par une puissante *induction* que nous pouvons accepter cette conception. A mesure que les conséquences que nous pouvons en *déduire* par le raisonnement sont vérifiées par l'observation, elle tend de plus en plus à devenir l'expression de la vérité; c'est justement cette série de vérifications que nous offre la physique moderne; aussi la *chaleur et la lumière doivent-elles être considérées aujourd'hui comme un mode de mouvement.*

Quel est ce mode de mouvement?

Ici la question est beaucoup plus embarrassante. Il faut chercher à se figurer un mouvement de particules des corps capables de produire tous les effets connus de la chaleur et de la lumière; essayer diverses hypothèses, en soumettant chacune d'elles au calcul, jusqu'à ce que l'une d'elles satisfasse le mieux possible aux conditions imposées, et accepter *provisoirement* cette hypothèse. Je dis provisoirement, parce qu'il peut arriver qu'une nouvelle observation ne puisse pas s'en déduire par le raisonnement, et qu'alors il faille la rejeter ou au moins la modifier, pour qu'elle s'accorde toujours avec les faits connus.

3. — Incandescence par les actions chimiques.

Nous avons habituellement recours aux phénomènes chimiques pour nous procurer la lumière. Il ne semble pas, au premier coup d'œil, qu'il y ait beaucoup de ressemblance entre une flamme de gaz et l'incandescence d'une parcelle de fer détachée par le briquet à pierre. Nous allons pourtant prouver que la ressemblance est réelle, et que dans les actions chimiques il y a encore une transformation d'énergie mécanique en énergie de chaleur. Par là, nous étendrons le principe que nous avons posé, et nous comprendrons dans la même loi des phénomènes très divers.

Nous devons d'abord nous rendre compte d'une combinaison chimique, et pour cela nons prendrons un exemple qu'il est très aisé de vérifier.

Jetez quelques gouttes d'acide sulfurique sur un fragment de baryte; immédiatement celle-ci devient incandescente. Si vous opérez sur 76 grammes de baryte, vous pourrez ajouter 40 grammes d'acide sulfurique anhydre et, après l'opération, vous aurez totalement changé la nature des substances mises en présence.

La baryte a un aspect terreux, grisâtre, spongieux; elle est un peu soluble dans l'eau; l'acide sulfurique est un liquide huileux, très dense, qui dégage de la chaleur quand on le mêle à l'eau; il rougit la teinture de tournesol bleue, tandis que la solution de baryte ramène au bleu cette même teinture rougie par un acide. Voilà deux substances essentiellement différentes l'une de l'autre. Eh bien, lorsque le contact a eu lieu entre elles, on obtient finalement une substance blanche, complètement insoluble dans l'eau, et sans aucune action soit sur la teinture bleue de tournesol, soit sur cette teinture rougie par un acide. Avec les proportions indiquées plus haut, vous ob-

tenez 116 grammes de cette substance, qu'on appelle *sulfate de baryte*. Vous retrouvez donc dans le produit de l'expérience la somme intégrale des poids de l'acide sulfurique et de la baryte primitivement employés.

Ainsi le mélange de ces deux substances a créé de la chaleur et de la lumière, sans qu'il y ait eu ni perte ni gain de matière et il en est résulté un nouveau corps, n'ayant aucune ressemblance avec elles : tel est le caractère essentiel de toute *combinaison chimique*.

Ajoutons que si l'on observe attentivement toutes les parcelles du sulfate de baryte, on les trouve semblables entre elles. L'action chimique s'est donc effectuée entre les plus petites particules de l'acide et celles de la baryte : on dit que les *molécules* de ces deux substances se sont unies étroitement. La force qui détermine cette réunion est appelée par les chimistes *affinité* : c'est une expression qui simplifie le langage, sans rien expliquer.

Il est évident que pour effectuer leur réunion les molécules d'acide sulfurique et celles de baryte se sont précipitées les unes contre les autres ; par conséquent elles ont acquis de la vitesse, puis cette vitesse a été anéantie. Bien que nous ne puissions voir ces mouvements moléculaires, nous les concevons très clairement, parce qu'ils sont inséparables dans notre pensée de l'idée de réunion.

Qu'est-ce que la chute des corps terrestres, sinon leur réunion au globe ? Nous appelons *pesanteur* la force qui détermine cette réunion, et les phénomènes journaliers de la pesanteur ne nous embarrassent nullement, bien que nous ne cherchions d'aucune manière à nous figurer la nature intime de cette force.

Nous devons procéder de la même façon à l'égard des phénomènes d'*affinité chimique ;* l'analogie est un guide excellent pour observer la nature. Or, ici elle est la plus grande possible.

Quand un corps terrestre tombe et ne rebondit pas, il crée de la chaleur pendant le choc. Une balle de fer qui

tomberait dans ces circonstances d'une hauteur de 72 681 mètres, s'échaufferait de 1500°; elle atteindrait le sol justement avec la vitesse que nous lui supposions dans le paragraphe précédent. Nous assistons quelquefois à un phénomène de ce genre; lorsqu'un *bolide*, ou pierre tombée du ciel, rencontre la terre, il s'y enfouit en volant en éclats, et chaque éclat possède pendant un instant une très haute température. C'est la chaleur créée par le choc qui fait éclater le bolide, surtout quand il est mauvais conducteur.

De même quand les molécules de deux corps différents se précipitent les unes contre les autres et forment un composé nouveau, il y a choc et création de chaleur. L'*énergie de mouvement moléculaire* due à l'affinité est convertie en *énergie de chaleur*.

L'incandescence due aux actions chimiques est donc bien un phénomène semblable à l'incandescence due aux actions mécaniques. Cette proposition établie, nous comprendrons aisément quelles sont les circonstances principales qui donnent lieu aux flammes dont nous faisons usage.

Toutes les combinaisons chimiques produisent de la chaleur; mais pour qu'il y ait lumière, il faut que l'affinité des corps mis en présence soit très grande. De plus, si nous voulons entretenir une source de lumière, il faut que le corps résultant de la combinaison soit enlevé, à mesure qu'il se produit, et que l'on renouvelle sans cesse à la même place les substances qui doivent se combiner entre elles. Alors à cette place apparaît un foyer continu de chaleur et de lumière.

Le type le plus parfait d'une source lumineuse est la flamme du gaz de la houille. Ce dernier est renfermé dans un gazomètre, et il se rend aux becs par des tuyaux au fur et à mesure que l'oxygène de l'air le brûle. Examinons avec quelque détail comment les choses se passent

Le gaz de la houille est un composé de charbon et d'hydrogène; lorsqu'il arrive au contact de l'air, et qu'on

en approche une allumette enflammée, on chauffe le mélange; il en résulte une séparation du charbon et de l'hydrogène, et une combinaison de ce dernier avec l'oxygène de l'air, qui est l'eau en vapeur. Le charbon reste pendant un instant à l'état de particules solides, fortement chauffées et très lumineuses ; puis il se combine à son tour avec l'oxygène et produit du gaz acide carbonique. Ce gaz et la vapeur d'eau sont donc les produits de la combustion; ils se dissipent très vite dans l'atmosphère. Mais à la place même qu'ils quittent arrive une nouvelle quantité de combustible ; elle est échauffée par la flamme de la précédente et se combine comme elle en produisant le même effet, et ainsi de suite. Il y a donc à la sortie du bec une suite de flammes qui se succèdent très rapidement à la même place, et cette place présente l'aspect d'une flamme continue, vacillante à cause des courants d'air qui déforment le lieu de l'action chimique.

Une flamme est toujours le lieu d'une combinaison chimique incessamment renouvelée, le théâtre de mouvements invisibles des particules de la matière, dont l'énergie est transmise aux corps environnants sous forme de chaleur, et à nos yeux sous forme de lumière. La flamme n'est visible que par les corpuscules pondérables qu'elle contient en suspension; sans le charbon qui existe en liberté dans la flamme du gaz de la houille avant sa combinaison avec l'oxygène de l'air, il n'y aurait qu'une lumière très faible, et pourtant les mouvements des particules gazeuses existeraient encore, ils agiraient seulement comme chaleur et non comme lumière.

Introduisons dans la flamme un fil très fin de platine. Il est alors chauffé à l'incandescence, et son éclat est beaucoup plus grand que celui du reste de la flamme. Déposons sur ce fil quelques parcelles d'un sel de cuivre, immédiatement la flamme deviendra verte ; avec un sel de soude, elle serait jaune ; avec un sel de strontiane,

rouge. Chaque substance produit à l'état d'incandescence une lumière de couleur particulière, suivant sa nature.

A quel état sont les particules en suspension dans la flamme? Comment peut-on les reconnaître, les distinguer les unes des autres, et apprécier les mouvements qui sont la cause de la lumière? Ce problème semble bien difficile à résoudre; il paraît moins complexe, si l'on se laisse guider par les analogies que présente ce phénomène avec d'autres déjà connus.

Vous êtes placé assez loin d'un orchestre pour que votre œil ne puisse voir ce qui s'y passe; vous entendez les sons des instruments, et votre oreille perçoit des impressions multiples qui se traduisent dans votre âme en sensations variées, tristes ou joyeuses, douces ou sévères. L'orchestre invisible est la source de ces sensations, comme la flamme est la source de la lumière qui frappe vos yeux. Faites abstraction de la sensation musicale, et cherchez à analyser le phénomène qui s'accomplit en dehors de vous; les expériences les plus simples et les plus concluantes vous auront bientôt fait connaître le mécanisme du son.

Placé près des instruments, vous reconnaîtrez d'abord que ce qui vous paraissait de loin un son unique, est un composé de sons simultanés dus à la vibration des divers instruments. Avec quelques artifices, vous verrez comment chacun d'eux est le lieu d'un mouvement oscillatoire de la matière qui le compose, comment ce mouvement est propagé par l'air jusqu'à votre oreille; comment celle-ci entre aussi en vibration. Lorsque cent instruments émettent à la fois cent notes différentes, chacun d'eux vibre à sa manière : ceux des notes graves exécutent des vibrations lentes, ceux des notes aiguës des vibrations rapides; chacune de ces vibrations engendre dans l'air une ondulation semblable à celle qu'engendre à la surface de l'eau le choc d'une pierre. Cent ondulations se propagent à la fois, sans se nuire les unes aux

autres, en se superposant suivant une loi d'harmonie, de même que cent pierres tombant à la fois sur une nappe d'eau tranquille développent à sa surface cent rides qui se propagent ensemble, et donnent lieu à un mouvement composé de cent mouvements ondulatoires simples.

Quand cette notion du son vous sera familière, vous serez en état de voir avec l'œil de l'esprit ce qui se passe dans une flamme.

Chacune des substances qui s'y trouvent est comparable à un instrument de musique; les molécules qui composent cette substance exécutent des mouvements vibratoires qui sont transmis à l'œil par l'*éther*. Cette sorte de matière n'est pas plus hypothétique que la matière pondérable; puisqu'elle représente simplement, par définition, la partie matérielle de l'univers qui est spécialement chargée de produire les phénomènes lumineux. La couleur de la flamme résulte de la superposition des ondulations lumineuses; le vulgaire ne sait pas décomposer cette couleur en ses éléments; mais le physicien, aidé d'instruments ingénieux, opère cette décomposition et réussit à analyser la couleur aussi bien que le son. Tel est le but de la méthode d'observation connue sous le nom d'*analyse spectrale*. Après les découvertes de Newton, de Frauenhofer, de Masson, de Foucault, et de tant d'autres physiciens, cette méthode a été vulgarisée par Kirchoff et Bunsen, et elle constitue une des conquêtes les plus importantes de la science moderne. Nous allons voir comment elle nous révèle la constitution d'une flamme à l'aide du spectroscope.

4. — Analyse spectrale.

La flamme du gaz de la houille est placée derrière une fente étroite qui est au foyer d'une lentille convergente (*fig.* 1). Les rayons lumineux émanés de cette flamme

traversent la fente, puis la lentille, deviennent parallèles et vont rencontrer un prisme de verre. Changeant alors de direction à travers le prisme, les rayons tombent sur une seconde lentille, qui les rassemble à son foyer, et ils for-

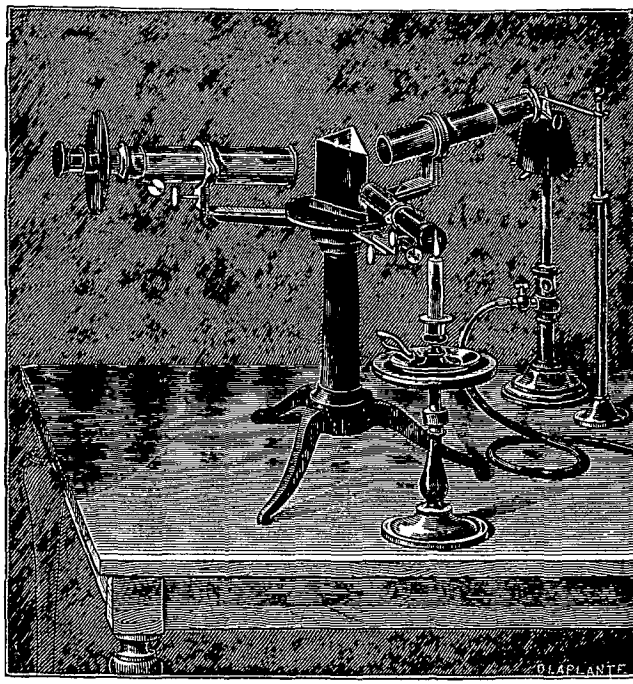


Fig. 1. — Spectroscope.

ment une image de la fente que l'on peut recevoir sur un écran blanc, s'il s'agit de la montrer à plusieurs personnes à la fois. Pour une observation individuelle et précise, il vaut mieux regarder cette image avec une troisième lentille convergente ou oculaire, que les rayons lumineux traversent avant de pénétrer dans l'œil.

On voit sur la figure, en avant, une bougie qui sert à éclairer une petite règle divisée transparente, dont on observe l'image par réflexion sur la face du prisme placée à gauche, du côté de l'oculaire. L'œil voit à la fois le spectre et les divisions de la règle, ce qui sert à désigner la position de chaque raie spectrale.

Voici maintenant les divers spectacles auxquels on peut assister.

Lorsque la partie brillante de la flamme est placée près de la fente, on voit l'image colorée qu'on appelle le spectre continu. Elle est produite par les parcelles de charbon solide qui sont en suspension dans la flamme ; celles-ci

Rouge. Orangé. Jaune. Vert. Bleu. Indigo. Violet.

Fig. 2. — Spectre du carbone.

développent des ondulations de toute grandeur qui ne présentent entre elles aucun rapport saisissable; elles se comparent à un instrument d'acoustique qui engendrerait une infinité de sons superposés, sans loi d'harmonie.

Lorsqu'on amène devant la fente du spectroscope le bas de la flamme qui est bleuâtre, on voit plusieurs faisceaux de lignes brillantes jaunes, vertes, bleues se détachant avec netteté sur un fond peu éclairé (fig. 2). Ces lignes sont produites par le charbon en vapeur, véritable gaz, aussi fluide que l'air. Ses particules viennent de se séparer de l'hydrogène, auquel elles étaient unies avant la combustion, et elles n'ont pas encore formé les agrégations solides dont nous venons d'observer les effets dans la partie brillante de la flamme.

Un fil fin de platine introduit dans la flamme engendre un spectre continu, comme celui du charbon solide. Mais lorsqu'on dépose sur ce fil une parcelle d'un composé métallique volatil, on voit apparaître un spectre de lignes brillantes qui est produit par le métal à l'état gazeux. Chaque métal est ainsi caractérisé par le spectre de sa vapeur incandescente. Si le fil de platine est recouvert de plusieurs substances différentes, chacune d'elles développera son spectre. Vous aurez réalisé cet orchestre mystérieux où chaque son est une couleur, où l'œil remplace l'oreille, et vous voyez dans votre pensée surgir un monde nouveau, que vous avez hâte d'explorer et qui vous prépare des merveilles inconnues.

Muni du spectroscope vous pouvez vous approcher de ces orchestres d'un nouveau genre qu'on appelle les flammes, découvrir les instruments qui les composent, compter même leurs vibrations. Il n'y a plus de distance qui soit un obstacle. Les astres eux-mêmes sont devenus accessibles. Vous saurez par l'aspect de leurs spectres de quelles substances ils sont formés; vous distinguerez dans le soleil les éléments gazeux et ceux qui sont solides et liquides; votre puissance d'investigation est tellement accrue que votre curiosité ne sent plus de bornes. Mais gardez-vous d'une audace téméraire! Que le succès d'une première tentative ne nous fasse pas oublier combien nous sommes petits devant l'œuvre du Créateur.

5. — Incandescence par le courant voltaïque.

La production de la chaleur par le courant voltaïque n'est qu'une forme particulière de l'activité chimique. Les expériences de M. Joule et plus tard celles de M. Favre ont mis cela hors de doute. Prenez un bocal rempli d'eau légèrement acidulée; plongez dans cette

eau une lame de cuivre de quelques décimètres carrés de surface, et une lame de zinc amalgamé de même dimension, en évitant que ces lames se touchent, et réunissez hors de l'eau les deux lames par un fil de métal; vous aurez constitué une *pile* et un *circuit voltaïque*.

Que se passe-t-il dans cet assemblage?

Une action chimique a lieu dans le bocal; le zinc, l'oxygène de l'eau et l'acide se combinent en créant de la chaleur. Mais cette chaleur se distribue à la fois dans le bocal et dans le fil de métal, au lieu de rester confinée dans les corps qui entrent en combinaison.

La cause de cette distribution est *l'électricité*, dont la nature intime nous échappe, aussi bien que celle de la pesanteur et de l'affinité. On emploie le mot *courant* pour désigner l'état du circuit formé par le cuivre, le fil métallique, le zinc et l'eau acidulée. On exprime simplement un fait en disant que le *courant voltaïque échauffe le fil*.

Si on allonge le fil, ou si on diminue sa section, on augmente la proportion de chaleur qui s'y développe. On peut par le choix d'un fil convenable y introduire la moitié, le tiers, le quart de la chaleur totale qui correspond à l'action chimique opérée dans la pile. Cette chaleur produira des échauffements différents suivant la disposition du fil.

Lorsque le fil a partout le même diamètre, l'élévation de température est la même en tous les points.

Lorsqu'une portion du fil a une section moindre que celle de l'autre portion, l'élévation de température y est plus grande. Avec une portion de fil assez courte, et assez fine, on verra le fil rougir et demeurer incandescent, tant que l'action chimique durera dans la pile. Telle est l'incandescence par le courant voltaïque.

C'est à M. Joule que nous devons la loi de cet échauffement. Supposons que la portion étroite du fil ait une section égale au centième de celle de l'autre portion; l'ex-

périence montre que si on remplace la portion étroite par un autre fil de même substance, mais d'une section et d'une longueur centuples, la quantité de zinc dissous dans la pile et la proportion de chaleur développée dans le fil total pendant un temps donné ne changent pas. Le fil fin équivaut donc à un fil de section et de longueur centuples, et la chaleur créée dans le fil fin est égale à celle qui serait créée dans une longueur de fil gros cent fois plus longue. Or le poids du gros fil est 10 000 fois celui du fil fin; par conséquent ce dernier recevra une élévation de température 10 000 fois plus grande.

De plus supposons que le fil fin ait un décimètre de longueur, le gros fil qui complète le circuit ayant dix décimètres. Nous venons de voir que le décimètre de fil fin équivaut à une longueur centuple de gros fil, c'est-à-dire à 100 décimètres. La chaleur se distribue donc entre le fil fin d'un décimètre et le gros fil de 10 décimètres, comme elle se distribuerait entre un gros fil de 100 décimètres et le même fil de 10 décimètres. Puisque dans ce dernier cas la chaleur serait distribuée uniformément, le fil de 100 décimètres dégagera 10 fois plus de chaleur que l'autre. Ce sera la même proportion entre notre fil fin d'un décimètre et l'autre portion de gros fil qui forment le circuit supposé. Donc finalement en établissant le circuit voltaïque avec un fil fin, ayant une longueur égale au dixième de celle du gros fil, et une section cent fois moindre, on développera dans ce fil fin dix fois plus de chaleur que dans l'autre, et comme son poids est mille fois moindre, son élévation de température sera dix mille fois plus grande.

On voit bien quels sont les rôles de la longueur et de la section, quand il s'agit de l'incandescence.

Les mêmes principes s'appliquent à la célèbre expérience de Davy, désignée sous le nom d'*arc voltaïque*.

La pile est formée d'un grand nombre d'éléments analogues à celui que nous venons de décrire (fig. 3).

Aux extrémités sont attachés d'une part au zinc, d'autre part au cuivre, deux fils de cuivre qui aboutissent à des

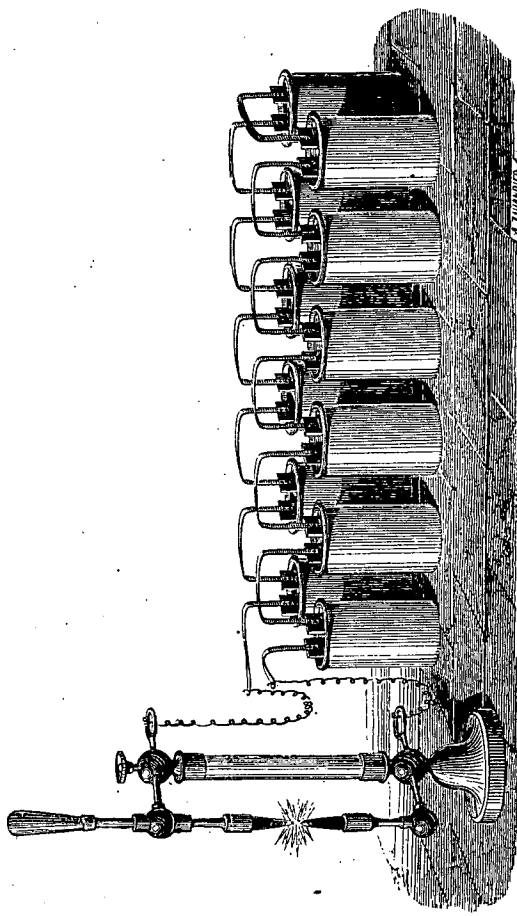


Fig. 5. — Arc voltaïque.

tiges métalliques portant des charbons taillés en cône. Les pointes des cônes étant mises en contact, le courant

s'établit. Dès qu'on les éloigne légèrement l'une de l'autre, une lumière éblouissante jaillit dans l'intervalle; c'est la lumière électrique ou arc voltaïque. L'analyse spectrale nous a appris que ce jet lumineux est constitué par des particules de charbon, de sorte qu'elles complètent le circuit, comme le fil fin de notre expérience précédente. Une très petite longueur de ce jet équivaut à une longueur considérable du fil de cuivre. Voilà pourquoi l'élévation de sa température et la lumière émise sont énormes.

En remplaçant les charbons par des cônes de divers métaux, on obtient encore le même effet; mais la lumière a une couleur particulière et l'analyse spectrale nous prouve que l'arc est formé par des particules de métal détachées des cônes et réduites en vapeur. Toutes les particularités de ces belles expériences sont conformes à la loi de Joule, relative à l'échauffement des fils fins placés dans le circuit voltaïque.

Quant à la nature de l'électricité, c'est-à-dire de la force chargée de distribuer le mouvement calorifique dans la pile et dans le *conducteur du courant*, il faudrait imaginer une hypothèse capable d'expliquer les lois de cette distribution et tous les faits relatifs au courant voltaïque, et cette hypothèse serait provisoire, et subordonnée aux découvertes ultérieures, aussi bien que l'hypothèse qui concerne la nature de la chaleur. Le choix de telles hypothèses est le but le plus élevé de la physique, et l'incertitude qui les entoure rend leur exposition plutôt nuisible qu'utile dans un enseignement populaire. Comme nous le disions plus haut, la vulgarisation des conquêtes de la science ne doit comprendre que la description fidèle des phénomènes qui ont été observés et l'enchaînement rationnel de ces phénomènes, fondé sur un petit nombre de propositions qui sont l'expression la plus générale possible des résultats de l'observation. C'est la seule manière d'initier le lecteur à la

connaissance de la nature, et de lui fournir les moyens d'utiliser cette connaissance pour le bien-être de l'humanité. Fortifié par cette première étude, il peut à son tour entrer dans la voie des découvertes, sans craindre de confondre le réel avec l'imaginaire, et si une culture mathématique suffisante lui permet d'essayer quelque théorie fondée sur l'hypothèse, il saura toujours discerner une vérité physique d'une conception provisoire, nécessairement entachée de l'incertitude qui règne dans les spéculations abstraites de l'esprit humain.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE DE L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

Depuis Thalès de Milet, 600 ans avant l'ère chrétienne, jusqu'au dix-septième siècle, le seul phénomène électrique connu était l'attraction des corps légers par un morceau d'ambre frotté. Un médecin anglais, Gilbert, reconnut que l'ambre n'était pas la seule substance capable d'acquérir cette propriété par le frottement. Ses expériences décrites dans son *Traité de l'aimant* appelèrent l'attention des académiciens de Florence qui augmentèrent la liste des corps jouissant de la même propriété.

Vers le milieu du dix-septième siècle, Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg, qui s'occupait de physique avec succès, découvrit par hasard la répulsion électrique. Il électrisait un globe de soufre, en le faisant tourner, afin que sa main appliquée sur le globe produisit le frottement nécessaire, et il présentait à ce corps électrisé de petits corps très légers, tels que des fragments de papier sec, de sureau, des barbes de plume. Il vit avec surprise quelques-uns de ces fragments fuir le globe de soufre, dès qu'ils l'avaient touché. Ce fut le point de départ de nouvelles recherches. Plus tard, ayant suspendu à des

cordons de soie une corde de chanvre, il approcha une de ses extrémités du globe de soufre électrisé et il observa que la corde de chanvre attirait aussi dans ces circonstances les corps légers ; il découvrait ainsi que les corps peuvent s'électriser par communication, quand ils sont suspendus convenablement. C'est aussi Otto de Guericke qui aperçut le premier l'*étincelle électrique*. Se trouvant dans l'obscurité et ayant approché la main du globe électrisé, il vit une lueur très faible et instantanée entre le globe et sa main ; il compara cette lueur à celle que présente le sucre quand on le broie dans l'obscurité. Réitérant cette expérience, il entendait un petit bruit à l'instant où la lueur apparaissait.

Otto de Guericke mourut en 1686 ; il laissait un champ très vaste à explorer ; aussi les savants de toute l'Europe se mirent à l'œuvre, et dans le siècle suivant la physique s'enrichit de nombreuses découvertes en électricité.

Complétant une découverte précédente d'Otto, le physicien anglais Grey démontra en 1727 que tous les corps peuvent être électrisés ; les uns comme l'ambre, le soufre, le verre, la résine, par le frottement ; les autres, tels que les métaux, par communication, à condition qu'ils soient soutenus par des supports de la première espèce. C'est donc à Grey que nous devons la distinction en corps bons et mauvais conducteurs de l'électricité. On appelle *isoloirs* les supports mauvais conducteurs que l'on emploie pour électriser les corps bons conducteurs. Grey employait des tubes de verre, qu'il frottait avec une étoffe de laine pour les électriser ; il reconnut que l'étincelle éclate entre un pareil tube et tout corps conducteur qu'on en approche. On pouvait alors obtenir des étincelles de 1 ou 2 centimètres, visibles dans une demi-obscurité, et faisant entendre un bruit que Hauksbée appelle un *craquement*.

Outre l'étincelle proprement dite, on avait observé certaines lueurs sur les corps électrisés. Boyle paraît être le

premier qui ait été témoin de ce phénomène; Sympson avait aussi remarqué qu'en passant la main bien sèche sur le dos d'un chat on rendait son poil lumineux dans l'obscurité. Grey fit une étude particulière de ces lueurs, en se servant de barres de fer suspendues par des cordons de soie (1734). Ayant ainsi disposé une barre de fer pointue dans l'obscurité, il approcha d'une extrémité un tube de verre électrisé, et il vit luire à l'autre un cône de lumière faible et violacée; il lui donna le nom d'*aigrette électrique* que l'on a conservé. Grey fut tellement émerveillé de cette découverte, que, « comme saisi d'un « esprit de prophétie, il annonça une découverte qui ne « se fit que bien longtemps après. Quoique ces effets, « dit-il dans les *Philosophical Transactions*, n'aient été « produits que très en petit, il est probable qu'on pourra, « avec le temps, trouver une façon de rassembler une plus « grande quantité de feu électrique, et par conséquent « d'augmenter la force de cette puissance, qui, par plu- « sieurs de ces expériences, s'il est permis de comparer « les petites choses aux grandes, *semble être de la même* « *nature que celle du tonnerre et de l'éclair* [1]. »

Grey était le précurseur de Franklin, à qui était réservée la gloire de démontrer en 1752 l'identité de la foudre et de l'électricité, et celle plus grande encore d'enseigner à l'homme les moyens de se préserver de ses redoutables atteintes.

Grey avait un digne émule en France : c'était Dufay, auquel nous devons la découverte capitale de la *dualité électrique*. Une de ses plus belles expériences conduit à deux conclusions: d'abord que l'électricité du verre poli frotté avec la laine n'est pas de même espèce que l'électricité de la résine frottée de la même façon (pour exprimer ces deux manières d'être de l'électricité, Franklin a appelé *positive* la première et *négative* la se-

[1] *Éléments de Physique* de Sigaud de Lafond, Tome IV. 1777.

conde) ; ensuite qu'un corps électrisé quelconque ne peut posséder une troisième espèce d'électricité.

Personne, avant Dufay, n'avait tiré une étincelle d'un corps animé, rendu électrique par l'approche d'une source d'électricité. Voici comment il fit cette découverte :

Il s'était mis dans un plateau de bois, suspendu par des cordons de soie, comme un plateau de balance, afin de se faire électriser. On approchait de lui un tube de verre récemment frotté, et il attirait avec ses mains de petites feuilles de métal qu'on lui présentait. Une de ces feuilles étant tombée sur sa jambe, une personne voulut la ramasser, et en la touchant elle sentit une petite piqûre au bout du doigt. On répéta l'expérience : les assistants entourèrent Dufay et firent ainsi une certaine obscurité autour de lui. Alors on vit qu'une étincelle éclatait entre le doigt et le point du corps de Dufay qui en était le plus voisin : Dufay lui-même sentait une piqûre à l'endroit de l'étincelle.

Telle est l'origine de la célèbre expérience du *tabouret isolant* sur lequel une personne se place pour être électrisée. On tire des étincelles de toutes les parties de son corps; elle-même en fait jaillir une toutes les fois qu'elle cherche à toucher les objets voisins qui ne sont pas isolés. En même temps ses cheveux se hérissent et elle éprouve sur le visage une sensation semblable à celle que produit le contact d'une toile d'araignée.

De telles expériences étaient à cette époque faites pour exciter une vive admiration : aussi elles étaient répétées sous les formes les plus variées, et elles devenaient un sujet de récréation fort recherché. Brydone faisait monter sur des tabourets isolants deux personnes dont l'une avait une abondante chevelure, blonde autant que possible, et qui n'avait été ni poudrée, ni pommadée depuis plusieurs mois. L'autre tenait un peigne à la main et le passait dans l'abondante chevelure. Chaque coup de peigne pro-

duisait une lueur et l'on tirait des étincelles de ces deux personnes.

Bose, professeur à Wittemberg, eut un grand succès avec une expérience qu'il appelait la *béatification électrique*. Il mettait sur la tête de la personne montée sur le tabouret isolant une couronne de métal à pointes mousses. Lorsque cette personne était électrisée dans l'obscurité, il sortait de sa tête, par les pointes de sa couronne, des aigrettes lumineuses dont l'assemblage représentait assez bien l'auréole que les peintures nous montrent autour de la tête des saints. Bose ayant publié cette expérience, les physiciens cherchèrent à la répéter; mais comme l'auteur n'avait pas mentionné la couronne, aucun d'eux ne réussit. La béatification devenait simplement une innocente supercherie. Pourtant Jallabert, professeur à Genève, s'approcha beaucoup de l'expérience de Bose, sans se servir du même artifice. Un jeune homme fut isolé avec soin, il était vêtu d'un tissu de fil et de coton, et il communiquait au moyen d'une grosse barre de fer avec un excellent globe que l'on électrisait. « Ses habits, dit Jallabert, principalement vers « les bords, se parsemèrent d'une infinité de points lu- « mineux. J'en aperçus aussi aux extrémités de ses che- « veux, surtout à ceux du derrière de la tête.... A six « pieds de distance de la barre, un bout de ficelle atta- « chée au plancher et qui servait de prolongement à un « des cordons de soie sur lesquels reposait la barre se « couvrit aussitôt de points lumineux[1]. »

Des lueurs électriques furent observées dans une foule de circonstances, non seulement dans l'air, mais aussi dans le vide de la machine pneumatique. Hauksbée faisait rentrer l'air dans le récipient de cette machine sous forme de bulles traversant une couche de mercure; le mercure paraissait en feu. Mais il ne suffisait pas d'ob-

[1] *Éléments de Physique* de Sigaud de Lafond. Tome IV, 1777.

server les apparences bizarres des étincelles, des aigrettes et des lueurs, il fallait en étudier toutes les propriétés.

En 1744, Ludolf, médecin allemand, confirma l'idée de Dufay, que l'étincelle électrique était un véritable feu. Jusqu'alors aucune expérience n'avait montré la chaleur dans l'étincelle. Ayant versé de l'éther dans une capsule de métal isolée, il la fit communiquer avec le conducteur de sa machine électrique, et il tira avec le doigt une étincelle au-dessus du liquide; immédiatement l'éther s'enflamma. On réussit ensuite à enflammer l'alcool, la poussière de colophane, la poudre à canon, en la mêlant avec un peu de camphre et la chauffant préalablement; on ralluma une bougie, en faisant passer l'étincelle à travers la mêche encore chaude. Une importante propriété de l'étincelle se trouva démontrée par ces expériences.

Une nouvelle découverte vint agrandir encore le domaine de l'électricité; elle fut due encore au hasard; mais, reconnaissons-le bien, un pareil hasard n'arrive qu'à ceux qui consacrent leur vie à de patientes recherches, et pour lesquels la découverte d'une loi de la nature est la plus belle récompense que Dieu réserve à leur dévouement. Habitués à observer attentivement ce qui se passe autour d'eux, ils ne laissent rien échapper à leur investigation, et leur principal mérite est de savoir profiter d'une circonstance fortuite, d'en tirer les conséquences qui échapperaient à un spectateur ordinaire.

En 1746, à Leyde, Muschenbrock, célèbre professeur de cette ville, remarquant avec ses amis Cunéus et Allaman que les corps électrisés exposés à l'air perdaient rapidement leur électricité, imagina d'isoler les corps de l'air en les renfermant dans des vases mauvais conducteurs. Il voulut donc voir si l'eau placée dans une bouteille de verre recevrait plus d'électricité que si elle était contenue dans un vase ordinaire. Tenant d'une main

la bouteille, il voulut détacher la chaîne qui faisait communiquer l'eau avec le conducteur de la machine électrique, lorsqu'il crut l'eau suffisamment électrisée; à cet instant il se sentit frappé, sur les bras et sur la poitrine, d'un coup subit qui l'étonna tellement que, rendant

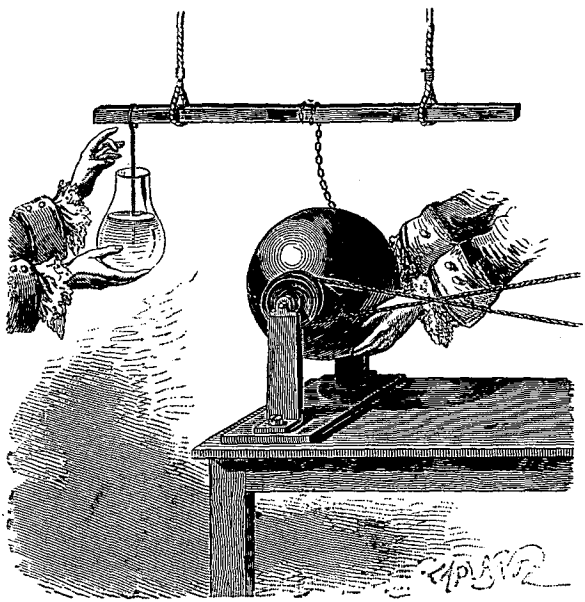


Fig. 4. — Découverte de la bouteille de Leyde.

compte, quelques jours après, de cette expérience à Réaumur, il l'assurait qu'il ne voudrait point la recommencer pour la couronne de France [1] (fig. 4).

Ajoutons, pour compléter ce récit, qu'une étincelle jaillit entre la main de l'opérateur et la chaîne, en même temps qu'a lieu la commotion.

[1] *Éléments de Physique* de Sigaud de Lafond. Tome IV, 1777.

Après une étude sérieuse de ce phénomène, on adopta plusieurs perfectionnements qui augmentèrent la puissance de ce nouvel appareil. Allaman plongea la bouteille dans l'eau jusqu'au goulot, pendant qu'on l'électrisait, et pour recevoir la commotion, il toucha cette eau d'une main, tandis que de l'autre il touchait la chaîne. La commotion et l'étincelle étaient plus fortes que précédemment. Enfin, Bevis supprima l'eau, aussi bien en dedans qu'en dehors de la bouteille ; il colla une feuille d'étain extérieurement, jusqu'à une certaine hauteur, remplit la bouteille de feuilles de clinquant, et ferma le goulot avec un bouchon traversé par une tige de cuivre recourbée. Telle est la forme usitée encore de nos jours. Pour se servir de l'appareil, on tient la bouteille par la panse, et on touche la machine électrique avec la tige de métal. Quand la bouteille est chargée d'électricité, il suffit d'approcher l'autre main du crochet pour éprouver la commotion et voir l'étincelle. Cette étincelle est grosse et brillante, lorsqu'on réunit la feuille d'étain extérieure et le crochet par un conducteur de cuivre à charnière (fig. 5). On appelle ce conducteur l'*excitateur*, et *armatures* les feuilles de métal qui garnissent l'appareil.

Pendant la seconde moitié du dix-huitième siècle, les physiciens multiplièrent à l'infini les expériences d'électricité. Les appareils furent perfectionnés, particulièrement les machines électriques.

Dufay n'avait employé que des tubes de verre, bien que déjà Hauksbée eût disposé un globe tournant rapidement autour d'un axe. Hausen à Leipzig, Bose à Wittemberg, se servaient de ce dernier procédé. Le P. Gordon faisait tourner un cylindre de verre à l'aide d'un archet. Les globes de verre étaient généralement adoptés à l'époque de l'expérience de Leyde. Leur usage était assez périlleux. On voyait souvent un globe voler en éclats pendant sa rotation et les fragments de verre étaient projetés assez loin dans un plan perpendiculaire à l'axe. Sigaud de La-

fond raconte qu'un jour il vit un éclat de son globe couper à vingt-trois pieds de distance une corde qui supportait un aimant. Les machines à cylindre tournant rapidement donnaient lieu aux mêmes accidents. Aussi était-il nécessaire d'éviter l'emploi de la main comme frottoir. Winkler, à Leipzig, fixa un coussin contre le-

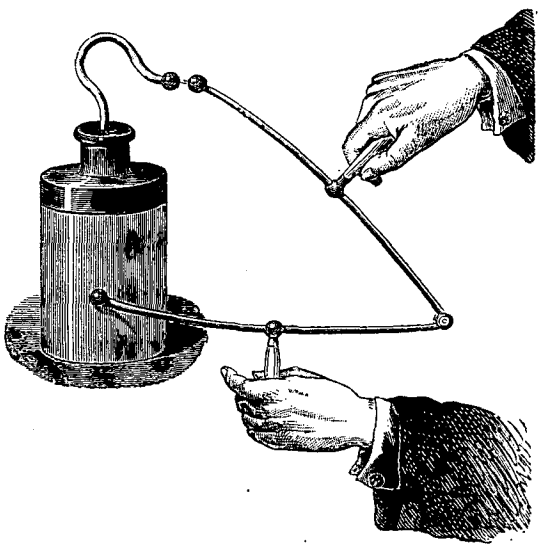


Fig. 5. — Décharge de la bouteille de Leyde.

quel le globe se frottait en tournant; mais, comme son coussin était trop rigide, le globe, qui n'était pas rigoureusement sphérique, ne touchait pas le coussin uniformément. Aussi Nollet rejeta l'usage du coussin et continua à se servir de la main. Il était pourtant bien facile de remédier à la rigidité du coussin : il suffisait de le presser légèrement contre le globe avec un ressort, et le contact se trouvait par là assuré pendant la rotation : c'est ce que fit Sigaud de Lafond.

En 1766, Ramsden construisit à Londres la première machine électrique à plateau de verre ; c'est encore ce genre de machine qui est le plus répandu aujourd'hui. Puis vinrent les machines de Van Marum, de Nairne. On obtint avec des plateaux de 1 à 2 mètres de diamètre de magnifiques étincelles ; on put charger de grandes bouteilles de Leyde, qu'on disposa *en batterie*, et les propriétés de ces beaux appareils furent rapidement connues.

On voit une machine de cette époque au Conservatoire des arts et métiers ; elle appartenait au duc de Chaulnes.

La plus grande machine à plateau est, dit-on, celle de l'Institut polytechnique de Londres ; son plateau a $2^{m},27$ de diamètre et elle est mise en mouvement par une machine à vapeur. Celle du musée Teyler, à Harlem, construite en 1785 par Cuthberston, dans le système de Van Marum, a aussi une grande réputation. Les étincelles atteignent aisément 60 centimètres de longueur ; elles sont grosses comme un tuyau de plume et le *craquement* de Hauksbée devient une forte détonation. Parmi les plus importantes découvertes qui furent faites dans cette période, celles qui se rattachent à notre sujet sont les découvertes de l'*influence électrique* par Canton en 1753, de l'électrophore par Wilke, en Suède, vers 1776, de la propagation de l'électricité à de très grandes distances, qui fut observée en Angleterre sur le mont Shooter, vers 1747.

Lorsqu'un conducteur isolé est en présence d'un corps électrisé, il présente à son extrémité la plus rapprochée de l'électricité contraire à celle du corps, et à son extrémité la plus éloignée de l'électricité semblable. L'étude approfondie de ce phénomène permit d'enchaîner entre eux la plupart des faits connus. Malheureusement on se servit d'hypothèses relatives à la nature de l'électricité, pour établir cet enchaînement, et la théorie de Symmer et d'Œpinus, qui eut assez de vogue pour être professée jusqu'à nos jours, n'est pas conforme aux principes de la méthode expérimentale. Les apparences lumineuses que

présentent les corps électrisés conduisirent tous les physiciens à regarder l'électricité comme un fluide que la plupart confondaient avec la matière du feu. Nous savons aujourd'hui que le feu n'est pas un fluide, et les considérations développées dans le chapitre précédent s'appliquent à l'agent inconnu des phénomènes électriques. Tout nous porte à penser que cet agent est un mode particulier du mouvement de la matière, et qu'une hypothèse fondée sur une telle conception est seule acceptable. On voit par ces remarques quelle était l'importance de la découverte de Canton.

L'électrophore de Wilke est la plus simple des machines électriques, et il peut donner de très fortes étincelles, quand il a des dimensions suffisantes. On en construisit un à Gœttingue, dont le diamètre avait plus de deux mètres. C'est simplement un plateau de métal, ou de bois recouvert d'étain, qui est muni d'un manche de verre et posé sur un gâteau de résine. Pour s'en servir, on frappe le gâteau avec une peau de chat, ce qui l'électrise négativement. Puis, posant le plateau conducteur, on le touche avec le doigt; une étincelle jaillit. Ensuite on enlève le plateau, en le tenant par son manche de verre, et il se trouve électrisé positivement, et capable de donner des étincelles. Cette série d'opérations peut-être répétée un grand nombre de fois, sans qu'il soit nécessaire de frapper de nouveau le gâteau de résine avec la peau de chat, celui-ci conservant longtemps son électricité.

On peut regarder l'expérience du mont Shooter comme le précurseur de la télégraphie électrique et d'une foule d'applications de l'étincelle, que nous étudierons dans la suite. Elle a donc pour nous une importance capitale : aussi la décrirons-nous avec quelques détails.

Deux observateurs se placèrent à une distance de 10 600 pieds environ l'un de l'autre, sur un terrain sec. Entre eux était une bouteille de Leyde isolée, de laquelle partaient deux fils de fer soutenus par des morceaux de

bois sec. L'un de ces fils, ayant 6732 pieds de long, communiquait avec l'armature extérieure de la bouteille, et arrivait à la portée d'un des observateurs; l'autre fil, ayant 3868 pieds de long, partait de l'armature intérieure et aboutissait à l'autre observateur. Lorsque la bouteille eut été chargée, le premier toucha le fil de fer placé près de lui, et le second approcha son doigt du fil correspondant. Une étincelle jaillit, et les deux observateurs reçurent simultanément une commotion [1]. L'électricité s'était donc propagée avec une rapidité extrême le long d'un fil de 10 600 pieds.

Avec les puissants engins que l'on possédait déjà à cette époque, avec des machines capables de charger des batteries de 58 mètres carrés de surface (batterie de Harlem), dont la commotion tuait un bœuf, qui rendaient incandescent et fondaient un fil de fer de 20 mètres, il était facile d'établir l'identité de la foudre et de l'étincelle électrique. Lorsque Franklin, Dalibard, de Romas, Le Monnier et tant d'autres physiciens eurent réussi à charger des conducteurs, des batteries de Leyde, avec l'électricité des nuages, et à reproduire dans le laboratoire la plupart des effets de la foudre, tous les doutes furent dissipés.

La foudre n'est qu'une gigantesque étincelle entre un nuage et un point voisin du sol; l'éclair est l'étincelle entre deux nuages; le tonnerre est le bruit de ces étincelles, lequel est prolongé lorsque les divers points de l'étincelle sont à des distances inégales de l'observateur, ou lorsqu'il y a succession d'étincelles. Telle est la conclusion des recherches souvent périlleuses des savants du dernier siècle. Dans une période de cent années à peine, le petit fait connu depuis Thalès avait transformé la physique, et amené l'homme à dompter l'une des forces les plus formidables de la nature. Aussi que d'admiration

[1] *Histoire de l'Électricité*, par Priestley. Tome I.

chez les spectateurs qui se pressaient à l'envi autour des appareils d'électricité ! que de courage et de persévérance chez les savants qui scrutaient les mystères de cette force nouvelle ! La science compte parmi ses martyrs un célèbre électricien de ce temps.

Richmann, à Saint-Pétersbourg, avait disposé dans son cabinet une boule de métal, au bas d'une longue tige de fer qui traversait le toit, et qui était isolée. Lorsqu'un nuage orageux passait au-dessus de la tige, celle-ci s'électrisait par influence, ainsi que la boule. Au-dessous était un conducteur communiquant avec le sol, que l'on plaçait auprès de la boule, afin d'en tirer des étincelles. Richmann s'approcha un jour trop près de la boule ; une étincelle de 30 centimètres le frappa au front et le tua : c'était le 16 mai 1753.

Le commencement du dix-neuvième siècle fut encore plus fécond en découvertes inattendues. Après la pile de Volta (1800) et l'expérience d'Oerstedt (1820), la science de l'électricité progressa avec une rapidité dont on n'avait jamais eu l'exemple.

Non seulement des faits nouveaux s'accumulèrent et des lois nombreuses furent déduites des expériences, mais encore les applications les plus extraordinaires surgirent de toutes parts. Grâce à la perfection des instruments d'observation et à la précision des méthodes, il semble qu'il suffisait de toucher un corps terrestre pour y voir apparaître l'électricité. Cet agent, presque inconnu un siècle auparavant, se révélait alors à chaque pas, devant l'œil attentif du physicien, comme une force incessamment en action, aussi universelle que la chaleur et la lumière. Physiciens, chimistes, naturalistes, tous ceux qui interrogeaient la nature consacraient une partie de leurs veilles à cette science nouvelle, qui envahissait tout, mais qui les récompensait largement de leurs efforts. Parmi tant de glorieuses conquêtes, l'industrie trouva de nouveaux moyens d'accroître sa puissance ; elle créa la té-

légraphie, l'éclairage électrique, les machines électromagnétiques, qui passionnent aujourd'hui tant d'inventeurs.

Essayons de suivre, au milieu de cet immense mouvement scientifique, la trace des découvertes qui concernent l'étincelle, afin de nous renfermer dans notre sujet.

Volta et tous les physiciens qui s'étaient servis de la pile avaient remarqué que lorsqu'on sépare les deux fils conducteurs qui ferment le circuit, une petite étincelle apparaît au point de rupture. On désigne ce phénomène sous le nom d'*Étincelle de rupture*. Il n'y avait guère de ressemblance entre cette étincelle et celle que donne une bouteille de Leyde.

En 1813, Davy fit à l'Institution royale de Londres la célèbre expérience de l'arc voltaïque. Sa pile était composée de 2000 couples, zinc et cuivre, ayant chacun une surface de 2 décimètres carrés environ. Les conducteurs aboutissaient à deux morceaux de charbon ayant 3 centimètres de longueur et 5 millimètres de diamètre; leurs extrémités taillées en pointe étant séparées par un intervalle d'un millimètre : on vit paraître une brillante étincelle, et les charbons devinrent incandescents dans la moitié de leur longueur. Davy écarta ensuite les charbons l'un de l'autre jusqu'à la distance de 11 centimètres, et la lumière persista, ayant l'aspect d'une gerbe de feu, se courbant et s'agitant continuellement. Le platine, métal infusible au feu de forge, fondait dans cette gerbe, comme la cire dans la flamme d'une bougie ; les pierres les plus réfractaires, le diamant, disparaissaient rapidement au milieu de ce foyer qui semblait les dévorer. La pile ressemblait à une puissante batterie de Leyde mettant en jeu une quantité intarissable d'électricité.

On fit l'expérience dans le vide en disposant les charbons au centre d'un ballon de verre ; on réussit à donner à l'arc lumineux une longueur de 18 centimètres. Le même appareil servit à étudier l'arc au milieu de divers gaz. On le produisit aussi dans les liquides.

Les physiciens répétèrent à l'envi cette belle expérience et étudièrent les diverses propriétés de l'arc voltaïque. Les principales recherches faites sur ce sujet depuis Davy sont celles de Brandt, de La Rive, Faraday, Quet, Sillimann, Despretz, Van Breda, Matteucci, Daniell, Fizeau et Foucault, Wheatstone. Ce dernier découvrit les raies brillantes du spectre que l'on observe en regardant l'arc à travers un prisme. Des raies analogues avaient été vues pour la première fois, en 1802, par Wollaston, dans le spectre des étincelles ordinaires. Frauenhofer, Wheatstone et surtout Masson, en 1850, poursuivirent cette étude qui a conduit à l'*analyse spectrale*, dont nous avons déjà parlé.

En 1832, Faraday en Angleterre, et Henry en Amérique, faisaient deux découvertes qui firent connaître de nouveaux moyens de produire l'étincelle électrique, soit avec la pile, soit avec des aimants, soit enfin par le simple déplacement d'un conducteur convenablement orienté par rapport au globe terrestre. De ces deux découvertes, la plus importante était celle de Faraday. Suggérée par les conséquences que l'illustre Ampère avait tirées de ses expériences d'*électro-dynamique*, et de celles d'Arago sur l'*électro-magnétisme*, expériences qui suivirent de près celle d'Oerstedt, l'idée de l'*induction* avait été émise par Ampère lui-même ; mais il n'avait pas réussi à la réaliser, et la découverte de cette nouvelle classe de phénomènes électriques était réservée à Faraday.

Elle fut le point de départ d'une admirable série de recherches, poursuivies sans relâche jusqu'en 1868, époque de sa mort. Faraday rattacha sa propre découverte et celle d'Henry au même principe, lequel embrasse une foule de phénomènes qui ont été successivement observés par divers expérimentateurs.

Voici en quoi il consiste essentiellement :

Ayez deux circuits fermés voisins, dont l'un soit à l'état naturel, et l'autre traversé par un courant électrique ;

tout déplacement momentané de l'un d'eux fera naître dans le premier un courant également momentané.

Dans l'une des premières expériences qui conduisirent à ce principe, Faraday avait enroulé sur une bobine de bois creuse (fig. 6) un fil de cuivre recouvert de soie. Les extrémités de ce fil étaient réunies au fil d'un *galvanomètre ;* une seconde bobine pouvant entrer dans la première était enveloppée d'un fil semblable, dont les extrémités communiquaient respectivement avec les pôles

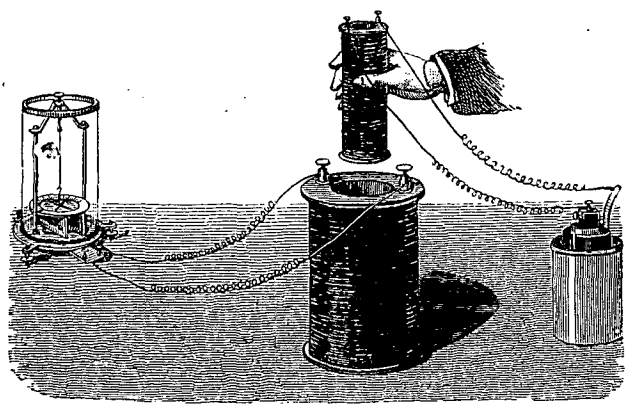


Fig. 6. — Induction volta-électrique.

d'une pile voltaïque. En rapprochant les deux bobines, il vit l'aiguille du galvanomètre dévier un instant, ce qui, d'après l'expérience d'Oerstedt, indiquait un courant temporaire dans le premier fil ; en les séparant, il vit l'aiguille dévier de l'autre côté, et pendant un instant seulement, ce qui indiquait un courant temporaire de sens contraire au précédent.

Faraday vit les mêmes effets se produire quand il introduisait dans la bobine creuse un aimant ou quand il le retirait. Telle est l'origine des courants que l'on dési-

gne ordinairement sous les noms de *courants d'induction volta-électriques* et de *courants d'induction magnéto-électriques*.

L'année même de la découverte de l'induction, Pixii construisit à Paris un appareil produisant des courants magnéto-électriques assez intenses, et il réussit à faire jaillir des étincelles de rupture, et même à charger faiblement une bouteille de Leyde. Saxton et Clarke perfectionnèrent ce genre de machines, avec lesquelles on obtint de l'électricité à l'aide d'un aimant, sans qu'on eût besoin ni de plateau de verre, ni de pile; de plus, elles donnaient aussi bien les effets des machines à frottement que ceux de la pile. Plus tard, on les perfectionna tellement, qu'on les fit servir à l'éclairage électrique. C'est à cette classe d'appareils qu'appartiennent la machine de Nollet, aujourd'hui employée aux phares; celle de Ladd, construite pour le même usage, d'après les idées de Wheatstone et Siemens; enfin celle de Gramme.

On imagina aussi une foule d'appareils volta-électriques, dans lesquels ce n'est plus un aimant, mais une pile qui est l'excitateur du courant. Les appareils de cette espèce jouent un rôle plus important que les précédents dans la production des étincelles. Mais leur histoire est liée à celle de la découverte d'Henry, et par conséquent nous avons besoin de la faire connaître préalablement.

Henry remarqua le premier que, les conducteurs de la pile étant plongés dans une capsule pleine de mercure, l'étincelle qui se produit au point d'interruption du circuit, lorsqu'on retire du mercure l'un des conducteurs, est plus brillante avec un conducteur très long qu'avec un conducteur très court. L'étincelle augmente encore d'intensité lorsque le fil est enroulé un grand nombre de fois sur lui-même. Vers la même époque, Dal Nagro observa le même accroissement de l'étincelle de rupture, en employant comme conducteur le fil d'un *électro-aimant*. Jenkins, Masson, Pouillet, observèrent aussi que,

si on touche d'une main le mercure, de l'autre l'extrémité du conducteur, on reçoit une commotion très forte dans les circonstances où l'étincelle de rupture est grosse et bruyante. Faraday reconnut que ce phénomène est dû à l'influence que chaque portion du fil conducteur exerce sur les portions voisines, influence qu'il a appelée *induction du courant sur lui-même* et *extracourant*.

L'étude de l'extracourant fut poursuivie à Paris par Masson, qui entrevoyait la solution d'un nouveau problème.

Sans doute Davy avait obtenu une succession rapide d'étincelles entre deux conducteurs séparés par un petit intervalle ; mais il fallait pour cela que la pile fût composée d'un nombre considérable de couples, et le phénomène de l'arc différait essentiellement de l'étincelle de nos machines à frottement, par l'énorme chaleur qui vaporisait les conducteurs, et par la petitesse de la longueur. On dit que dans l'arc voltaïque, et plus généralement dans le courant ordinaire de la pile, il y a en jeu une énorme *quantité* d'électricité, et qu'elle est dépourvue de *tension*. On caractérise de cette manière la différence de cette électricité avec celle des machines à frottement, dont une faible quantité peut produire de longues étincelles. En général, les mots *quantité* et *tension* de l'électricité désignent deux qualités de l'étincelle; la quantité correspond à la grosseur, à l'éclat, à la chaleur de l'étincelle, et la tension à sa longueur seulement. L'emploi du premier de ces mots est assez naturel, quelque idée qu'on se fasse de la nature de l'électricité ; celui du second résulte de ce que cet agent semble exercer une pression sur l'air à la surface des corps, et vaincre la résistance de cet air au point où éclate l'étincelle, de même qu'un fluide renfermé dans une vessie la presse intérieurement et la crève en un point, si la résistance n'est pas suffisante.

Il était intéressant de trouver un moyen de donner de

la tension à l'électricité des piles. Car, si la quantité d'électricité qu'une pile ordinaire produit en une seconde était répandue dans un conducteur isolé, elle pourrait donner d'immenses étincelles, qui auraient la puissance de la foudre. Tel est le problème que Masson voulait résoudre. On dit habituellement que l'électricité des machines à frottement est *statique* ou en équilibre, et que celle du circuit voltaïque est *dynamique* ou en mouvement. Le problème de Masson était donc la conversion de l'électricité dynamique en électricité statique.

C'est en 1841 qu'il obtint pour la première fois, avec la collaboration de Bréguet, une étincelle à distance, en utilisant l'extracourant d'une pile de huit éléments (système Daniell). Le conducteur était formé par un fil de cuivre recouvert de coton, ayant $2^{mm},5$ de diamètre et 1300 mètres de longueur. Il était enroulé sur lui-même, de manière à constituer une bobine creuse, ayant $0^{m},23$ de hauteur, $0^{m},22$ de diamètre extérieur, $0^{m},17$ de diamètre intérieur. Un des bouts de ce fil communiquait avec un *pôle* de la pile et avec une boule de l'*œuf électrique* (fig. 7). L'autre bout communiquait avec l'autre pôle de la pile, par l'intermédiaire d'un appareil particulier, appelé *interrupteur*, et aussi avec la seconde boule de l'œuf. Cet interrupteur se composait d'une roue de cuivre dentée, montée sur un axe de fer isolé, et garnie de bois dans l'intervalle des dents, puis de deux ressorts de cuivre isolés, dont l'un touchait l'axe, et l'autre le bord de la roue : à ces ressorts aboutissaient les conducteurs qui faisaient communiquer la pile avec le second bout du fil de la bobine. Pour que cette communication fût réelle et que le courant voltaïque s'établît dans la bobine, il fallait que le second ressort touchât une des dents métalliques de la roue. Quand celle-ci tournait, le ressort touchait successivement une dent et le bois qui la séparait de la suivante, et le courant était interrompu chaque fois que le ressort touchait le bois.

On enleva l'air de l'œuf électrique avec la machine pneumatique ; on rapprocha les boules l'une de l'autre, en laissant un intervalle de deux ou trois millimètres ; puis on fit tourner la roue. Une succession d'étincelles apparut entre les boules, et en écartant les boules, on les amena à une longueur de 2 centimètres. « La boule

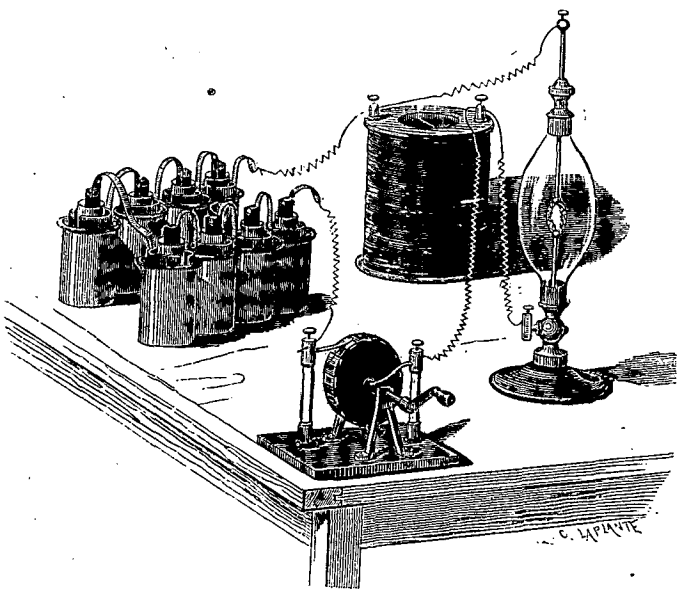


Fig. 7. — Étincelle par l'extracourant.

« et toute la tige formant le pôle positif, disent les au-
« teurs, sont entourées d'une atmosphère violette ; la
« boule négative est entièrement nue. Entre les deux
« boules existe une aigrette lumineuse, une espèce de
« flamme rougeâtre, dont la boule négative est la base,
« et l'on aperçoit sur cette même boule une multitude
« de petits points très brillants, qui représentent une

« sorte de bouillonnement. Souvent, en augmentant en-
« core la distance des boules, nous avons aperçu l'ai-
« grette interrompue par un petit intervalle obscur. De
« la tige de laiton positive s'échappaient de temps en
« temps des éclairs très brillants, de petites flammes
« blanches bordées de bleu, formant la base d'arcs d'un
« rouge violacé qui se terminaient à une pareille flamme
« sur la boule négative[1]. » Ces curieux détails de l'étincelle sont justement ceux qu'on observe dans le même appareil avec l'électricité des machines à frottement. Le problème posé par Masson était donc résolu. Masson et Bréguet complétèrent leur découverte en répétant l'expérience de l'œuf électrique avec les courants induits de Faraday.

Pour cela, la bobine précédente fut remplacée par une bobine à deux fils juxtaposés. Un des fils formait le circuit *inducteur* avec la pile et l'interrupteur ; l'autre formait le circuit *induit* avec l'œuf électrique. Quand on tournait la roue, la gerbe lumineuse apparaissait entre les boules.

Ils employèrent aussi des courants magnéto-électriques et obtinrent des effets que ni la machine de Pixii ni celles de Saxton et de Clarke ne pouvaient produire.

Ces remarquables travaux ouvraient la voie aux constructeurs, et les appareils volta-électriques prirent place dans tous les cabinets de physique, sous le nom de *bobines d'induction*.

Ruhmkorff, à Paris, acquit bientôt une grande réputation, par les nombreux perfectionnements qu'il apporta dans ces appareils. Mettant à profit ses propres observations et celles des physiciens du monde entier, parmi lesquels on doit signaler au premier rang de La Rive, Poggendorff, Fizeau, Foucault, il acheva d'une manière inattendue l'œuvre entreprise par Masson, qu'une mort

[1] *Annales de Physique et de Chimie*, 3e série. Tome IV.

prématurée avait ravi à la science. En 1851, Ruhmkorff construisait des bobines d'induction qui donnaient dans l'air des étincelles de quelques centimètres. Apprenant que Hearder, à Plymouth, avait construit un appareil plus puissant que le sien, il se mit courageusement à lutter avec son rival, et quelque temps après il offrait au monde savant une grande bobine sur laquelle était savamment enroulé un fil de cuivre excessivement fin, parfaitement isolé, et ayant une longuenr de plusieurs centaines de kilomètres; entre les extrémités de ce fil, excité par le courant inducteur d'une pile de huit couples, jaillissait une étincelle de 80 centimètres. La victoire lui resta; victoire glorieuse, car, en même temps que Ruhmkorff contribuait au progrès de la science, en lui fournissant un engin nouveau, il apportait à l'industrie de nombreuses applications, dont l'importance égalait au moins celle de la télégraphie, de l'éclairage électrique, et de toutes les inventions fondées sur l'emploi de l'électricité! Le monde entier admirait les expériencss variées que l'on fait avec le nouvel appareil. Le gouvernement français ayant mis au concours l'*application de la pile*, le jury décerna le prix à la *bobine Ruhmkorff* en 1867.

Outre les courants volta-électriques et magnéto-électriques, la découverte de Faraday eut encore une conséquence qui permit de produire l'étincelle électrique sans pile et sans aimant.

L'action de la terre sur les aimants, connue depuis Thalès, et celle qu'elle exerce sur les courants, observée pour la première fois par Ampère en 1820, conduisirent Faraday à penser qu'il pourrait produire l'induction dans un circuit fermé en le faisant mouvoir d'une manière convenable. Il vérifia par l'expérience la justesse de son raisonnement, et il appela *électro-telluriques* les courants de ce nouveau genre. Ce furent Palmeiri et Santi-Linari qui réussirent les premiers à en tirer l'étincelle; mais

elle était très faible, et son origine est la seule chose qui nous intéresse.

On voit par ce qui précède que l'année 1800, époque de l'apparition de la pile, partage les recherches sur l'électricité en deux grandes périodes : la première, de 150 ans environ, est exclusivement consacrée à l'électricité statique ; la seconde, qui s'étend jusqu'à nos jours, est en grande partie consacrée à l'électricité dynamique, et elle est incomparablement plus féconde que la première. Sans doute il reste encore des découvertes à faire ; mais ce que la science a le droit de réclamer avant tout, après que tant d'observations ont été accumulées, c'est l'éclaircissement des questions obscures, l'achèvement de quelques-unes, et finalement la coordination rationnelle de tous les faits bien connus ; c'est, en un mot, le parachèvement de l'œuvre commencée il y a deux siècles à peine.

Parmi les divers modes de production de l'étincelle qui sont connus aujourd'hui et qui appartiennent à la seconde période, il y en a deux qui ne se rattachent pas à la pile de Volta ; c'est pour cela que je les ai réservés pour la fin de cette exposition.

En 1840, le mécanicien Patterston, dans une houillère de Newcastle, voulant un jour ajuster un poids sur la soupape de sa chaudière, fut très étonné de sentir des picotements particuliers, quand il touchait le levier ; l'une de ses mains touchait le jet de vapeur qui sortait de la soupape, pendant que l'autre touchait le levier. Il observa plus attentivement la cause de ces picotements et il vit que des étincelles jaillissaient entre sa main et le levier, et même toutes les parties de la chaudière. Informé de ces curieux effets, Armstrong se livra à une série d'expériences sur diverses chaudières à vapeur, notamment sur une locomotive qu'il eut soin d'isoler. Monté lui-même sur un tabouret isolant il tenait d'une main un conducteur qu'il plongeait dans le jet de vapeur, et de l'autre il tirait des étincelles de tous les corps voisins. Il opéra

ensuite avec une petite chaudière spéciale afin de mieux préciser les circonstances du phénomène, et il trouva que l'électricité se développait à l'endroit du robinet où

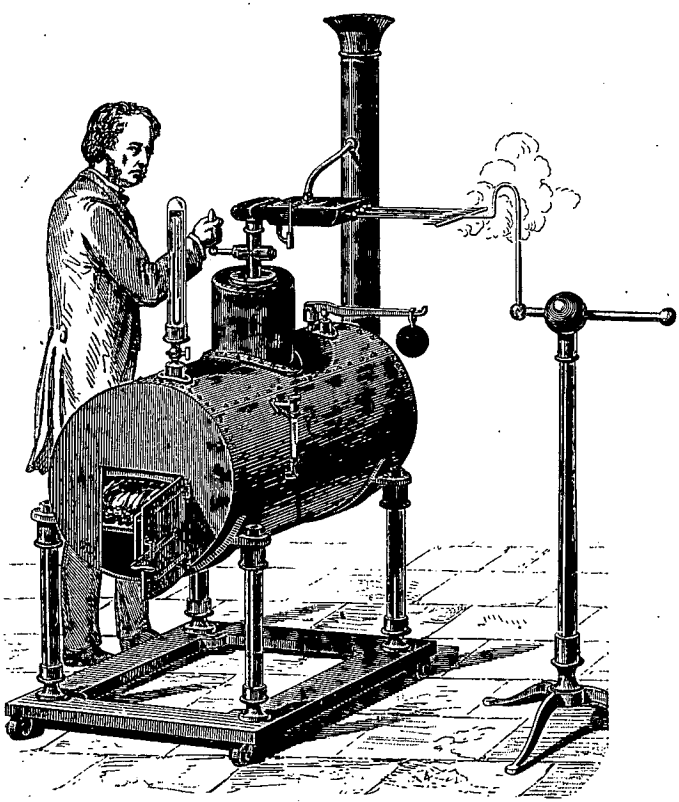


Fig. 8. — Machine hydro-électrique d'Armstrong.

le passage du jet était rétréci. Plus tard, Schafhœutl reconnut que la vapeur sèche ne donnait pas d'électricité ; il fallait qu'elle fût mêlée à des gouttelettes liquides. Ce

fut Faraday qui prouva définitivement que l'électricité était developpée par le frottement de ces gouttelettes contre les parois de l'ajutage. Pour recueillir l'électricité, on disposa devant l'ajutage un conducteur muni de pointes et isolé (fig. 8); on isola aussi la chaudière. On obtint de longues étincelles, soit entre le conducteur et le corps de la chaudière, soit entre l'un ou l'autre et un corps quelconque communiquant avec le sol.

Telle est la *machine hydro-électrique* d'Armstrong. Celle de la Faculté des sciences de Paris est la plus grande que l'on ait construite ; le robinet de sortie de la vapeur porte 80 becs ; elle donne des étincelles de plusieurs décimètres de longueur et de plusieurs centimètres de largeur. Elle se trouve au Conservatoire des arts et métiers, dans la galerie des machines.

En 1862, Holtz, de Berlin, a inventé une nouvelle machine électrique d'un emploi très commode, quand on a besoin d'une succession rapide de longues étincelles. L'électricité de cette machine est remarquable par la *quantité* et par la *tension :* elle peut donc faciliter certaines recherches sur l'étincelle. Son principe est celui de l'*influence*. On l'amorce à l'aide d'un corps quelconque, électrisé par le frottement, et elle peut fournir ensuite des quantités indéfinies d'électricité. Nous la décrirons dans le chapitre suivant.

Piche et Bertsh ont aussi construit des machines jouissant de propriétés analogues. Leur principe est celui de l'électrophore de Wilke.

Ces diverses machines sont aujourd'hui très répandues, et elles subissent chaque jour quelque modification entre les mains des physiciens ou des amateurs qui se plaisent à répéter les expériences d'électricité, dont on est presque aussi avide qu'au temps de l'abbé Nollet.

CHAPITRE II

APPAREILS PRODUISANT L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

Ces appareils se divisent en deux grandes classes, comprenant d'une part ceux qui produisent l'*étincelle explosive*, d'autre part ceux qui produisent l'*arc voltaïque*, c'est-à-dire une lumière continue entre deux conducteurs.

PREMIÈRE CLASSE

1. — Machines électriques à frottement.

Le type de ces machines est la machine à plateau de verre de Ramsden; on la trouve dans tous les cabinets de physique, donnant des étincelles de 10 centimètres environ, lorsque le plateau a un diamètre de 80 centimètres. Elle a été perfectionnée par divers constructeurs, surtout en Allemagne.

On distingue deux parties dans ces machines : le *générateur*, formé du plateau de verre et des coussins, et le *récepteur*, formé de grosses pièces de cuivre, aux formes arrondies, supportées par des pieds de verre, et portant

des pointes métalliques dans le voisinage du plateau. Lorsqu'on fait tourner le plateau, chaque portion s'électrise *positivement* en passant entre les coussins, tandis que ceux-ci s'électrisent *négativement;* puis, arrivée en face des pointes du récepteur, elle électrise celui-ci par *influence.*

L'électricité négative se produit aux pointes, et des aigrettes lumineuses s'y manifestent, en faisant entendre une sorte de crépitation; cette électricité *neutralise* celle du plateau. L'électricité positive se produit dans tout le reste du récepteur et sert aux expériences.

Ces phénomènes s'accomplissent d'une manière continue quand on entretient le mouvement du plateau. Dès qu'on l'interrompt, l'électricité se perd par l'air et les pieds de verre.

Il faut que les coussins perdent l'électricité négative, à mesure qu'elle s'y développe; sans cela, leur frottement serait beaucoup moins efficace pour l'électrisation du plateau, et la machine n'aurait pas toute sa puissance. Dans la machine de Ramsden, le support de bois des coussins est muni d'un ruban de cuivre auquel on attache une chaîne descendant sur le sol, et les coussins touchent ce ruban.

Dans la machine de Hempel, il n'y a qu'une paire de coussins soutenue par une colonne de verre; on y attache une chaîne pour les faire communiquer avec le sol, quand on veut employer le récepteur à la manière ordinaire. Cette machine offre un avantage : elle peut servir à la production de l'une ou l'autre électricité, comme celle de Van Marum, et encore des deux électricités à la fois, comme celle de Nairne.

2. — Multiplicateurs électriques.

Le caractère de ces machines est de développer des quantités indéfinies d'électricité, à l'aide d'une corps fai-

blement électrisé, tel qu'une petite plaque de caoutchouc durci frottée au préalable par une peau de chat. M. Jamin a proposé d'appeler ces appareils *multiplicateurs électriques;* cette expression représente très bien leur caractère général.

M. Holtz, de Berlin, a imaginé la première machine de ce genre en 1865. Après lui, MM. Piche, Bertsh, Carré, à Paris, Tœpler, à Riga, ont construit des machines analogues; les unes et les autres sont aujourd'hui très répandues.

On peut comparer le jeu de ces appareils à celui de l'*électrophore*. Car nous avons vu qu'après avoir électrisé une seule fois le gâteau de résine, on peut tirer du plateau conducteur un nombre indéfini d'étincelles. Il suffit de toucher ce plateau avec le doigt, ce qui donne lieu à une première étincelle; de le soulever, d'en tirer une seconde étincelle, de le replacer sur le gâteau, et de recommencer cette série d'opérations autant de fois que l'on voudra. La principale difficulté consiste en ce que l'électricité du gâteau se perd peu à peu, par l'action de l'air et du support.

Le multiplicateur de M. Piche réalise cette série d'opérations de la manière la plus simple. Le voici tel qu'il est construit, avec quelques perfectionnements, par M. Bertsh (fig. 9).

Un disque de verre ou de caoutchouc durci D peut tourner assez rapidement autour d'un axe horizontal. Il passe d'un côté entre une plaque de caoutchouc et un peigne métallique N qui termine un conducteur isolé, de l'autre près d'un second peigne M disposé comme le premier, au point diamétralement opposé. Un conducteur à tirage A adapté à l'un des conducteurs sert à établir entre eux un intervalle convenable.

Pour se servir de l'appareil, on prend à la main la plaque de caoutchouc et on l'électrise avec une peau de chat; puis on la remet en place et on tourne le plateau.

Immédiatement les étincelles se succèdent avec rapidité dans l'intervalle des deux conducteurs.

Analysons ce qui se passe dans les diverses parties du système. Le caoutchouc est électrisé négativement; il joue le rôle du gâteau de résine dans l'électrophore. La

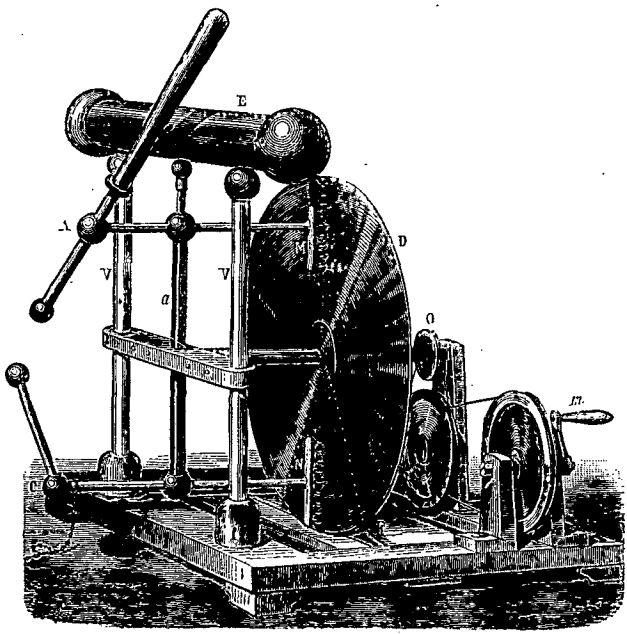


Fig. 9. — Multiplicateur électrique de Bertsh.

portion du disque tournant qui l'avoisine est électrisée par influence; elle se comporte comme le plateau conducteur de l'électrophore. Entre le peigne situé de l'autre côté et le disque jaillit une étincelle ; le conducteur de ce peigne se comporte comme la personne qui tire la première étincelle du plateau de l'électrophore. Puis la portion con-

sidérée du disque tournant s'éloigne rapidement, elle arrive en face du second peigne, et produit là une seconde étincelle ; celle-là est analogue à la seconde étincelle du plateau de l'électrophore. Enfin, après un demi-tour le disque se retrouve à son point de départ ; c'est la dernière partie de l'opération. L'analogie est complète. Voici ce qu'il y a de nouveau.

Dans le fonctionnement de l'électrophore l'opérateur n'est pas isolé ; le doigt qui fait jaillir la seconde étincelle ne l'est pas non plus généralement. Ici au contraire les deux conducteurs munis de peignes sont bien isolés. Par suite ils s'électrisent, et une troisième étincelle jaillit entre leurs extrémités opposées aux peignes, quand la distance qui les sépare n'est pas trop grande. De plus, comme les diverses portions du disque se succèdent rapidement en passant par la même série d'opérations, il y a continuité de petites étincelles à chacun des peignes ; elles ne sont visibles que dans l'obscurité, sous l'apparence d'aigrettes crépitantes. Les conducteurs s'électrisent, mais ils ne donnent la troisième étincelle que lorsque l'électricité s'y trouve suffisamment accumulée : cette étincelle n'éclate donc qu'après des intervalles de temps appréciables, et elle est d'autant plus forte que ces intervalles sont plus grands. On change la grandeur de ces intervalles, en déplaçant le conducteur à tirage, et l'on modifie de cette manière la longueur et le bruit des étincelles. Plus les étincelles sont longues, plus elles sont bruyantes, moins elles se succèdent rapidement.

On appelle ordinairement *pôles* de l'appareil ses deux conducteurs A et C ; le supérieur est électrisé positivement et l'autre négativement. Quant au disque tournant, la moitié est positive en passant du peigne inférieur au peigne supérieur.

Il est remarquable que le rôle du plateau de l'électrophore soit ici rempli par une substance qui conduit mal l'électricité, et qu'on emploie habituellement comme

isoloir. Si l'analogie existe entre ces deux modes de production d'électricité, il n'y a pas identité; la rapidité du mouvement du disque est une condition indispensable, ce qui montre une plus grande complexité dans le phénomène. Il est probable que la plaque de caoutchouc électrise d'abord par influence le conducteur inférieur à travers le disque tournant, et que l'électrisation de ce dernier n'a lieu qu'ultérieurement, sous l'influence des pointes du peigne, parce que la tension de l'électricité développée sur ces pointes compense le défaut de conductibilité du disque. Aussi M. Riess, qui a fait une théorie de ces effets, a-t-il proposé un principe nouveau, celui de *la double influence*. Mais nous ne devons pas aborder ici cette question; il nous suffit d'avoir rattaché le multiplicateur à un instrument plus simple et connu depuis longtemps.

L'inconvénient de la machine précédente est la déperdition graduelle que subit l'électricité sur la plaque de caoutchouc. Aussi les étincelles ne persistent que pendant un temps limité. La machine de M. Carré, construite en 1868, corrige ce défaut. Elle ne diffère de la précédente que par la substitution d'un petit plateau de machine ordinaire à la plaque de caoutchouc. On voit sur la figure 10 au bas du grand disque à rotation rapide, qui tourne devant deux conducteurs, comme celui de la machine de Bertsh, un disque plus petit que l'on fait tourner lentement entre deux coussins, afin d'entretenir son électricité. La même manivelle commande les deux mouvements à l'aide d'une corde sans fin et de poulies de dimensions convenables. Ici le pôle supérieur est négatif, et l'inférieur positif.

En donnant au disque inférieur 38 centimètres de diamètre, et à l'autre 49, on obtient des étincelles de 20 centimètres. Cette machine est préférable à la précédente.

La machine de Holtz présente une particularité nouvelle. Il suffit pour la mettre en activité de faire tourner le plateau mobile et de toucher le bord d'une des fenêtres

pendant quelques instants seulement avec un corps faiblement électrisé ; on enlève ensuite ce corps et la machine fournit indéfiniment de l'électricité. Faire cette opération préalable, c'est *amorcer* la machine.

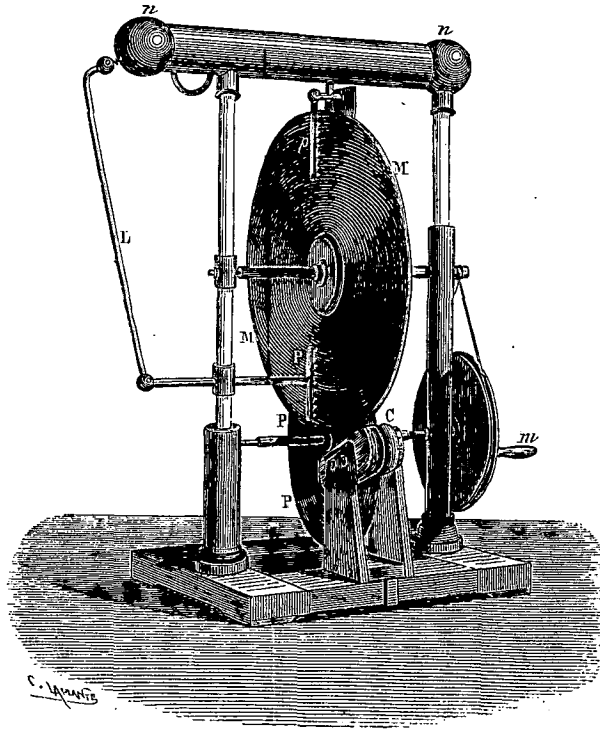


Fig. 10. — Machine électrique de Carré.

Nous la rattacherons à l'électrophore de Wilke, en la comparant à celle de Bertsh. Nous savons que le défaut de cette dernière est la déperdition de l'électricité de la plaque de caoutchouc ou co[illegible] *n* *ur*. La machine de

Holtz non seulement produit de l'électricité dans les conducteurs munis de peignes, mais encore elle en produit pour compenser les pertes de l'inducteur, et le maintenir dans un état constant; elle répare d'elle-même ses pertes. Cette propriété lui donne un caractère incontestable d'originalité et de supériorité qui la distingue de toutes les autres. La logique eût exigé qu'elle fût inventée après les précédentes, puisqu'elle leur apporte un perfectionnement notable. Mais les découvertes dans les sciences d'observation ne se succèdent pas toujours suivant les règles de la logique; l'originalité naît le plus souvent de l'imprévu.

L'*élément principal* de la machine se compose d'une feuille de papier isolée et d'un peigne métallique, entre lesquels tourne le disque de verre. On électrise négativement ce papier en le touchant pendant quelques instants avecune plaque de caoutchouc durci, que l'on a frottée avec une peau de chat. C'est cette feuille de papier, appelée *première armature*, qui électrise ensuite par *double influence* le conducteur du peigne négativement, et le disque de verre positivement. Il faut, pour compenser la déperdition d'électricité que subit cette armature, lui fournir incessamment une petite quantité d'électricité négative. On obtiendrait ce résultat en y adaptant une pointe, dans la partie la plus éloignée du peigne, et présentant constamment à cette pointe un corps électrisé négativement, qui serait entretenu dans cet état. C'est le disque de verre lui-même qui remplit cette fonction. Nous avons vu en effet que la moitié du disque est électrisée positivement du peigne inférieur au peigne supérieur dans la machine de Bertsh, et que l'autre moitié est à l'état naturel : s'il est possible d'électriser négativement cette seconde moitié, elle agira sur la première armature, comme nous le désirons. La feuille de papier qui constitue cette armature sera donc taillée en pointe du côté où le disque tournant vient à sa rencontre (fig. 11).

Cherchons maintenant le moyen d'électriser négativement la seconde moitié du disque.

Réunissons les deux peignes métalliques par un conducteur, au lieu de les laisser séparés, comme cela avait lieu dans les machines précédentes ; il en résultera que l'électricité négative du peigne inférieur se portera sur les

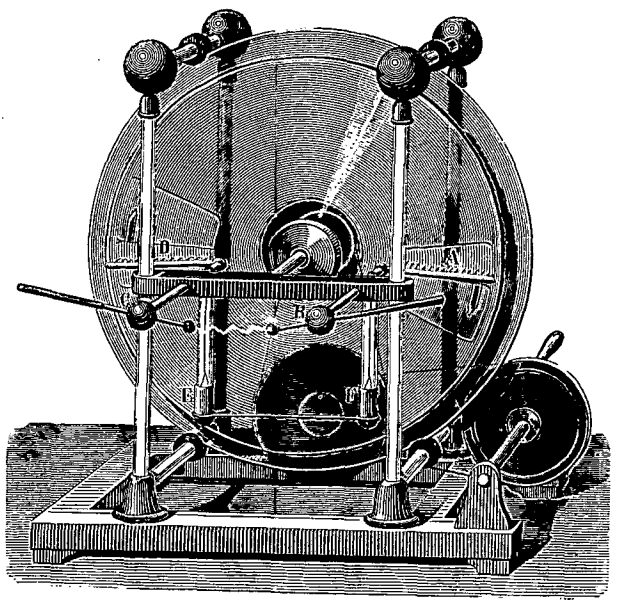


Fig. 11. — Machine électrique de Holtz.

pointes de l'autre, et lorsque le disque arrivera en face de ces pointes, à l'état naturel, celles-ci l'électriseront négativement par étincelle, et nous aurons la seconde moitié du disque dans l'état qui nous convient. Tout revient donc à ramener chaque portion du disque tournant à l'état naturel, avant qu'elle arrive en face des pointes du peigne supérieur.

Pour atteindre ce but, plaçons en face de ce peigne, de l'autre côté du disque, une feuille de papier, disposée comme la première, avec sa pointe tournée du côté vers lequel arrive le disque ; ce sera une *seconde armature.* Elle sera électrisée par l'influence du peigne ; l'électricité positive y restera, et l'électricité négative développée à sa pointe neutralisera l'électricité positive de la portion du disque que nous considérons. Le problème est complètement résolu. La seconde armature et le peigne qui lui correspond forment l'*élément auxiliaire* de la machine.

La machine de Holtz, telle qu'elle était construite par Ruhmkorff, est représentée sur la figure 11.

Un disque de verre présente deux ouvertures ou fenêtres A et D sur un même diamètre. Chacune d'elles porte une bande de papier, collée sur l'un de ses bords et découpée en pointe vers le centre de la fenêtre. En face des deux bandes de papier sont les peignes de métal, portés par des conducteurs isolés B C. Les extrémités opposées de ces deux conducteurs peuvent être rapprochées ou éloignées l'une de l'autre à volonté. Enfin, entre le disque fixe et les peignes de métal se trouve un disque de verre que l'on peut faire tourner rapidement autour de son centre.

Pour mettre la machine en activité, on touche l'une des bandes de papier, A par exemple, avec une plaque de caoutchouc durci, préalablement frottée avec une peau de chat, et on met en contact les extrémités des conducteurs C et B. On fait tourner le disque mobile en sens contraire de la direction donnée aux pointes de papier ; on sépare ensuite les conducteurs. On voit aussitôt des étincelles se succéder rapidement entre leurs extrémités C et B, quand elles sont peu écartées, et moins rapiment quand on augmente leur distance. On cesse de toucher la bande de papier A avec la plaque de caoutchouc, et la machine donne indéfiniment des étincelles, tant que dure la rotation du disque mobile.

L'armature A et le peigne qui lui correspond forment l'*élément principal*, l'armature D et son peigne forment l'*élément auxiliaire*. Résumons le rôle des diverses parties de l'appareil : le disque mobile tournant en sens inverse des aiguilles d'une montre, la portion située en A est électrisée positivement par le conducteur ABCD, lequel est électrisé négativement par l'influence de l'armature principale. Cette portion se porte rapidement vers l'armature auxiliaire; celle-ci se trouve soumise à l'influence du conducteur, et l'électricité négative est développée à sa pointe, tandis que sa base acquiert de l'électricité positive. L'armature auxiliaire ramène donc la portion considérée du disque à l'état naturel, et accroît l'électricité négative du peigne D. Ce peigne électrise négativement le disque, et quand celui-ci s'approche de l'armature principale A, il y développe de l'électricité négative, ce qui répare les pertes de cette armature, et rentre à l'état naturel, puis en face du peigne de l'armature A, il recommence la même série d'opérations.

Le pôle négatif de la machine est à l'élément principal A ce qui veut dire que l'électricité est négative en B et positive en C, pendant que les étincelles jaillissent.

On comprend aisément qu'on ne peut faire tourner le disque mobile indifféremment dans un sens ou dans l'autre; l'explication précédente indique formellement quel est le sens convenable.

Lorsqu'on arrête la machine, les électricités se dissipent dans l'atmosphère, et tout rentre à l'état naturel. On atténue cet inconvénient en faisant communiquer avec les conducteurs B, C, les armatures d'une petite bouteille de Leyde EF; la machine peut conserver son activité et redonner des étincelles après quelques minutes de repos, sans qu'on ait besoin de l'amorcer de nouveau.

La machine ayant un disque de 60 cent. de diamètre donne des étincelles de 30 cent. Il faut la placer sur une table percée d'une ouverture, et mettre au-dessous un

fourneau allumé. Les disques de verre doivent être soigneusement vernis, de même que les armatures. Quand la construction est bien faite, la machine fonctionne pendant plusieurs mois avec la plus grande régularité.

Comme il faut une très petite force pour la mettre en mouvement, elle est d'un emploi très commode dans une foule de recherches. On charge une batterie de Leyde en faisant communiquer les deux éléments de la machine respectivement avec les armatures de la batterie.

Une batterie de 9 bocaux ordinaire se charge en quelques secondes.

La machine de Holtz a reçu diverses améliorations dont la plus importante concerne la disposition du disque fixe. En réalité son rôle est de supporter les deux armatures, en les isolant le mieux possible. Comme le découpage des fenêtres est une manipulation délicate, ce qui augmente le prix de l'appareil, on peut les supprimer, pourvu que la pointe de l'armature se trouve toujours à l'intérieur, près du disque mobile, et que le reste du papier soit à l'extérieur, afin qu'on puisse le toucher avec la plaque de caoutchouc. M. Poggendorff perce un trou de 18 millimètres dans le verre, et l'obstrue avec du liège; puis il colle sur ce liège la pointe de papier en dedans et la base en dehors. M. Bouchotte, de Metz, fait mieux encore; il colle de chaque côté la pointe et la base du papier et les fait communiquer entre elles à l'aide d'une petite bande d'étain de 5 millim. de largeur qui contourne le bord du disque.

On a disposé sur le plateau fixe plusieurs couples d'éléments au lieu d'un seul; mais cette disposition rend la machine coûteuse, sans offrir des avantages bien notables. L'isolement des armatures devient d'ailleurs plus difficile.

Enfin, M. Kaiser, à Leyde, a combiné deux machines, de manière à faire agir sur un seul système de conducteurs deux disques montés sur un seul axe mobile et les

deux plateaux fixes qui leur correspondent. Une machine de ce genre donne plus d'électricité que deux machines simples.

M. Tœpler, à Riga, a aussi combiné un plus grand nombre de disques d'après le même principe. Mais tous ces appareils sont très fragiles, très coûteux et leur entretien est plus difficile que celui de la machine simple; aussi est-elle presque exclusivement employée.

M. Holtz avait à l'Exposition universelle de 1867 une machine à deux plateaux, qui tournaient en sens contraire entre quatre peignes conducteurs disposés de chaque côté des plateaux alternativement : Cette seconde forme n'est pas usitée [1].

Une remarque importante doit être faite à propos des multiplicateurs électriques en général et de la machine de Holtz en particulier. Lorsqu'on a amorcé cette dernière en communiquant à la bande de papier une certaine quantité d'électricité, il suffit de tourner le plateau pour en obtenir d'une manière continue et pendant tout le temps que l'on voudra : ce plateau mobile est d'ailleurs complètement libre ; aucun frottement n'intervient comme dans la machine ordinaire pour produire l'électricité. Il semblerait donc que, sans dépense d'aucune sorte, on obtient une création de force électrique : la machine de Holtz serait tout simplement la réalisation du mouvement perpétuel puisqu'elle donnerait une production indéfinie de force sans dépense correspondante. L'expérience montre qu'il y a là une illusion et que le principe fondamental de la mécanique n'est pas en défaut. Si l'on fait tourner le plateau d'une machine bien construite sans qu'elle ait été amorcée, l'effort à faire est extrêmement faible : mis en mouvement de rotation et abandonné à lui-même, le plateau continue à tourner très longtemps. Opérons de

[1] Voir les *Annales de chimie et de physique*, 4e série, tome XIII, et le *Traité d'électricité* de M. Mascart. 1876.

même après avoir amorcé l'armature et nous reconnaîtrons qu'il faut exercer un effort très notable pour entretenir le mouvement de rotation : nous serons obligés de développer sur la manivelle de la machine un travail mécanique bien plus grand que si l'appareil n'était pas amorcé. Ce travail est la cause de la production de l'électricité. Il n'y a pas création de force, mais simplement transformation d'une action mécanique en électricité : l'apparition de celle-ci est accompagnée d'une dépense de force musculaire qui lui est correspondante.

3. — Appareils d'induction magnéto-électrique.

Les appareils de Pixii et de Clarke ne donnent que l'étincelle de rupture ; mais en partant de leur principe, qui est celui des courants *magnéto-électriques*, M. Bréguet a construit en 1867 un nouvel appareil qui produit de petites étincelles à distance, et dont les applications sont très intéressantes : il lui a donné le nom d'*Exploseur magnéto-électrique*, à cause de son application principale, qui est l'explosion des mines. On le désigne communément sous le nom de *Coup de poing Bréguet*, d'après la manière de s'en servir (fig. 12).

Deux bobines de fil de cuivre isolé, très fin et très long, E, E, enveloppent les extrémités d'un aimant en fer à cheval N D S; les communications de ces fils entre eux et avec les bornes D, D, sont établies de façon qu'en réunissant ces bornes par un conducteur, on forme un circuit fermé, et de plus le sens de l'enroulement est le même sur les bobines par rapport à l'aimant, supposé rectiligne.

Une plaque de fer AA, est portée par un levier coudé BM en cuivre, lequel est mobile autour d'un axe *a* parallèle à la ligne des pôles de l'aimant, et un gros bouton

de bois ou tampon se trouve au bout du levier B. Un ressort placé au-dessous presse ce levier et détermine le contact de la plaque AA ou *armature* avec les extrémités de l'aimant.

Quand on frappe du poing le tampon B du levier, on détache l'armature AA des extrémités de l'aimant; les *pôles* se rapprochent de ces extrémités, et un courant est *induit* dans le circuit des bobines. Ce courant n'a qu'une

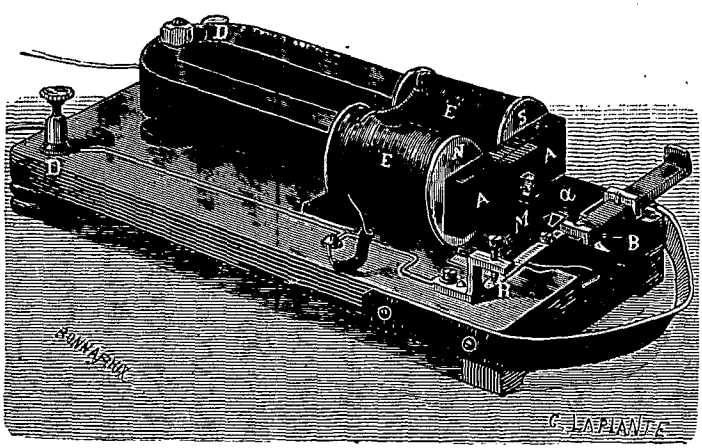


Fig. 12. — Exploseur de Bréguet.

très courte durée, d'autant moindre que l'arrachement de l'armature est plus rapide.

Si on remplace le conducteur DD par deux pointes qui ne laissent entre elles qu'un très petit intervalle, le courant s'établit encore et une étincelle jaillit dans l'intervalle qui les sépare.

M. Bréguet a ajouté une pièce qui accroît considérablement la tension de l'électricité, de sorte que la longueur de l'étincelle peut être beaucoup plus grande qu'avec la disposition qui précède.

Sur le levier B*a* est ajustée une lame de métal R parallèle à l'axe de rotation *a*, et que le levier entraîne avec lui. Lorsque l'armature AA touche l'aimant, cette lame touche une vis métallique isolée, et celle-ci est réglée de façon que la lame soit légèrement courbée. Quand on donne le coup de poing pour détacher l'armature, la lame R s'abaisse; mais elle ne cesse de toucher la vis qu'un instant après, au moment où elle se trouve redressée. Le contact de la vis et de la lame persiste donc pendant un certain temps, tandis que le courant induit est développé dans le fil des bobines, et le contact cesse avant que le courant ait disparu. On emploie cette pièce pour interrompre le courant induit, pendant son existence, et utiliser son *extracourant*.

Nous savons comment Masson et Bréguet opéraient quand il s'agissait d'un circuit voltaïque.

Ils établissaient de chaque côté du point d'interruption une communication avec les boules de l'œuf électrique, et quand l'interruption avait lieu, l'étincelle jaillissait entre les boules. Il faut faire ici la même chose : c'est-à-dire faire passer le courant induit par la lame R et la vis, et établir une première communication entre la vis et l'une des pointes D, puis une seconde entre la lame et l'autre pointe D ; alors ce sera l'étincelle d'extracourant qui jaillira entre les pointes.

Tout cela est réalisé dans l'exploseur de Bréguet. L'un des bouts du fil des bobines communique avec la lame R, et l'autre avec la vis qui lui correspond, et comme ces bouts communiquent déjà avec les bornes D, D, celles-ci mettent les pointes entre lesquelles doit jaillir l'étincelle en rapport avec la lame et la vis.

En résumé, voici quelle est la série d'opérations accomplies dans les diverses parties de l'exploseur; au moment où l'armature se détache de l'aimant, les pôles de celui-ci se déplacent; un courant induit se développe dans le circuit formé par le fil des bobines, la lame et la vis ;

rien n'a encore eu lieu entre les pointes explosives. Avant que ce courant, dont l'intensité diminue graduellement, se soit notablement affaibli, il est interrompu entre la vis et la lame; à cet instant les électricités contraires affluent sur ces deux pièces *avec une grande tension* et elles produisent l'étincelle entre les pointes, pourvu que la résistance de l'intervalle qui les sépare soit moindre que celle du fil des bobines.

On peut remplacer les pointes par les boules de l'œuf électrique et obtenir l'étincelle dans le vide.

4. — Appareils d'induction volta-électrique.

Les appareils fondés sur le principe des courants volta-électriques étaient construits par Ruhmkorff avec une perfection que nous avons déjà signalée au lecteur. Les *bobines d'induction* possèdent maintenant une *tension* si considérable, qu'elles peuvent remplacer très avantageusement les machines ordinaires pour les expériences d'électricité statique. Les unes, de petite dimension, d'un prix peu élevé, donnent des étincelles de deux ou trois centimètres dans l'air et servent fréquemment dans les laboratoires. Les autres, de grande dimension, assez coûteuses, donnent des étincelles dont la longueur peut atteindre quatre-vingts centimètres. Pour charger une batterie, il faut que l'étincelle ait au moins quinze centimètres. Nous décrirons les deux formes principales qui sont usitées; elle se rattachent d'ailleurs de la même manière au principe de l'induction volta-électrique.

Le circuit *inducteur* est formé par une pile de quelques éléments et par un gros fil de cuivre isolé, qui fait quelques tours seulement autour d'un faiceau de fils de fer A (fig. 13). On a représenté le faisceau séparé de la bobine; il s'introduit dans la cavité centrale de la grande bobine C.

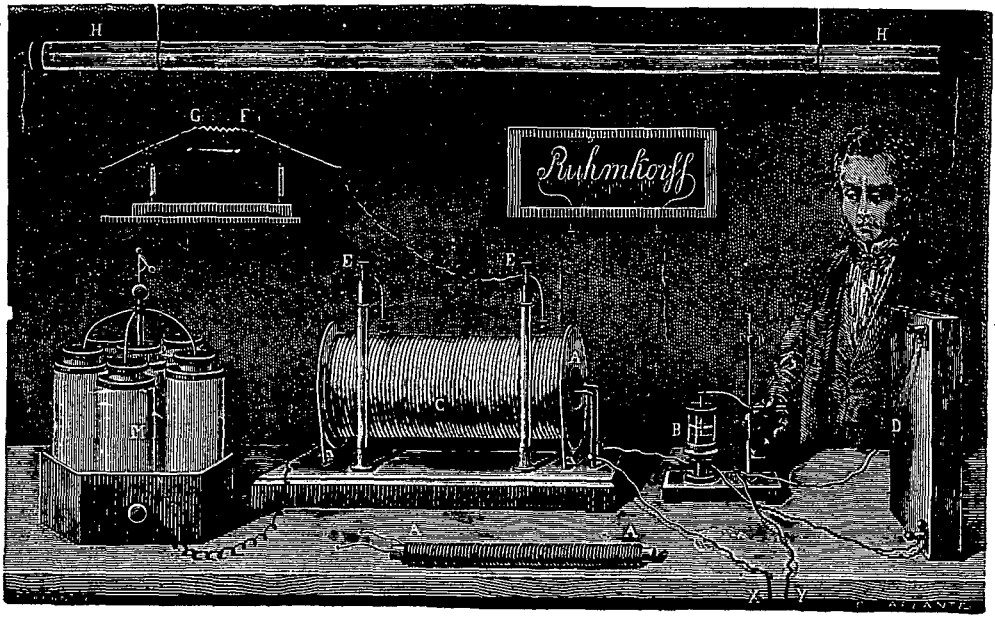


Fig. 13. — Bobine de Ruhmkorff.

L'interrupteur B est formé d'une pointe de platine communiquant avec un des conducteurs Y de la pile, et d'une couche de mercure communiquant avec le fil du faisceau A. L'autre bout du même fil est en communication avec le second conducteur X de la pile.

Une bobine C formée d'un fil de cuivre isolé, très fin et très long, entoure le faisceau A, et les extrémités de ce fil aboutissent à deux conducteurs isolés E E auxquels on attache des fils de métal qui établissent un circuit ayant une solution de continuité en G F ; c'est là que doit jaillir l'étincelle. Cette bobine et les conducteurs extérieurs composent le circuit *induit*.

Tant que le circuit inducteur est fermé, il est le siège d'un courant voltaïque continu, et il ne se produit rien dans le circuit induit. Mais sitôt qu'on ouvre le circuit inducteur en séparant la pointe de platine et le mercure au point B, il y a un courant temporaire dans la bobine C et l'étincelle jaillit dans l'intervalle G E, pourvu que celui-ci ne soit pas trop grand. Il y a de l'électricité positive à l'un des conducteurs E, et de l'électricité négative à l'autre. Ces électricités sont développées dans chaque moitié du fil de la bobine, avec une tension décroissante des extrémités au milieu. Quand l'intervalle G F n'est pas trop grand, ces électricités produisent l'étincelle et disparaissent; si l'étincelle n'a pas lieu, les électricités se neutralisent dans le fil de la bobine.

L'induction est surtout due au faisceau de fil de fer. Le fil du circuit inducteur qui l'enveloppe a pour fonction l'aimantation de ce faisceau, quand ce circuit est fermé. Lorsqu'on interrompt le courant voltaïque, le faisceau se désaimante, et c'est ce changement d'état qui détermine l'électrisation de la bobine C. On démontre aisément ce rôle du fer, en l'enlevant sans changer le reste de l'appareil. L'étincelle ne jaillit plus en G F, que si l'intervalle est très petit. L'action du conducteur de

la pile s'ajoute à celle du faisceau de fer; mais elle est incomparablement plus faible.

La tension des électricités développées aux extrémités du fil induit est d'autant plus grande que l'interruption est plus brusque ; de cette condition dépend par conséquent la longueur de l'étincelle. Or le phénomène de l'extracourant s'oppose à la rapidité de l'interruption. Nous savons qu'au point B de séparation des deux portions de circuit voltaïque jaillit une étincelle de rupture, d'autant plus grosse que le circuit a plus de circonvolutions; le faisceau de fer augmente aussi la grosseur de cette étincelle ; enfin sa durée croît avec sa grosseur. Or, tant que dure cette étincelle, le circuit voltaïque reste fermé : donc si l'on veut diminuer le plus possible la durée de l'interruption, il faut que l'étincelle de rupture ou *d'extracourant* soit la plus petite possible.

Cette condition a été réalisée par M. Fizeau, à l'aide d'une sorte de batterie de Leyde D, dont les deux armatures communiquent respectivement avec deux points du circuit inducteur de chaque côté du point d'interruption B.

A l'instant où le courant est interrompu, les électricités de l'extracourant se portent sur les armatures, au lieu de s'accumuler au point de rupture ; il n'y a plus de grosse étincelle en ce point. En outre le condensateur, chargé comme une bouteille de Leyde, se décharge par la pile et la bobine, ce qui rend plus rapide la désaimantation du faisceau de fer. Tout concourt ainsi à rendre plus brusque l'induction et par conséquent à accroître la longueur de l'étincelle.

Tels sont les phénomènes généraux qui se passent dans la bobine d'induction.

Maintenant nous pourrons aisément comprendre les dispositions adoptées par Ruhmkorff, dans ce qu'elles ont d'essentiel. Ce qui distingue la grande bobine de la petite, c'est la forme de l'interrupteur.

Dans la petite bobine (fig. 14), le faisceau de fer dépasse la bobine induite et au-dessous de l'extrémité de ce faisceau est placée une petite colonne de métal, qu'on appelle *enclume*. Entre l'enclume et le faisceau se trouve une petite masse de fer portée par un levier de cuivre, lequel s'appuie légèrement sur une seconde colonne latérale ; c'est le *marteau*. Il peut osciller entre le faisceau et l'enclume, sur laquelle il repose naturellement par son poids. L'un des bouts du fil inducteur communique avec la seconde colonne ; l'autre aboutit à une vis de pression, à laquelle est attaché le fil de la pile. Quant à

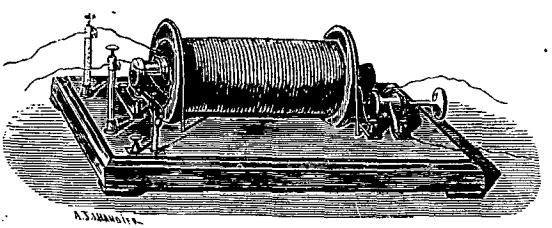


Fig. 14. — Petite bobine de Ruhmkorff.

l'enclume, elle communique par un ruban de cuivre avec une seconde vis, à laquelle est attaché le second fil de la pile. Quand la pile est en activité, le courant passe par le fil inducteur, le marteau, l'enclume, et aimante le faisceau de fer ; celui-ci attire aussitôt le marteau, et tant qu'il le retient, le courant ne passe plus ; le point d'interruption est entre l'enclume et le marteau. Mais de ce que le courant est interrompu, il résulte que le faisceau perd son magnétisme, il abandonne le marteau, et celui-ci retombe sur l'enclume. Le courant passe de nouveau, le marteau se soulève encore, puis retombe et le même effet se produit indéfiniment.

Ainsi le courant de la pile est lui-même chargé de régler les interruptions du circuit ; cet interrupteur *auto-*

matique très ingénieux a été imaginé par M. de la Rive, de Genève.

Quant au reste de l'appareil, il est disposé selon les principes que représente la fig. 13. Le marteau et l'enclume jouant le rôle de l'interrupteur B de cette figure, communiquent respectivement avec les deux armatures du condensateur, placé sous la tablette qui porte la bobine. Ce condensateur est formé de deux séries de feuilles d'étain entre lesquelles s'étendent des feuilles de carton ciré. Ce système produit, sous un très petit volume, le même effet qu'une grande bouteille de Leyde dont chaque armature aurait une surface égale à la surface totale des feuilles d'étain employées.

Les extrémités du fil induit aboutissent à des vis de cuivre supportées par des tiges de verre; c'est à ces vis qu'on attache les conducteurs entre lesquels doit jaillir l'étincelle.

Enfin une pièce, appelée commutateur, se trouve placée de l'autre côté de la bobine; elle sert à changer le sens du courant inducteur. Il est inutile de décrire ici cette pièce, parce que son rôle est secondaire.

Dans la grande bobine, fig. 13, l'interrupteur est celui de Foucault; il est indépendant du circuit inducteur et est mis en mouvement par un circuit voltaïque distinct. Au lieu de l'enclume, c'est le godet de verre B, contenant du mercure qui communique avec le fil inducteur; au lieu du marteau, c'est la pointe de platine qui communique avec la pile. De plus une couche d'alcool recouvre le mercure. La pointe doit osciller au-dessus du mercure, le toucher en descendant, ce qui ferme le circuit, et s'en séparer en remontant, ce qui ouvre le circuit. Il y aurait mille manières de faire osciller régulièrement cette pointe; celle qu'a adoptée Foucault est la plus commode de toutes; nous nous abstiendrons de tout détail à ce sujet.

On emploie habituellement une pile de 8 éléments de

Bunsen (grand modèle à auges rectangulaires) dans le circuit principal et un seul couple (moyen modèle) dans le circuit auxiliaire.

Pour charger une batterie, on fait communiquer le pôle négatif du fil induit avec l'armature extérieure de la batterie, puis à l'aide de l'excitateur on tire des étincelles G F sur le trajet des conducteurs qui vont du pôle positif à l'armature intérieure : quelques étincelles suffisent pour la charge. La figure 13 représente la disposition adoptée pour cette opération.

L'institut polytechnique de Londres possède une grande bobine qui a 3 mètres de longueur. Le faisceau de fil de fer pèse 46 kil., le fil inducteur a 2^{mm}, 4 de diamètre et 3446 m. de longueur. Le fil induit a 0^{mm}, 4 de diamètre et 241 kil. de longueur. On emploie une pile de 40 éléments de Bunsen. Cette puissante machine est surtout remarquable par la quantité d'électricité qu'elle développe. Ses étincelles ont 75 cent. de longueur et 2 cent. de grosseur. Trois étincelles chargent une batterie de 4 $\frac{1}{2}$ mètres carrés environ.

DEUXIÈME CLASSE.

1. — Pile voltaïque.

Ces appareils sont bien connus et nous n'avons besoin d'entrer dans aucun détail à leur sujet. Nous rappellerons seulement que la pile la plus usitée pour la production de l'arc voltaïque est celle de Bunsen. Chaque élément se compose de deux vases concentriques, dont l'intérieur est en porcelaine poreuse. Entre les deux vases on verse de l'eau aiguisée d'un seizième d'acide sulfurique, et on plonge dans cette eau un cylindre de zinc amalgamé. Dans le vase de porcelaine, on met de l'acide

azotique ordinaire et un cylindre de charbon. Une lame de cuivre terminée par des pinces de même métal réunit le zinc d'un élément avec le charbon de l'élément suivant. En entretenant un peu de mercure au fond du vase extérieur, on maintient le zinc dans un bon état d'amalgation et l'on évite des nettoyages assez pénibles.

Pour faire l'expérience de l'arc voltaïque, on emploie au moins 60 éléments moyens. On commence par mettre en contact les pointes conductrices, entre lesquelles doit jaillir la lumière, puis on les écarte graduellement; l'arc s'établit alors; mais il faut le régler pour qu'il persiste à cause de l'usure des pointes, que la forte chaleur de l'arc vaporise et consume rapidement. Nous décrirons les régulateurs dans le chapitre des applications.

Pour obtenir avec le courant voltaïque l'étincelle explosive, il faut employer plusieurs centaines d'éléments. La pile de MM. Warren de la Rue, Hugo Muller et Spottiswoode est composée de 1100 éléments au chlorure d'argent. Voici comment est construit chacun d'eux.

Au fond d'un tube de verre vertical de 15 cent. de longueur, on met 15 grammes de chlorure d'argent pulvérisé; on le recouvre d'une colonne d'eau salée, contenant 25 grammes de sel marin par litre. Le tube est fermé par un bouchon que traversent un fil d'argent recouvert de gutta-percha, et une baguette de zinc. Le fil d'argent s'enfonce dans le chlorure d'argent et constitue le pôle positif; le pôle négatif est à la baguette de zinc.

Une pile ainsi disposée a une durée considérable. La force d'un élément est à peu près celle d'un élément Daniell.

M. Gassiot a fait usage de 3000 éléments simples de Volta chargés avec de l'eau ordinaire; et il a observé l'étincelle entre les extrémités des *rhéophores* pendant plusieurs mois, sans affaiblissement notable.

Une pile fort commode, lorsqu'on n'a besoin que d'un arc voltaïque d'une petite durée, est la pile secondaire de M. Planté.

Chaque élément est composé de deux lames de plomb d'égales dimensions plongées dans de l'eau acidulée. Pour mettre la pile en activité, on fait communiquer les lames de plomb respectivement avec les pôles d'une petite pile de quelques éléments voltaïques. L'eau est décomposée; son oxygène forme avec la lame de plomb positive de l'oxyde de plomb qui la recouvre d'une couche brune, et l'hydrogène se porte sur l'autre lame. Au bout de quelques heures les lames sont préparées et comme on dit polarisées. On les sépare de la petite pile, et on les dispose pour les effets du courant comme des éléments ordinaires. Sitôt qu'un conducteur ferme le circuit, un courant de courte durée s'établit; il est dû à la recombinaison de l'oxygène et de l'hydrogène, et cesse quand la couche d'oxyde de plomb a disparu. Quand les éléments sont à grande surface, et très nombreux, on observe les effets temporaires d'une pile excessivement puissante. M. Planté a disposé de cette façon jusqu'à 400 éléments dans lesquels chaque lame de plomb avait une superficie de vingt décimètres carrés.

Une telle pile est inusable et n'exige qu'une manipulation simple et peu coûteuse. On peut la comparer à une batterie de Leyde que l'on charge avec une faible machine électrique, et dont la décharge produit pendant un instant les effets les plus intenses.

2. — Machines magnéto-dynamiques.

Le principe de ces machines est celui de l'induction par les aimants. Plaçons parallèlement deux aimants en fer à cheval (fig. 15) de façon que leurs pôles contraires A, B′ soient en regard, et faisons passer entre les pôles un électro-aimant rectiligne E, formé d'un cylindre en fer autour duquel est enroulé un fil de cuivre isolé, dont les deux bouts aboutissent aux conducteurs C et D et sont réunis par un conducteur extérieur F,

Voici ce qui va se passer. En s'approchant des pôles A B′, le fer s'aimantera et produira par induction un premier courant dans le circuit E F ; en dépassant ces pôles il se désaimantera, ce qui produira un second courant contraire au précédent. Il arrivera ainsi en face des pôles suivants B et A′, s'aimantera encore, mais en sens contraire au précédent, et produira un troisième courant ; puis dépassant ces pôles il se désaimantera de nouveau, ce qui produira un quatrième courant de sens opposé. De ce que la polarité a changé de sens dans la troisième opération, il résulte que le troisième courant induit est de même sens que le second ; par conséquent le quatrième est de même sens que le premier. On aura ainsi dans le circuit EF quatre courants temporaires se succédant avec les changements de sens qui viennent d'être indiqués.

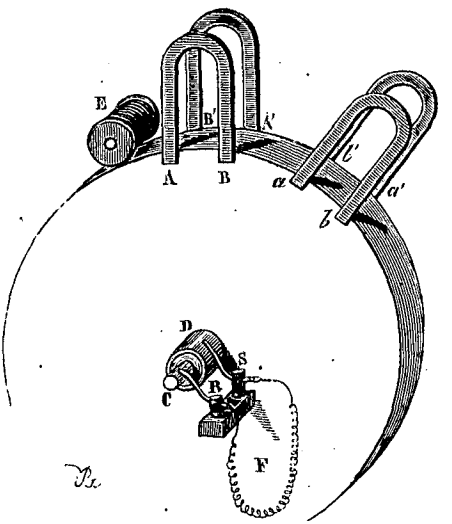


Fig. 15. — Principe de la machine magnéto-dynamique.

Imaginons maintenant autour d'une couronne circulaire une suite d'aimants disposés comme les précédents, de façon que les pôles consécutifs soient toujours de noms différents; la même succession de quatre courants induits aura lieu à chaque paire d'aimants, si l'électro-aimant tourne d'une manière continue autour du centre de la couronne. Si la rotation est assez rapide, il n'y aura pas de discontinuité appréciable entre tous ces courants; mais les changements de sens indiqués auront toujours lieu. Remarquons que le second et le troisième courant de chaque période se confondront, que le quatrième et le premier de la période suivante se confondront aussi, et que finalement à chaque révolution de l'électro-aimant autour du centre, le nombre des courants induits successivement dans un sens et dans l'autre sera double du nombre des aimants: avec 8 aimants, on aura 16 courants induits, alternativement de sens contraires.

Supposons qu'un second électro-aimant tourne en même temps que le précédent avec la même vitesse, en passant comme lui entre les aimants, les mêmes phénomènes s'y produiront. Si les deux électro-aimants s'approchent ou s'éloignent des pôles simultanément, le sens des courants développés dans leurs circuits respectifs dépendra des noms des pôles qui leur correspondront. Mais on pourra toujours réunir leurs fils en un seul circuit, de façon que le courant de l'un suive dans l'autre la même direction que celui qui y prend naissance; le circuit formé par les deux bobines et le conducteur extérieur sera analogue à un circuit voltaïque composé de deux éléments et d'un conducteur.

Imaginons enfin 16 électro-aimants fixés sur le contour d'une seconde couronne concentrique à celle qui porte les huit aimants, avec leurs fils réunis comme nous venons de le dire, en un seul circuit; lorsque cette couronne tournera autour de son centre, l'état du circuit sera celui d'un circuit voltaïque composé de 16 éléments.

Reste à voir comment nous pouvons faire tourner cette couronne, en conservant un conducteur extérieur libre. Il suffit pour cela que l'un des bouts du long fil qui est enroulé successivement sur toutes les bobines soit soudé à l'axe métallique de rotation C (fig. 15), et que l'autre bout soit soudé à une virole de cuivre D ajustée sur le même axe, mais isolée par une rondelle de verre ou d'ivoire. En appuyant sur l'axe et sur la virole deux ressorts métalliques fixes, R, S et attachant le conducteur extérieur à ces ressorts, on a une communication permanente de ce conducteur avec le fil des bobines par l'intermédiaire des ressorts, qui frottent respectivement l'axe et la virole, sans cesser de les toucher.

En résumé chaque tour de la couronne d'électro-aimants nous donnera dans le conducteur extérieur 16 courants induits, alternativement de sens contraires, comme si l'on avait un circuit voltaïque de 16 éléments dont le courant serait renversé 16 fois à l'aide d'un *commutateur*.

Il est très facile de remplacer le simple contact de l'axe et de la virole par un appareil qui change le sens du courant dans le conducteur extérieur, au moment précis où le sens du courant change dans les bobines. A l'aide d'un appareil de ce genre ou *commutateur*, on obtient dans le conducteur extérieur un véritable courant continu comme celui d'une pile ordinaire.

Telle est la machine que Nollet a inventée en 1850. La figure 16 représente une machine puissante, composée de 6 couronnes semblables à celle que nous venons de décrire. Son effet est analogue à celui d'une pile de 6 fois 16 c'est-à-dire 96 éléments. Elle donne l'arc voltaïque comme la pile ordinaire; il est à remarquer qu'il n'est pas nécessaire de faire usage du commutateur quand on veut la lumière électrique; le changement de sens des courants induits n'empêche pas la continuité de l'arc lumineux.

La machine précédente exige une force assez considé-

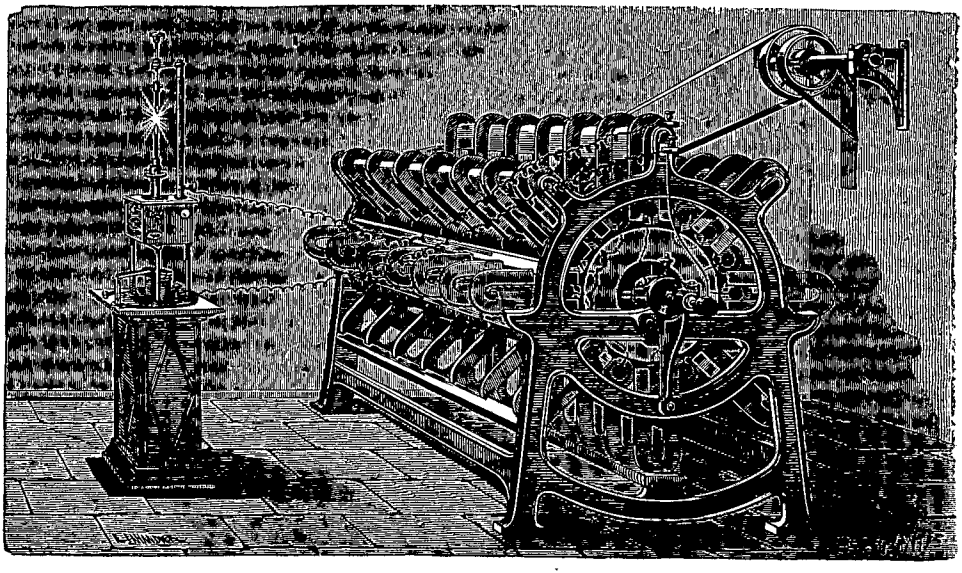


Fig. 16. — Machine magnéto-dynamique de Nollet ou machine de l'Alliance.

rable pour fonctionner. On la met en mouvement par le moyen d'une machine motrice de 4 chevaux-vapeur environ. C'est donc plutôt une machine industrielle qu'un appareil de cabinet. Il en existe une au Laboratoire de la Sorbonne. Elles sont surtout employées pour l'éclairage des phares.

MM. Siemens et Halske, de Berlin, ont introduit en 1854 un perfectionnement notable dans les machines magnéto-électriques. Ils emploient un électro-aimant de la forme suivante (fig. 17).

Le fer est façonné en cylindre, creusé suivant l'axe de deux grandes rainures larges et profondes, de sorte que

Fig. 17. — Électro-aimant de Siemens et Halske.

sa section ressemble à une double T. Le fil de cuivre isolé est enroulé dans ces rainures, parallèlement à l'axe du cylindre, et il est recouvert d'une feuille de laiton qui avec la partie du fer restée libre constitue un cylindre complet. L'un des bouts du fil est soudé à l'axe métallique du cylindre, et l'autre bout est soudé à une virol de métal isolée sur l'extrémité de cet axe. Si deux ressorts métalliques s'appuient respectivement sur l'axe et sur la virole, en attachant un conducteur à ces ressorts on formera un circuit fermé, lors même que l'électro-aimant tournera rapidement autour de son axe.

L'aimant chargé de développer les courants induits a ses extrémités entaillées pour embrasser l'électro-aimant. On ne laisse entre le cylindre et la surface de l'aimant que l'intervalle nécessaire pour que la rotation ne soit pas gênée par un frottement (fig. 18).

Cette disposition offre deux avantages ; d'abord la distance de l'aimant à l'électro-aimant est la plus petite possible ; ensuite le fer du cylindre sert d'*armature*, et empêche l'affaiblissement du pouvoir magnétique qui résulte dans les aimants non armés de l'action mutuelle de leurs deux branches. On obtient tout l'effet d'induction

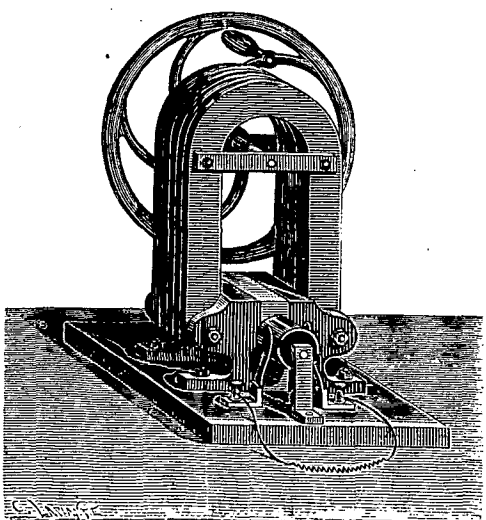


Fig. 18. — Machine magnéto-dynamique de Siemens et Halske.

dont l'aimant est capable, et par conséquent des courants plus puissants en quantité que par les autres procédés.

Le courant induit change de sens à chaque demi-tour ; il est très facile de le conduire extérieurement dans un sens constant. On place au bout de l'axe métallique de la bobine un anneau d'ivoire, dont la surface est couverte par deux demi-cylindres de cuivre, qui ne se touchent pas. L'un d'eux communique avec l'axe, et l'autre avec

la virole de métal dont il a été déjà question. Les deux ressorts qui, avec le conducteur extérieur, doivent fermer le circuit, s'appuient sur ces demi-cylindres. Supposons qu'à un certain moment l'un des demi-cylindres soit le pôle positif de la bobine ; le ressort qui le touche conduit le courant dans le conducteur extérieur. Après un demi-tour c'est l'autre demi-cylindre qui est le pôle positif : mais justement il est venu se mettre en contact avec le même ressort : donc le courant a le même sens que précédemment. Tel est le commutateur déjà connu dans la machine de Clarke.

3. — Multiplicateurs magnéto-dynamiques.

Lorsqu'on fait passer un courant électrique dans un fil conducteur enroulé autour d'un morceau de fer doux, celui-ci s'aimante immédiatement et se désaimante dès que le courant est interrompu : le sens de l'aimantation dépend d'ailleurs du sens du courant et reste toujours le même si l'on a soin de faire passer le courant toujours dans le même sens. Les aimants passagers obtenus de cette façon, ou *électro-aimants*, sont remarquables par une extrême puissance. Un aimant ordinaire n'a jamais qu'une force d'attraction assez faible : M. Jamin en employant une série de lames d'acier minces, aimantées séparément, puis superposées, a pu composer des aimants permanents capables de porter dix à quinze fois leur propre poids : mais cette puissance d'attraction est encore bien faible si on la compare à celle d'un électro-aimant qui peut facilement porter 100 ou 200 fois son poids.

De cette comparaison est née l'idée de substituer, dans les machines magnéto-électriques, des électro-aimants aux aimants permanents précédemment employés. Il est évident, par exemple, que l'aimant de l'ap-

pareil de Siemens et Halske peut être remplacé par un électro-aimant, animé lui-même par un courant soit voltaïque, soit magnéto-électrique, pourvu que ce courant ait une direction et une intensité constantes. La force électro-motrice de la machine devra être considérablement augmentée par le fait de la substitution, puisque la puissance magnétique de l'aimant inducteur sera beaucoup plus grande.

Tel est le principe qui a été appliqué par M. Wilde, de Manchester, à la construction de l'appareil représenté fig. 19. Il se compose en réalité de deux machines Siemens superposées et d'inégales dimensions. La première que l'on voit à la partie supérieure de la figure est actionnée par un aimant M entre les pôles duquel tourne une bobine Siemens dans laquelle se développe un courant induit magnéto-électrique. Celui-ci redressé par un commutateur est envoyé dans l'électro-aimant AB de la seconde machine et lui communique un magnétisme énergique et de nature constante. Les surfaces polaires TT de ce gros électro-aimant et la garniture *i* de cuivre qui les sépare entourent une cavité dans laquelle peut tourner une seconde bobine Siemens dont le diamètre est environ triple de celui de la première. Si l'on met en mouvement les deux bobines, le courant de la première sert d'excitateur à l'électro-aimant de la seconde. Sous l'action inductrice de celui-ci, il se développe dans la deuxième bobine un courant capable de produire de puissants effets calorifiques et lumineux. Il fallait pour cela employer des vitesses de rotation de 12 à 1500 tours à la minute pour la grosse bobine, et de 1800 à 2000 tours pour la plus petite.

On se fera une idée exacte des dimensions de la machine en sachant que les branches AB du gros électro-aimant avaient un mètre de hauteur, et que le fil qui les recouvrait avait plus d'un kilomètre de longueur. Aussi l'arc voltaïque surpassait tous ceux qui avaient

été vus jusqu'alors. M. Wilde obtint plus encore : il fit

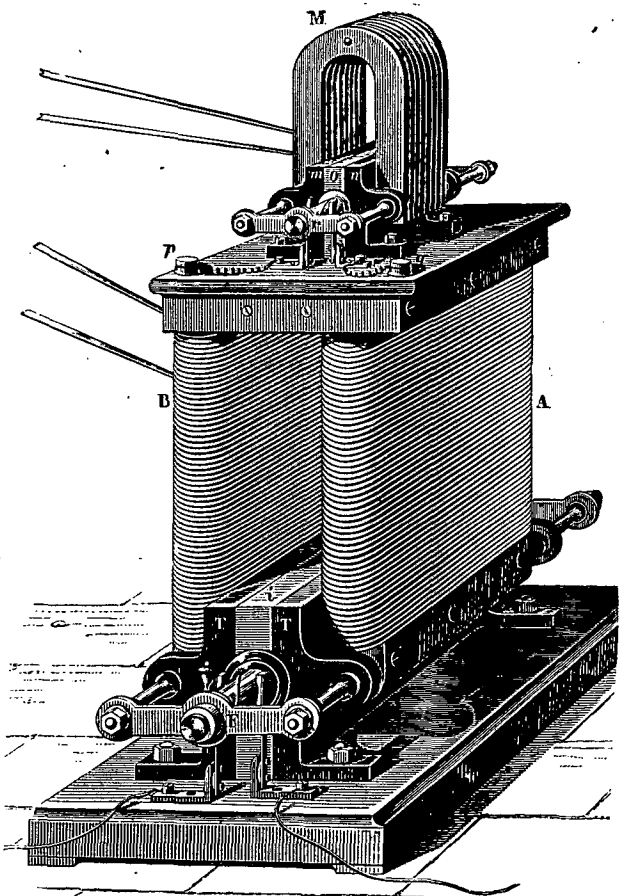


Fig. 119. — Multiplicateur magnéto-dynamique de Wilde.

passer le courant ainsi produit dans un nouvel électro-aimant plus grand que le précédent : il avait un tiers de

mètre de plus en hauteur, et agissait comme inducteur sur une bobine Siemens de dimensions proportionnées. Son premier générateur servait ainsi d'excitateur dans cette nouvelle machine. Les effets obtenus furent surprenants, la lumière électrique put être entretenue entre des charbons gros comme le doigt et fondait rapidement des baguettes de platine ayant 60 centimètres de longueur et 8 millimètres de diamètre.

Il semble que l'on peut ainsi multiplier presque à l'infini la puissance électro-motrice des machines magnéto-électriques : aussi est-il indispensable d'ajouter que si le premier appareil de Wilde exigeait pour être mis en mouvement une force motrice de 3 chevaux, la machine à triple effet nécessitait un moteur de 15 chevaux de force. Nous assistons en réalité à une simple transformation du travail mécanique en énergie électrique.

Il restait un dernier pas à faire, un perfectionnement des plus curieux à réaliser : il s'agissait de supprimer le premier aimant inducteur. La chose est possible. En effet, le fer qui constitue les électro-aimants n'est jamais doux : aussi quand le courant qui l'a aimanté cesse de passer, l'aimantation ne disparaît pas d'une manière absolue et il y reste toujours une faible quantité de magnétisme permanent. Cette remarque a conduit M. Siemens à la construction d'un appareil exposé en 1867 sous le nom de *machine dynamo-électrique*, elle se composait d'un seul électro-aimant et d'une seule bobine tournant entre ses pôles. Dès qu'on fait tourner la bobine, le peu de magnétisme permanent que possède l'électro-aimant suffit pour donner naissance à un faible courant, qui, dirigé dans l'électro-aimant lui-même, en augmente le magnétisme et par suite la puissance inductrice. L'intensité du courant s'accroît donc, celle de l'électro-aimant continue d'augmenter, en résumé il y a renforcement de l'électro-aimant par le courant de la bobine et renforcement du courant par l'électro-aimant jusqu'à

une certaine limite qui dépend de la vitesse de rotation.

Vers la même époque, M. Ladd, constructeur anglais, fit paraître une machine fondée à peu près sur le même principe et dont nous nous bornerons à donner ici la représentation (fig. 20). Il est possible que M. Ladd ait eu l'idée du renforcement mutuel des deux parties de l'exci-

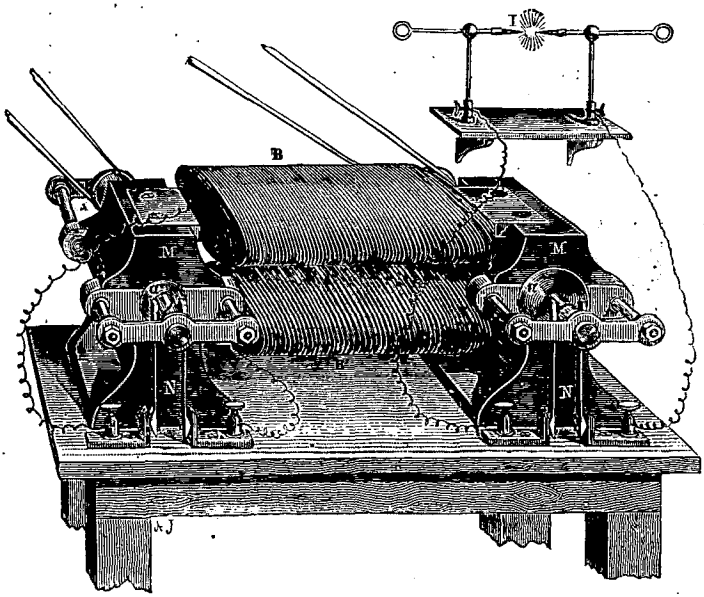


Fig. 20. — Machine magnéto-dynamique de Ladd.

tateur ; mais comme il n'a publié ses résultats qu'après MM. Siemens et Wheatstone, la priorité est certainement acquise à ces derniers.

De toutes les machines magnéto-électriques, la plus parfaite aujourd'hui est certainement celle qui a été imaginée par M. Gramme en 1873 : grâce à elle, l'éclairage électrique, qui n'était qu'une curiosité scientifique, a pu

se répandre et entrer dans la pratique industrielle. Aussi, bien que leur découverte remonte à quelques années seulement, c'est par milliers que ces machines ont déjà été construites.

Le principe de la machine Gramme est essentiellement différent de celui des machines magnéto-électriques dont nous avons parlé. Dans toutes ces dernières, l'induction se produit dans une bobine qui s'approche et s'écarte successivement des pôles d'un aimant ou d'un électro-aimant : dans la machine Gramme, l'aimant inducteur se meut dans l'intérieur de la bobine. Nous allons d'ailleurs faire connaître rapidement la construction de cet important appareil.

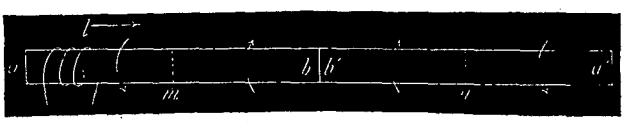


Fig. 21.

Imaginons deux barreaux aimantés (fig. 21) ayant chacun un pôle austral en *a* et en *a'* et un pôle boréal en *b* et en *b'*, et supposons ces deux barreaux placés bout à bout à la suite l'un de l'autre, deux pôles de même nature étant en contact. Si nous faisons glisser le long de ce système une petite hélice de fil conducteur, telle que *l*, il s'y développera pendant tout son mouvement en *a* en *a'* des courants d'induction magnéto-électriques. Les lois ordinaires de ces phénomènes nous apprendront que le courant a dans le fil une certaine direction quand l'hélice va de *a* en *m* ; en ce point le courant prend une direction contraire jusqu'à ce que l'hélice soit arrivée en *n* ; enfin il reprendra sa direction primitive quand l'hélice parcourra l'espace *n a'*. Les flèches marquées sur la figure 21 indiquent le sens du courant induit dans le fil

en supposant que celui-ci se transporte de *a* en *a'*. On voit par conséquent que le courant change de sens au moment où la bobine induite passe devant les lignes neutres *m* et *n* des aimants inducteurs, tandis que dans les appareils décrits précédemment, le changement de sens du courant a lieu au moment du passage devant les pôles de l'inducteur.

Ce principe admis, il est facile de comprendre que les résultats seront exactement les mêmes, si l'on donne à chacun des deux aimants la *forme demi-circulaire* et si l'on constitue par suite avec leur réunion l'anneau de la fig. 22 ayant un double pôle austral en *a a'* et un double pôle boréal en *b b'*.

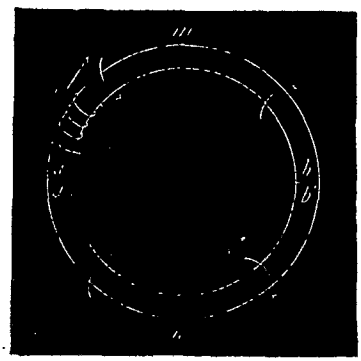


Fig. 22.

Or, pour constituer ce système magnétique il suffit de prendre un anneau de fer doux (*fig.* 23) et de le placer entre les pôles A et B d'un aimant ou d'un électro-aimant énergique qui aimantera l'anneau par son influence. Remarquons enfin qu'au lieu de faire glisser l'hélice le long de l'anneau, nous pouvons la fixer à ce dernier et faire tourner celui-ci autour d'un axe de rotation passant par son centre *o:* l'anneau de fer, bien que tournant, sera immobile au point de vue magnétique puisque ses pôles resteront toujours aux mêmes points *a a'* et *b b'* en face des pôles contraires de l'aimant fixe.

Telle est la machine Gramme réduite à ses parties fondamentales : elle se compose donc d'un anneau de fer doux autour duquel sont fixées une ou plusieurs hélices

de fil conducteur et qui peut recevoir un mouvement de rotation rapide autour d'un axe perpendiculaire à son plan et passant par son centre. Cet anneau est placé entre les deux larges surfaces polaires opposées d'un aimant aussi puissant que possible. Pendant ce mouvement les hélices seront parcourues par des courants induits qui auront la même direction pour toutes les hélices situées dans la demi-circonférence *n a a' m* et la direction con-

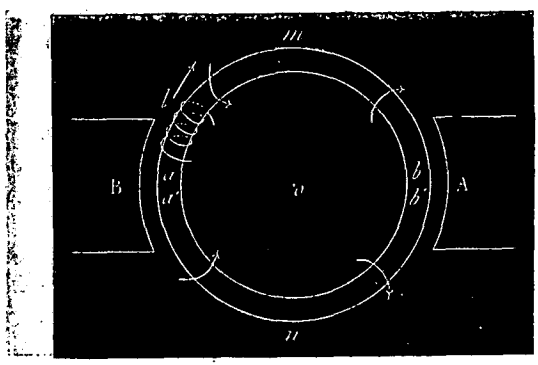


Fig. 23.

traire pour celles qui seront à droite de la verticale *m n* dans la demi-révolution *m b b' n*.

Il reste à faire comprendre comment on peut recueillir tous ces courants et leur donner dans un fil extérieur une direction unique. Dans ce but, l'axe de rotation porte autant de lames conductrices rayonnantes (fig. 24) qu'il y a d'hélices attachées à l'anneau : à chaque lame viennent se fixer l'extrémité finale d'une hélice et l'extrémité initiale de la suivante, de sorte qu'elles sont en réalité raccordées les unes aux autres. Deux ressorts *r r* immobiles, fixés aux bâtis qui porte la machine, peuvent s'appliquer successivement sur les différentes lames conductrices à l'instant où par suite du mouvement de rota-

tion chacune d'elles passe dans la verticale mn : le fil ou circuit extérieur du courant cde vient aboutir à ces ressorts. Pour toutes les hélices situées à droite de mn, les courants partiels s'ajoutent en un seul qui arrive au ressort inférieur, parcourt le circuit cde et rentre dans la machine par le ressort supérieur; pour les hélices à gauche de mn, le courant est de sens contraire au précédent et vient, par suite également s'échapper par le

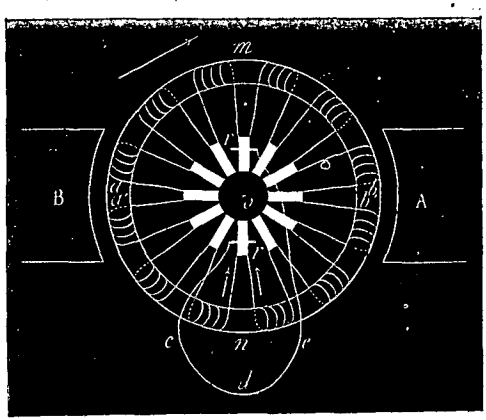


Fig. 24.

ressort inférieur, circuler suivant cde et rentrer par le ressort supérieur.

Quant à la construction même de l'anneau et des hélices, la figure 25 la fait suffisamment comprendre : l'anneau massif en fer est remplacé par un paquet de fils de fer en forme d'anneau, ce qui permet d'avoir un métal plus doux, moins aciéreux dans lequel l'aimantation se déplace plus aisément et avec plus de rapidité.

Lorsque la machine Gramme est employée dans les ateliers de physique pour remplacer la pile électrique, on lui

donne ordinairement la disposition représentée fig. 26, où l'inducteur est formé d'un aimant, système Jamin, qui, formé de lames minces superposées, peut acquérir une grande puissance magnétique. Une manivelle munie d'une chaîne sans fin permet d'imprimer au système induit une grande vitesse de rotation.

Dans les machines industrielles, M. Gramme applique le principe des multiplicateurs électriques Siemens et Ladd. L'aimant qui doit influencer l'anneau de fer doux

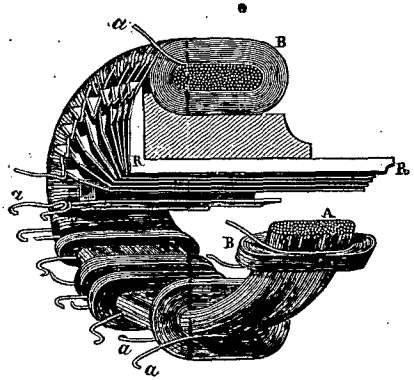


Fig. 25. — Bobine de la machine Gramme.

est remplacé par de puissants électro-aimants auxquels on donne la vertu magnétique en y faisant passer le courant même de la machine. Le magnétisme permanent que ces électro-aimants conservent quand la machine est au repos suffit pour commencer l'induction à l'instant où la bobine est mise en mouvement ; l'effet produit va en croissant avec la vitesse par suite du renforcement progressif des électro-aimants. La figure 27 représente la machine ainsi disposée. Les surfaces polaires destinées à aimanter l'anneau sont placées l'une en haut, l'autre en bas suivant le diamètre vertical de la bobine et par conséquent les

ressorts destinés à recueillir le courant sont disposés suivant le diamètre horizontal : ils sont formés d'une sorte de balai en fils de cuivre. La flexibilité des balais étant suffisante pour que chacun d'eux commence à toucher une des lames du collecteur avant d'avoir abandonné la

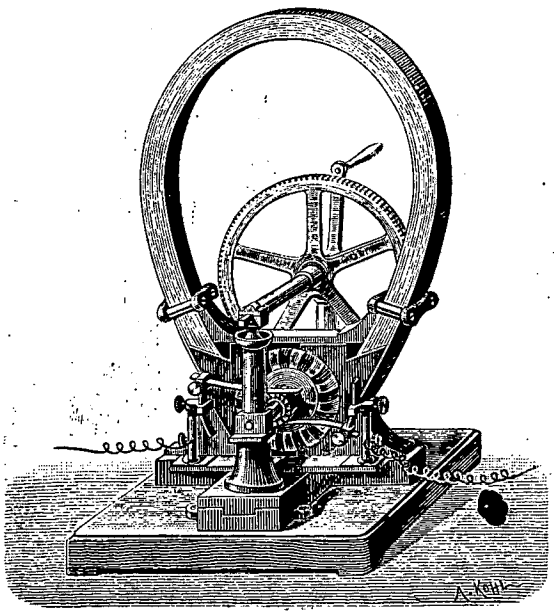


Fig. 26. — Machine Gramme à aimant Jamin.

précédente, le courant recueilli ainsi sera parfaitement continu.

Dans les appareils de grande dimension, une disposition particulière permet de mettre la résistance des bobines en rapport avec la longueur du circuit dans lequel on fait passer le courant : cette modification est analogue à celle que l'on fait subir aux piles ordinaires que l'on

groupe soit en tension, soit en quantité quand le circuit extérieur a une résistance grande ou faible.

Un moteur à vapeur (le système Brotherood est dans ce cas très avantageux) d'une force proportionnée à celle de la machine permet d'imprimer à la bobine une vitesse

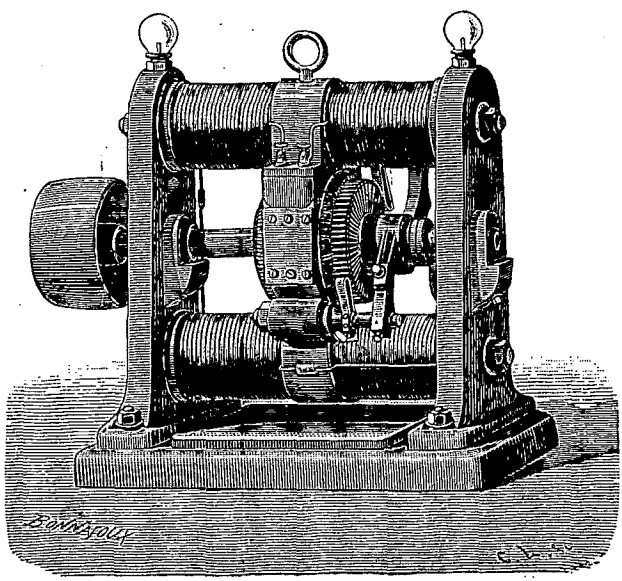


Fig. 27. — Machine Gramme à électro-aimants.

variant de 500 tours à 1200 tours à la minute, suivant les dimensions de l'appareil.

Les machines Gramme ont une incontestable supériorité sur toutes celles qui ont été construites jusqu'à ce jour, non seulement par leur puissance électro-motrice et par l'intensité de l'air voltaïque qu'elles produisent, mais aussi à cause de leur poids et de leurs dimensions relativement faibles.

Prenons celle que l'on peut regarder comme type.
Elle a : Longueur, 73 centimètres ;
Hauteur, 85 centimètres ;
Largeur, 55 centimètres ;
Son poids est de 390 kilogrammes ;

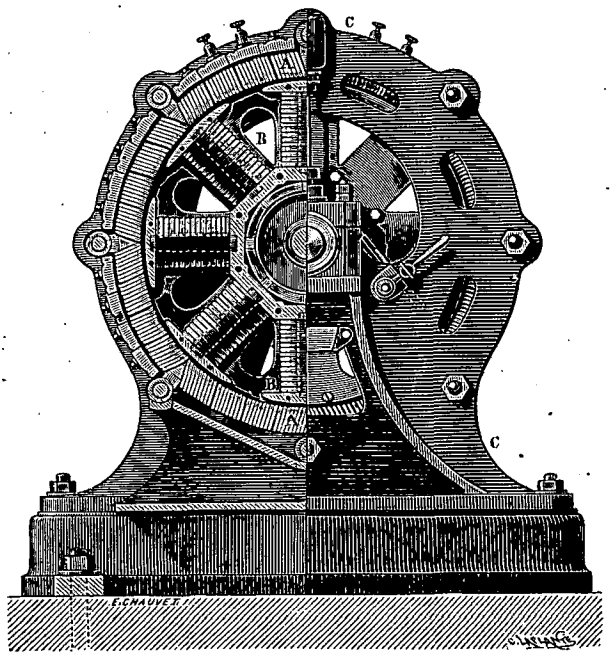


Fig. 28. — Machine Gramme à courants alternatifs.

Le diamètre extérieur de la bobine est de 23 centimètres et le poids du fil enroulé de 14 kilogrammes ;
Le moteur doit avoir une force de 8 chevaux ;
Sa vitesse étant de 1200 tours, elle peut produire à l'extrémité d'un câble de 100 mètres une lumière représentée

par 2500 becs Carcel (de 14 millimètres de diamètre, consommant chacun 42 grammes d'huile à l'heure) : groupée en tension et animée d'une vitesse de 700 tours à la minute, elle donne à une distance de 1 kilomètre une lumière de 1000 becs Carcel.

Une machine de l'Alliance donnant 500 becs Carcel pèserait 3000 kilogrammes, aurait $1^m,60$ de longueur et $1^m,70$ de hauteur.

Pour produire la lumière électrique avec certains appareils qui exigent des courants alternatifs, M. Gramme a construit une autre machine qui porte également son nom, mais dont le principe tout différent se rapproche beaucoup de celui des appareils *magnéto-électriques*, précédemment décrits. Nous en donnons le dessin (fig. 28).

Le lecteur pourra, pour cette machine et pour beaucoup d'autres récemment inventées (machine de Lontin, de De Méritens, de Wallace-Farmer, etc.), consulter l'ouvrage publié par M. le comte Du Moncel dans la bibliothèque des Merveilles, sous le titre : *l'Éclairage électrique*.

Dans les divers générateurs d'électricité que nous venons de passer en revue, il y a toujours une certaine dépense d'énergie. S'agit-il de la pile voltaïque, cette énergie est sous la forme de combinaison chimique; s'agit-il des machines dynamiques, l'énergie est sous la forme de travail mécanique. Pour obtenir des effets de plus en plus intenses, quel que soit le générateur mis en usage, il faut dépenser des quantités d'énergie motrice de plus en plus grandes. Il ne suffit pas de connaître les quantités d'électricité mises en jeu pour pouvoir établir le rapport d'équivalence qui existe entre la force motrice et les effets produits; de même qu'il ne suffit pas de savoir quel poids une machine à vapeur a soulevé pour connaître le rapport d'équivalence de la chaleur dépensée et du travail produit. Dans ce dernier cas on doit tenir compte de la hauteur à laquelle le poids a été élevé.

Si l'on ne prenait garde à cette analogie de l'électricité avec les autres forces de la nature, on pourrait interpréter faussement les générateurs qui, comme la machine de Wilde ou de Gramme, peuvent créer des quantités indéfinies d'électricité après une excitation préalable où la quantité d'électricité mise en jeu a été excessivement petite ; cette création n'est possible que moyennant une dépense de travail moteur rigoureusement déterminée par une loi d'équivalence.

Si l'on rencontre encore, surtout dans les applications de l'électricité, des tentatives sur le mouvement perpétuel, c'est parce que la loi générale de la transformation de l'énergie était ignorée ou méconnue. Grâce à la thermodynamique, cette loi a été mise en évidence dans tous les phénomènes physiques que nous connaissons, et elle est sans contredit la plus importante des découvertes scientifiques modernes.

CHAPITRE III

CONSTITUTION DE L'ÉTINCELLE EXPLOSIVE

Nous appelons *étincelle explosive* la lumière qui apparaît instantanément entre deux conducteurs électrisés, lorsqu'ils sont assez voisins l'un de l'autre; on peut la comparer à une explosion pendant laquelle les électricités contraires des deux conducteurs en regard disparaissent. Cette lumière se présente sous les formes les plus variées; la beauté de ces formes, leur mobilité, la délicatesse de leurs nuances, excitent toujours vivement l'attention : on ne se lasse pas de contempler les effets merveilleux des *tubes de Geissler* et le spectateur le moins initié aux expériences de physique ne peut voir sans admiration les jeux de lumière qui imitent la foudre, les aurores boréales, la phosphorescence.

Aussi le nombre de ceux dont les travaux ont contribué à nous faire connaître l'étincelle électrique est-il considérable. Non seulement les personnes que leur vocation entraînait dans la carrière scientifique ont consacré d'heureux moments à ce genre d'études; mais encore un grand nombre d'autres, appartenant à toutes les classes de la société, ont noblement occupé leurs loisirs à des recherches sur ce sujet. Nous ne saurions trop recommander ce

genre de récréation à ceux qui aiment la nature et les joies pures de la pensée. Il n'exige pas d'études scientifiques préalables. Un observateur doué de pénétration et d'assiduité peut faire d'intéressantes découvertes sur l'étincelle électrique, et fournir à la science les matériaux qui lui sont nécessaires pour l'édification d'une bonne théorie de l'électricité.

1. — Apparences de l'étincelle.

Lorsqu'un corps conducteur, tel qu'une boule de cuivre, est isolé, c'est-à-dire supporté par une tige de verre, on peut l'électriser en le mettant en communication par un fil métallique isolé avec une des sources d'électricité décrites dans le chapitre précédent. On reconnaît qu'il est électrisé en lui présentant des petites barbes de plume, ou mieux une petite balle de sureau soutenue par un fil de soie; ces petits corps sont attirés, puis après avoir touché la boule, ils sont repoussés quand sa surface est bien nette et sèche. Veut-on savoir quelle électricité possède la boule, on touche la balle de sureau avec un bâton de verre poli que l'on vient de frotter avec un morceau de laine sèche : celle-ci est électrisée *positivement* de cette manière. Si la boule de cuivre a la même électricité, elle repousse la balle de sureau; au contraire elle l'attire, si elle est électrisée *négativement*. C'est toujours à une investigation de ce genre qu'il faut se reporter, quand on veut comprendre la signification exacte des mots *électricité positive* ou *négative*.

Lorsque la boule de cuivre est munie d'une tige métallique étroite, que termine une petite boule et que la source d'électricité est assez forte, on observe une *lueur* bleuâtre autour de cette tige et autour de la boule ter-

minale ; l'observation se fait nécessairement dans l'obscurité. C'est une première forme de la lumière électrique. Comme l'air environnant est la seule matière qui puisse être électrisée par influence, les corps voisins étant trop éloignés pour qu'une influence électrique notable les atteigne, on est porté à attribuer la *lueur* à une infinité de petites décharges opérées entre le conducteur métallique et les particules de l'air qui le touchent.

Approchons de la tige lumineuse une grosse boule de métal que nous tenons à la main, la lueur est remplacée par une aigrette violacée, qui fait entendre un léger bruissement. Quant la tige est électrisée positivement l'aigrette est composée de mille filets lumineux divergents qui partent d'un même point de l'extrémité du conducteur (fig. 29), et qui se recourbent quelquefois en prenant une forme analogue au pavillon d'une trompette. On voit sur la figure 30 une aigrette obtenue à l'aide d'une machine très puissante.

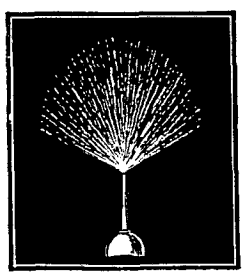


Fig. 29. — Aigrette positive.

La grosse boule de métal présente aussi une aigrette, mais elle est plus petite que la précédente ; sa forme est ovoïde et elle a sur le conducteur une base d'une certaine étendue. Ce conducteur est d'ailleurs électrisé négativement par l'influence de celui qui communique avec la source d'électricité.

A mesure que l'on rapproche l'un de l'autre les deux conducteurs, les aigrettes qui les surmontent se rejoignent, deviennent plus brillantes, et tant que la source électrique est en activité, on peut, en maintenant fixes les conducteurs, avoir le curieux spectacle d'une pluie de feu traversant l'air dans l'intervalle qui les sépare, avec

un bruit semblable à celui d'une poussière qui tombe sur une surface résistante (fig. 31).

En électrisant négativement la tige, on observe un

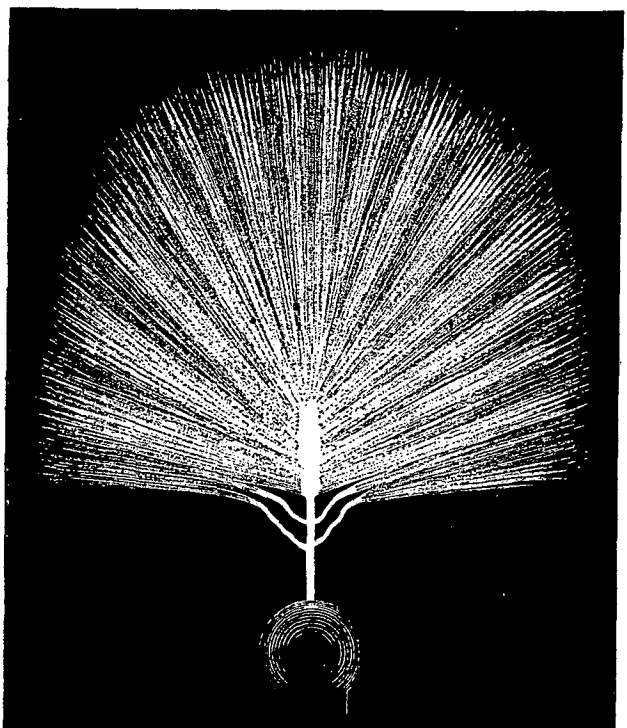


Fig. 30. — Aigrette positive.

phénomène analogue. La forme de l'aigrette change, mais dans toutes les apparences que l'on rencontre on distingue le conducteur positif du conducteur négatif par les deux formes lumineuses qui s'en détachent ; sur le premier, les filets lumineux convergent en un même point ; sur le

second, ils couvrent une certaine étendue superficielle.

Dans les phénomènes de l'aigrette, la décharge électrique s'opère entre deux conducteurs suffisamment voisins l'un de l'autre, à travers l'air qui les sépare.

Fig. 31. — Aigrettes positive et négative.

Une troisième forme lumineuse apparaît lorsqu'on diminue davantage la distance des deux conducteurs. Un *trait de feu* très éclatant, sinueux et quelquefois ramifié (fig. 32) jaillit entre eux, et l'on entend un claquement sec ; c'est l'*étincelle proprement dite*. Après cette sorte d'explosion, les conducteurs ont perdu leurs électricités, et comme la source électrique met un certain temps à recharger celui avec lequel elle est en communication, les étincelles se succèdent par intermittence, avec plus ou moins de rapidité suivant la puissance de la machine électrique.

Les trois formes que nous venons de décrire, la *lueur*, l'*aigrette*, le *trait de feu*, sont les principales. Avec les machines à frottement, on observe aisément l'une ou l'autre de ces formes; avec la bobine de Ruhmkorff, on peut les observer toutes les trois ensemble. Il faut employer une bobine pouvant donner des étincelles de 20 centimètres pour faire l'expérience suivante.

Le pôle positif du fil induit est réuni par un fil de cuivre à une tige métallique munie d'une pointe et le pôle négatif à un plateau de cuivre de 15 centimètres de diamètre, situé en face de la pointe. La tige et le plateau sont portés par des colonnes de verre. Quand leur distance est convenable, on distingue la *lueur* autour de la

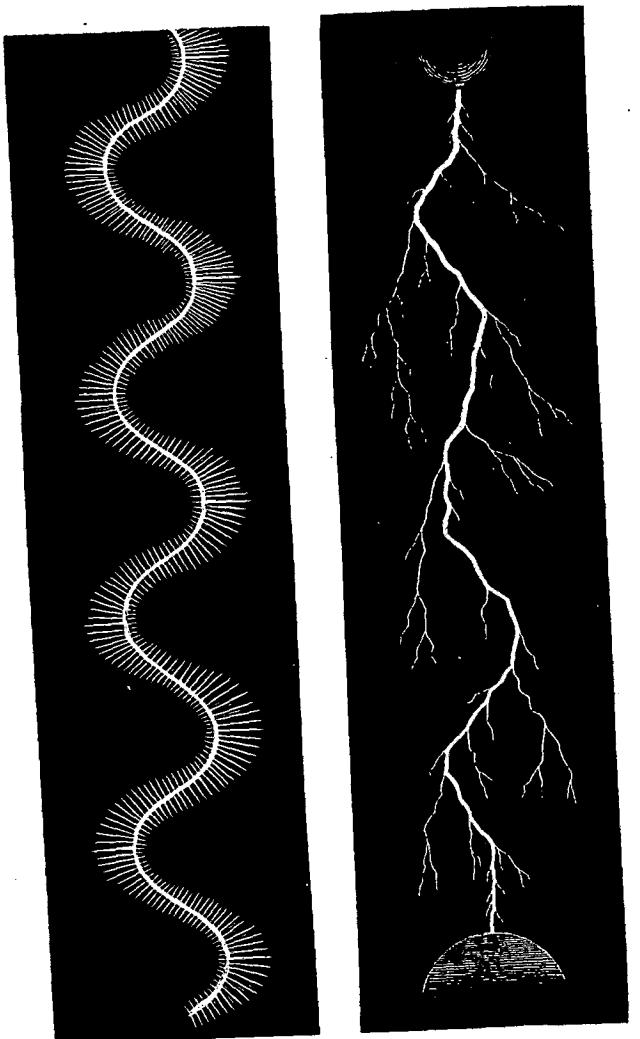


Fig. 52. — Trait de feux sinueux et trait ramifié

pointe, le *trait de feu* brillant et sinueux, ramifié, qui jaillit entre la pointe et le plateau et enfin une gaîne faiblement lumineuse, l'*aigrette*, qui entoure le trait de feu sous la forme d'un cône partant de la pointe et couvrant une portion considérable du plateau.

Une odeur particulière se fait sentir autour de l'appareil, rappelant celles des détritus organiques que la vague projette sur le rivage de la mer. Elle est due à une transformation de l'oxygène de l'air que l'on appelle *ozone*. Ainsi se trouve mise en évidence une activité spéciale acquise par les particules de l'air pendant la décharge électrique. La modification qu'elles subissent n'est pas seulement un état d'agitation temporaire capable d'engendrer la lumière; elle consiste aussi dans un changement intime et durable, caractéristique d'un *phénomène chimique*.

En rapprochant la pointe du plateau, on voit l'aigrette se resserrer, le trait de feu augmenter de grosseur et d'éclat et devenir plus bruyant. Quand sa longueur est réduite à 2 ou 3 centimètres, il se divise en plusieurs branches (figure 33). Chacune d'elles présente un trait de feu entouré d'une gaîne moins lumineuse, qu'on appelle l'*auréole* : c'est une transformation de l'aigrette.

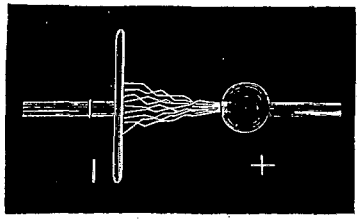


Fig. 33. — Étincelle composée.

Pour une longueur encore plus petite, l'étincelle reparaît simple et linéaire, comme si tous les traits de feu précédents se fussent réunis en un seul; l'auréole qui entoure ce gros trait est plus éclatante et plus étendue. Lorsque la pointe est négative et le plateau positif, on voit le trait de feu se raccourcir du côté du plateau à mesure

que la pointe s'en rapproche, de sorte que l'étincelle présente deux parties d'aspects très différents; celle qui avoisine la pointe contient le trait de feu et l'auréole; l'autre ne contient que l'auréole seulement. Enfin quand la longueur est réduite à quelques millimètres, on ne distingue plus que la lumière rougeâtre de l'auréole.

Il est possible de pénétrer plus avant dans l'étude des transformations successives de l'étincelle. Notre œil est impuissant pour démêler les parties de cette vive lumière; mais, aidé d'un instrument, il va acquérir une puissance nouvelle et un spectacle inattendu nous apprendra que cette lumière en apparence simple peut être composée de traits brillants, qui se succèdent par centaines dans un intervalle de temps qui ne dépasse pas un centième de seconde.

Un exemple de ce genre d'étincelle, dite *composée*, est fourni par la décharge de la bobine de Ruhmkorff, dont les pôles sont reliés par des fils de métal d'une part aux armatures d'une bouteille de Leydé, d'autre part à deux boules métalliques, entre lesquelles jaillit l'étincelle, et dont l'intervalle est inférieur à un millimètre.

Une lentille convergente convenablement placée reçoit les rayons lumineux partis de l'étincelle et les dirige en faisceau parallèle sur le bord d'un disque de carton, tournant rapidement autour de son centre. Sur ce bord sont découpées des fentes équidistantes dirigées suivant les rayons du disque, et aussi étroites que possible. De l'autre côté du disque est fixé un diaphragme percé d'une ouverture dont la largeur est égale à la distance de deux fentes consécutives du disque mobile, et qui est sur le trajet des rayons envoyés par la lentille à travers les fentes. L'appareil est installé dans une chambre obscure, et on vise avec une lunette l'ouverture du diaphragme.

Lorsqu'une étincelle *simple* éclate au foyer lumineux, on ne voit dans la lunette qu'une seule fente du disque tournant. Mais lorsqu'elle est *composée*, on aperçoit la fente mobile, qui passe derrière l'ouverture, dans les diverses

positions qu'elle occupe au moment où jaillissent les filets lumineux qui composent l'étincelle. On voit donc plusieurs traits brillants et leur nombre est celui des étincelles simples qui jaillissent pendant qu'une fente du disque tournant traverse le champ de la lunette.

Quand le nombre des filets lumineux est considérable, on ne peut pas les compter avec la disposition qui vient d'être indiquée. Alors on fait passer la fente devant le diaphragme pendant un temps inférieur à la durée de l'étincelle totale, et on augmente la rapidité du disque jusqu'à ce qu'on aperçoive dans la lunette un petit nombre de traits brillants, équidistants. On est alors certain que les filets lumineux se succèdent à des intervalles de temps égaux et il est possible de calculer le nombre total de ces filets.

Avec un disque de 180 fentes, effectuant 33 tours par seconde, on a compté, dans une expérience de ce genre, six traits brillants, équidistants. On déduit de là que six filets lumineux se succédaient dans un intervalle de temps égal à la fraction de seconde $\frac{1}{33\times180}$. D'autre part, on trouvait, par une méthode qui sera indiquée dans la suite, que la durée totale de l'étincelle composée était de $0^s,015$. Autant de fois ce nombre contient la fraction précédente, autant de fois les six filets lumineux sont répétés successivement dans l'étincelle, ce qui donne un total de 537 étincelles simples dans l'étincelle composée que l'on observait [1].

Étudions maintenant l'étincelle éclatant au sein de divers milieux. Prenons l'œuf électrique, globe de verre muni de deux tiges métalliques assez étroites, qui peuvent glisser dans des boîtes à cuir (fig. 34). Lorsque ces tiges seront en communication avec les deux conducteurs d'une machine à plateau, ou les deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff, enlevons une partie de l'air contenu dans l'appareil à l'aide de la machine pneumatique et mettons

[1] *Journal de Physique*, juillet 1873. Mémoire de M. Cazin.

en action l'électricité. Nous observons une lueur bleue ou violette sur la tige négative, et une lueur rouge sur la tige positive. Il ne sera pas nécessaire d'avoir une source d'électricité aussi puissante que précédemment : donc la raréfaction facilite l'apparition de la lueur.

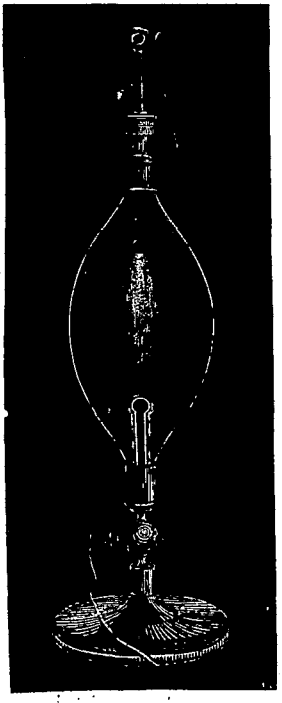


Fig. 34.—Étincelle dans l'air raréfié.

Rapprochons les tiges l'une de l'autre et les aigrettes apparaîtront. Si la raréfaction n'est pas poussée à sa dernière limite, les aigrettes se rejoindront et l'apparence sera celle de la figure 31. Si la raréfaction est extrême, les aigrettes seront moins développées, et ne se rejoindront pas ; il restera du côté de la tige négative un intervalle obscur (fig. 34). Faraday a appelé ce phénomène *la décharge obscure*. L'intervalle obscur et la lumière de la pointe négative ne changent pas, quand on diminue la distance des deux pointes : seule la lumière pourpre de la pointe positive se raccourcit.

Pour que l'on obtienne le trait de feu dans l'air raréfié, il faut que la décharge soit très forte, qu'elle provienne par exemple d'une batterie de Leyde. La raréfaction s'oppose donc au trait de feu, tandis qu'elle favorise les deux autres formes lumineuses.

On fait ordinairement l'expérience des aigrettes dans l'air raréfié en employant des boules de métal assez gros-

ses, au lieu des tiges minces que nous avons supposées. Alors la lueur ne se produit pas ; mais on a de magnifiques aigrettes de couleur violacée, dont les ramifications s'écartent de plus en plus les unes des autres, à mesure qu'on raréfie davantage ; leur agitation continuelle, les déplacements qu'on leur fait éprouver quand on approche la main de la paroi de verre, donnent beaucoup d'originalité à l'expérience. On la varie encore en se servant d'un long tube de verre, aux extrémités duquel sont les boules de décharge ; quand la raréfaction est suffisante, les jets lumineux s'étendent sur toute la longueur en serpentant le long des parois HH (fig. 13).

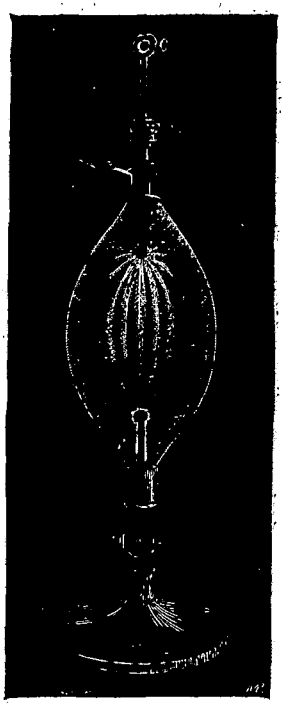


Fig. 35. — Autre apparence dans l'air moins raréfié.

On voit quelle part importante l'air prend aux phénomènes de lumière électrique, et on se demande s'il n'en est pas exclusivement la cause. La question paraît facile à résoudre au premier abord ; si l'air est la cause de la lumière, on n'observera aucune trace de lumière dans le vide absolu. De là les expériences de Davy dans le vide barométrique. Ayant construit un double baromètre avec un tube de verre courbé en forme de siphon (fig. 36), il fit passer la décharge d'une machine électrique entre les sommets des deux colonnes de mercure. Il vit une faible lueur remplir tout l'intervalle, qui devait être, pensait-il, vide d'air.

Il chauffa le mercure jusqu'à l'ébullition ; la lueur devint brillante et verte ; cela était dû à la vapeur de mercure. L'introduction de petites bulles d'air fit alors passer la lueur du vert au bleu ; puis du bleu au pourpre. Davy conclut que la lueur très pâle observée dans l'appareil froid, alors qu'aucune trace d'air ne pouvait être appréciée, était due à une trace de vapeur de mercure. Il modifia l'appareil et fit le vide avec des liquides non volatils, tels que l'alliage de bismuth et d'étain maintenu fondu par un échauffement de 100° environ ; il observa alors une lueur jaune très pâle ; avec l'huile d'olive, la lueur fut rouge et assez brillante. Il semblait donc que la lumière se produisait dans le vide ; mais le changement de couleur avertissait que le liquide employé dans l'appareil jouait un rôle considérable, et l'on pouvait croire que sa vapeur était la cause des lueurs. La question n'était pas résolue, faute d'un vide parfait.

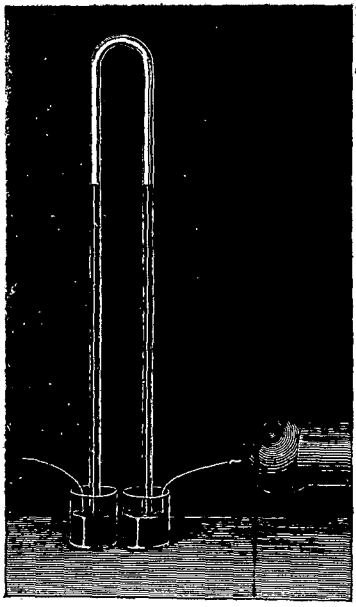


Fig. 36.
Étincelle dans le vide barométrique.

C'est en 1859 seulement que M. Gassiot, à Londres, a démontré que la lumière ne se produit pas dans un vide convenable. M. Alvergniat a répété la même expérience, à Paris, de la manière suivante. On soude

deux fils de platine aux extrémités d'un tube de verre peu fusible, laissant entre eux un intervalle de un ou deux millimètres. Ce tube est muni d'une petite tubulure latérale que l'on soude ensuite au conduit d'une machine pneumatique à mercure (fig. 37). Le vide étant fait une première fois, on chauffe au rouge sombre le tube de verre, et on fait fonctionner la machine pneumatique plusieurs fois, afin d'enlever toute trace d'air ou de vapeur adhérant aux parois intérieures du tube et aux fils de platine. Après une manipulation d'une heure, si l'on adapte aux fils de platine les conducteurs d'une bobine d'induction, on ne voit plus d'étincelle jaillir entre les

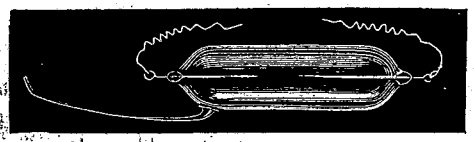


Fig. 37. — Tube vide.

fils. On sépare alors le tube de la machine pneumatique, en effilant au chalumeau la tubulure latérale, et l'appareil hermétiquement clos par la fusion de la partie effilée sert à répéter indéfiniment l'expérience.

Nous pouvons conclure maintenant que l'air est la cause *principale* de la lueur, de l'aigrette et du trait de feu, et que l'apparition de chacune de ces formes lumineuses est déterminée par l'action du conducteur sur les molécules d'air qui sont voisines de sa surface.

Si cette conclusion est exacte, les conséquences que nous en tirerons devront être vérifiées par l'expérience ; les apparences lumineuses doivent changer, lorsqu'on remplace l'air par un autre gaz. Cela est vrai et connu depuis longtemps.

Lorsqu'après avoir fait le vide dans l'œuf électrique on y introduit du gaz azote, le trait de feu y est plus brillant

et plus bruyant que dans l'air ; les aigrettes sont beaucoup plus lumineuses et plus épanouies.

Avec le gaz hydrogène, le trait de feu est de couleur cramoisie, et produit un son très faible ; les aigrettes sont ramifiées et de couleur gris-verdâtre. Avec le gaz acide carbonique, le trait de feu est vert et moins régulier qu'avec l'air, les aigrettes sont très faibles sous la pression ordinaire ; la raréfaction leur donne meilleure forme, et une couleur vert-pourpre assez pâle.

Pour comparer d'un seul coup d'œil les couleurs de

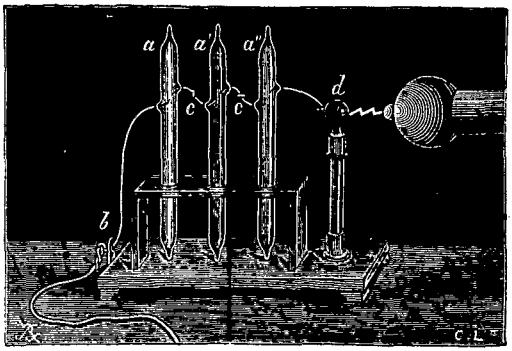


Fig. 38. — Étincelle dans divers gaz.

l'étincelle dans divers gaz, on emploie une série de tubes de verre a, a', a'', traversés par des fils de platine, et contenant chacun un des gaz (fig. 38). Ces fils laissent entre eux un petit intervalle dans chaque tube, et sont attachés ensemble entre deux tubes consécutifs en c, c'. On fait communiquer le dernier fil b avec le sol, et le premier d avec une boule isolée, que l'on approche de la machine électrique ; les étincelles jaillissent simultanément dans tous les intervalles. On peut aussi se servir de la bobine de Ruhmkorff, en faisant communiquer les fils extrêmes avec les pôles de la bobine.

En général, l'étincelle est d'autant plus blanche que le gaz a une plus grande densité ; mais la nature chimique du gaz exerce une influence d'un autre ordre que nous étudierons dans la suite.

On observe la lueur avec les différents gaz, à peu près comme avec l'air. Ajoutons que Faraday a obtenu les trois formes lumineuses dans les liquides mauvais conducteurs, tels que l'essence de térébenthine, que la supériorité de l'aigrette positive sur l'aigrette négative est plus grande dans l'azote que dans l'air ; qu'elle est moindre dans l'hydrogène, nulle dans l'acide carbonique.

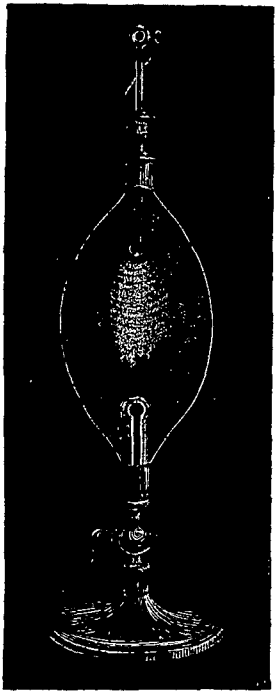


Fig. 39. — Stratifications.

M. Ruhmkorff à Paris et M. Grove en Angleterre ont appelé l'attention sur une quatrième forme de l'étincelle électrique qui avait été signalée dès 1843 par M. Abria. MM. Quet, Gaugain, Grove, en ont fait une étude approfondie.

On introduit dans l'œuf électrique quelques gouttes de certains liquides, tels que l'alcool, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, l'huile de naphte, le bichlorure d'étain, etc., ou quelques parcelles de certains solides, tels que le fluorure de calcium, puis on fait le vide avec la machine pneumatique. En faisant passer la décharge d'une bobine d'induction entre les boules, on observe sur la boule négative une

lueur violette, puis un espace obscur, et enfin des couches alternativement rouges et sombres jusqu'à la boule positive (fig. 39).

Les couches semblent osciller, lorsque les interruptions se succèdent rapidement, mais cette oscillation est une illusion d'optique ; elle n'a pas lieu, lorsqu'on opère une seule interruption, en faisant mouvoir à la main le marteau ou la pointe de platine de l'interrupteur. Les couches apparaissent alors parfaitement nettes et fixes. On produit aussi la même apparence lumineuse en déchargeant à travers l'œuf une bouteille de Leyde très faiblement électrisée [1].

Tel est le phénomène qu'on appelle *stratification de la lumière électrique*, et que l'on montre aujourd'hui dans tous les cabinets de physique, en se servant des tubes de Geissler, constructeur de Bonn, qui les a préparés le premier avec une grande habileté. Chacun de ces tubes contient de l'air très raréfié à l'aide d'une machine pneumatique à mercure, et quelques traces d'une des substances désignées plus haut. Des bouts de fil de platine sont soudés aux extrémités du tube et servent à la décharge (fig. 37).

Les stratifications changent d'aspect avec la substance qui les développe; avec l'essence de térébenthine, on a au pôle positif une lumière très blanche, et des couches planes d'épaisseurs inégales ; avec le fluorure de silicium on a une lumière jaune au pôle négatif. Il ne faut pas employer une bobine puissante ; la petite bobine de Ruhmkorff est la plus convenable.

La nature des vapeurs nécessaires à la stratification conduit immédiatement à penser que cette apparence lumineuse est due à une action chimique, et que la décharge se trouve par là compliquée. Nous étudierons

[1] *Annales de Chimie et de Physique*. Tome LXV. 1862. Mémoire de MM. Quet et Seguin.

plus tard cette question, quand tous les faits auront été exposés. Mais nous pouvons dès à présent conclure que cette quatrième apparence est *secondaire*, tandis que les trois autres soit séparées, soit superposées, sont les particularités physiques générales qui caractérisent l'apparence de l'étincelle.

Les expériences récentes de MM. Warren de la Rue, Hugo Müller et Spottiswoode, ont montré que le courant voltaïque peut produire la lumière stratifiée aussi bien que le courant de la bobine. Voici l'une de ces expériences.

La pile est formée de 1100 éléments au chlorure d'argent. On fait communiquer les pôles de la pile respectivement avec les armatures d'un condensateur analogue à la bouteille de Leyde, et avec les électrodes d'un tube de verre contenant un gaz raréfié. Le condensateur est constitué par deux fils de cuivre recouverts de gutta-percha et enroulés l'un contre l'autre sur une bobine de bois ; la longueur de ces fils est de 500 mètres. Dans ces circonstances une succession de couches lumineuses séparées par des intervalles obscurs (stratifications) s'établit dans le tube, sans aucune pulsation apparente.

Maintenant que nous connaissons les diverses formes de l'étincelle électrique, et l'influence que la nature du gaz exerce sur son aspect, lorsque les électrodes sont formés par un métal invariable, nous avons à étudier le rôle de ce métal, en changeant sa nature et laissant toutes les autres circonstances constantes.

Entre deux boules de fer l'étincelle est blanche ; elle est verte entre deux boules de cuivre, bleuâtre entre deux boules de zinc. Pour que les changements de couleur soient bien prononcés, il faut que l'éclat de l'étincelle ne soit pas trop grand ; il y a avantage à se servir d'une petite bobine de Ruhmkorff. Une curieuse expérience prouve nettement l'influence de la nature du métal sur la couleur de l'étincelle.

On répand sur un carreau de verre des poussières de

divers métaux, et on les fixe avec de l'eau gommée. On appuie sur la surface métallisée une tige de cuivre qui communique avec une machine électrique ordinaire, et on présente à la même surface en divers points une autre tige de cuivre que l'on tient à la main. Des serpenteaux lumineux de couleurs variées partent dans toutes les directions, dessinant sur la surface du carreau de remarquables arborescences. C'est l'effet d'une foule de petites étincelles qui jaillissent dans les intervalles qui séparent les grains de la poussière métallique. Chaque grain colore le trait de feu d'une manière particulière, en bleu, vert ou rouge suivant que c'est un grain de zinc, de cuivre ou d'étain. Tel est l'ancien *carreau magique* qui charmait les spectateurs au temps de Nollet et de Sigaud de la Fond, alors que les phénomènes électriques faisaient leurs premières apparitions dans le monde scientifique. Nous verrons dans la suite quelles magnifiques découvertes ont eu pour point de départ cette curieuse expérience, comment le physicien moderne, l'œil muni du spectroscope, a pu analyser ces couleurs de feu, puis s'enhardissant tout à coup, s'élancer d'un bond dans l'immensité des cieux et scruter à leur tour les étoiles et les astres brillants, comme il venait de scruter les mille points étincelants du carreau magique.

En 1863, M. Seguin, professeur à Grenoble, a obtenu une coloration très vive de l'étincelle, en la produisant entre un fil de platine électrisé *positivement* et la surface d'une solution saline électrisée négativement. Il se servait d'une petite bobine d'induction donnant une étincelle d'un centimètre *environ*. « Si le fil de platine est « très près du liquide, l'étincelle ressemble à une petite « flamme, rouge avec les sels de strontiane, jaune avec « les sels de soude, etc. Pour une plus grande distance, « on distingue un trait de feu extrêmement fin qui offre « à la vue simple le même éclat blanc-bleuâtre qu'entre « deux fils de platine, et autour de ce filet une sorte de

« gaîne fortement colorée en rouge, jaune, etc., qui à « partir de la dissolution s'étend sur toute la longueur « de l'étincelle ou seulement sur une partie [1]. »

Ces observations, qui ont été répétées depuis, à divers points de vue, par MM. Ed. Becquerel à Paris, Bouchotte à Metz, prouvent de la manière la plus frappante que dans l'étincelle entrent des particules de matière détachées des conducteurs, et rendues incandescentes par la décharge. Une parcelle de sel de strontiane, de sel de soude, placée dans une flamme quelconque, la colore fortement en rouge, en jaune. La couleur est caractéristique de l'espèce de sel employé. Il semble donc que l'étincelle électrique soit une flamme aérienne ou gazeuse colorée par des parcelles de substance détachées des conducteurs.

Dans tout ce qui précède nous avons employé deux corps métalliques et par conséquent très bons conducteurs.

Avec un conducteur médiocre, tel que le bois, une très forte charge électrique donne lieu seulement à l'aigrette. C'est ce qui arrive, si on dispose une petite boule de cette substance à l'extrémité d'une tige de métal sur le conducteur de la machine électrique. L'aigrette est très belle dans l'obscurité. Si on approche une boule de métal non isolée de la boule de bois, on obtiendra une étincelle pâle et violacée. La même observation est relative à l'étincelle qu'on tire d'une machine peu puissante, en approchant le doigt, parce que notre corps n'est pas un excellent conducteur.

Avec un corps très mauvais conducteur, tel que le soufre, la résine, et l'autre bon conducteur, on n'obtient plus qu'une petite étincelle; si le premier a été électrisé préalablement, elle est un peu plus forte que s'il est à l'état naturel.

Ces effets résultent de ce que l'électricité ne peut s'accumuler en un même point d'un mauvais conducteur

[1] *Annales de Chimie et de Physique*. T. LXIX. 1863.

sous l'influence d'un corps voisin de ce point, et par conséquent acquérir la *tension* nécessaire à la production de la lumière. Cette propriété sert à la définition même de la *conductibilité*.

Nous avons passé en revue les apparences variées de l'étincelle jaillissant entre deux corps électrisés. C'est une première investigation qui doit être suivie d'une étude plus attentive des phénomènes, si l'on veut connaître les lois exactes qui les régissent, et les rattacher les uns aux autres par une théorie. A la simple contemplation des faits, à leur classement fondé sur les analogies, doivent succéder des mesures précises, dont la comparaison amènera des rapprochements nouveaux, bien souvent inattendus, d'où le calcul et le raisonnement mathématique feront sortir la vérité.

Arrivé à ce point de son étude, le physicien doit inventer des instruments de mesure, et recueillir patiemment toutes les données numériques qui peuvent compléter la connaissance des phénomènes qu'il explore. Les astronomes ont passé plusieurs siècles à mesurer les distances apparentes des astres, leurs grosseurs, les vitesses de leurs mouvements, avant que l'illustre Képler ait pu découvrir la loi expérimentale du système solaire ; puis le grand Newton a embrassé dans une admirable synthèse tout ce qu'avaient observé ses devanciers. Il en sera de même de l'électricité. Sans doute nous ressemblons aujourd'hui aux astronomes précurseurs de Képler et de Newton ; mais un temps viendra où quelque génie puissant utilisera les matériaux épars, fruits de nos labeurs, et révélera à l'homme, dans une lumineuse synthèse, les merveilles de simplicité et d'harmonie que doivent présenter les phénomènes électriques, comme toutes les œuvres de la création.

Les circonstances susceptibles de mesure, quand on considère l'étincelle, sont la quantité d'électricité qui disparaît, la longueur de l'étincelle, la chaleur qu'elle

produit, sa durée, son intensité lumineuse. On appelle *distance explosive* la longueur de l'étincelle, lorsqu'on la produit en rapprochant graduellement l'un de l'autre les conducteurs de décharge. Riess a trouvé que pour une batterie de Leyde cette distance est proportionnelle à la quantité d'électricité et inversement proportionnelle à la surface de la batterie, puis qu'elle dépend de la densité et de la nature du gaz où jaillit l'étincelle.

Ce qu'on appelle une *quantité d'électricité* est une grandeur d'une espèce particulière qui sert à évaluer la puissance électrique; elle est à la force électrique ce que le poids d'un corps est à la force de pesanteur. De même que deux corps pesants ont le même poids, lorsqu'ils pressent également un obstacle, tel qu'un ressort d'acier qui les empêche de tomber, de même on dit que deux boules conductrices ont des quantités égales d'électricité, lorsqu'elles exercent des attractions ou des répulsions égales sur un troisième corps électrisé, placé à la même distance de l'une ou de l'autre.

Dès qu'on a défini deux quantités égales d'électricité, leur réunion constitue une quantité d'électricité double, pourvu qu'elles soient de même nom ; et ainsi se représentent par des nombres les *charges électriques*, sans qu'on ait besoin de savoir quelle est la nature de l'agent mis en jeu dans les phénomènes.

Cette grandeur ne suffit pas à l'étude de l'électricité, et en cela nous pouvons la comparer à la pesanteur.

Quand une pierre tombe, l'effet du choc ne résulte pas seulement de son poids, il faut tenir compte de la hauteur de sa chute. Une pierre d'un kilogramme, qui tombe de 425 mètres de hauteur, produit un choc formidable qui la brise en mille fragments ; de plus ces fragments s'échauffent et la chaleur totale créée est capable d'élever la température d'un kilogramme d'eau d'un degré centigrade.

La même pierre tombant d'un mètre produirait un fai-

ble choc et une quantité de chaleur 425 fois moindre que la précédente.

En général l'énergie du choc se mesure par le produit du poids du corps par la hauteur de chute, et le nombre ainsi calculé est la valeur du *travail dépensé par la pesanteur*.

Semblablement, la décharge d'une même quantité d'électricité ne produit pas toujours les mêmes effets, par exemple la même quantité de chaleur. Si les conducteurs entre lesquels jaillit l'étincelle sont séparés par des intervalles différents, dans deux expériences où disparaissent des charges égales, la chaleur créée est différente. Plus la distance explosive est grande, plus grande aussi est la chaleur. Il y a une grandeur particulière à faire intervenir, qui est analogue à la hauteur de chute d'un corps pesant. Cette grandeur s'appelle quelquefois *tension électrique*, et plus habituellement *potentiel électrique*. Elle est d'autant plus grande que l'étincelle est plus longue. On mesure l'effet de la décharge en multipliant la *quantité* d'électricité disparue par la diminution du *potentiel*. Le nombre ainsi obtenu est l'*énergie* de la décharge ; il est proportionnel à la chaleur créée.

C'est en ayant recours à ces expressions que l'on peut montrer l'*équivalence* de l'électricité, du travail des corps pesants et de la chaleur. Cette équivalence est une des conquêtes les plus remarquables de la physique moderne ; mais nous ne pouvons que la signaler ici, voulant seulement montrer la fécondité du sujet, et faire entrevoir les liens qui unissent l'étude de l'étincelle électrique et celle des autres phénomènes de la physique.

L'origine du mot *potentiel* est dans l'analogie même de la hauteur de chute d'un corps pesant avec la qualité électrique qu'il s'agit de dénommer.

Lorsqu'on élève un poids, il acquiert une qualité d'une espèce particulière ; car il devient apte à produire un

grand nombre d'effets par sa chute ; le travail mécanique dont il est capable est d'autant plus grand, qu'il a été porté à une plus grande hauteur. On peut dire dans un langage figuré qu'il gagne du travail en montant, que ce travail est emmaganisé, toujours prêt à reparaître,

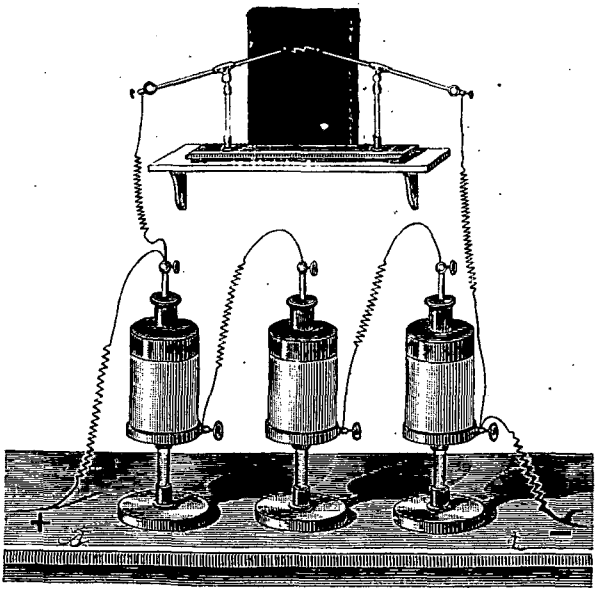


Fig. 40. — Bouteilles de Leyde en cascade.

sitôt que le corps redescendra. Le corps devient donc une *puissance*, par son élévation ; la qualité dont il se trouve doté est un *potentiel de pesanteur*.

Et remarquons bien que cette conception mathématique n'est suggérée par aucune hypothèse sur la matière ou sur la force ; c'est une abstraction aussi bien que le centre de gravité, le travail mécanique, la quantité de

chaleur, la quantité d'électricité ; c'est une de ces nombreuses créations de notre esprit, qui sont destinées à exprimer les rapports des choses, à traduire en langage humain le livre mystérieux de la nature.

Les considérations qui précèdent servent à expliquer les effets lumineux remarquables que peut produire un assemblage de bouteilles de Leyde réunies en *cascade* (fig. 40). Les bouteilles étant placées sur des pieds de verre, on fait communiquer par des fils conducteurs l'armature intérieure de chacune d'elles avec l'armature extérieure de la suivante, puis les armatures extrêmes avec les pôles d'une bobine de Ruhmkorff d'une part, avec des boules de décharge de l'autre. On obtient une étincelle éblouissante, et qui produit un fracas assourdissant. L'éclat, la longueur et le fracas de l'étincelle croissent avec le nombre des bouteilles.

Dans cette expérience, la quantité d'électricité qui disparaît à chaque décharge est la même, quel que soit le nombre des bouteilles : mais le potentiel électrique croît avec le nombre des bouteilles, et le produit de ces deux grandeurs, quantité d'électricité et potentiel, qui mesure l'énergie de la décharge, croît comme la dernière.

2. — Analyse spectrale de l'étincelle.

Wollaston et Frauenhofer avaient remarqué les premiers que le spectre de la lumière électrique présentait des raies brillantes dont une en particulier, située dans le vert, était très intense. Wheatstone faisant jaillir l'étincelle entre divers métaux vit que le nombre et la position des raies brillantes diffèrent suivant les métaux. Ce fut Masson qui fit les premières expériences précises sur l'étincelle obtenue avec la batterie de Leyde, démontrant

pour chaque substance, et que leur couleur était toujours celle de la région du spectre où elles se trouvaient. Le charbon donne dans le bleu et le violet trois groupes de raies très fines et des bandes diffuses à la fin du violet; le cuivre donne des raies remarquables dans le bleu et le violet; le zinc présente une raie vert-pomme caractéristique; le cadmium présente de magnifiques raies dans le vert et dans le bleu. Masson[1] découvrit en outre que tous les spectres obtenus avec l'étincelle dans l'air présentaient plusieurs raies *communes*, c'est-à-dire demeurant les mêmes quand on changeait la substance des conducteurs; il en signala quatre principales dans le rouge, l'orangé, le jaune et le vert. M. Angstrom[2] reconnut ensuite que ces raies communes dépendaient de la nature du gaz dans lequel jaillit l'étincelle. Enfin M. Van der Willigen étudia particulièrement ces raies[3] en 1859.

L'étincelle jaillissait dans l'air entre deux fils de métal qui communiquaient avec les armatures d'une bouteille de Leyde chargée par une bobine de Ruhmkorff. Les décharges se succédant très rapidement, on voyait le spectre d'une manière continue, ce qui rendait faciles les mesures nécessaires pour assigner la position des raies. Ces recherches ont montré que, si les extrémités des fils de métal sont très rapprochées, les raies caractéristiques de l'air disparaissent, et il ne reste plus que celles qui dépendent du métal. Si l'on augmente peu à peu l'intervalle des fils, ces dernières raies s'affaiblissent, et les premières deviennent de plus en plus prédominantes.

Si les fils métalliques sont très fins, le fil négatif s'échauffe et les aigrettes apparaissent. On obtient aussi les aigrettes en raréfiant l'air, et alors l'apparence du spectre change complètement. On a deux spectres différents,

[1] *Annales de Chimie et de Physique.* 3e série. Tome XXXI. 1851.
[2] *Annales de Poggendorff.* Tome XCIV.
[3] *Annales de Chimie et de Physique.* 3e série. Tome LVII. 1859.

suivant qu'on regarde à travers le prisme du spectroscope la lueur du fil négatif, ou le point brillant qui se montre à l'extrémité du fil positif, et ces deux spectres n'ont point de rapport avec celui du trait de feu : ce dernier est formé de raies brillantes, nettement définies, les deux autres présentent de larges bandes peu lumineuses, et dégradées du côté du violet.

En 1863, M. Seguin a ajouté de nouveaux faits à ceux qu'on connaissait déjà. Il observait au spectroscope l'étincelle d'une petite bobine d'induction, qui diffère notablement des autres étincelles.

Habituellement cette étincelle offre simultanément le trait de feu et les aigrettes ; celles-ci se rejoignant forment autour du trait de feu une gaîne violacée, qu'on appelle *auréole*. Une foule de circonstances peuvent faire prédominer, soit l'une, soit l'autre de ces deux formes lumineuses, et même ne laisser subsister que l'une d'elles.

M. Adolphe Perrot a observé qu'en rapprochant les fils métalliques entre lesquels jaillit l'étincelle, on augmente l'auréole et on diminue le trait de feu ; ce dernier finit même par disparaître. Le passage d'une forme à l'autre s'obtient aussi par la raréfaction de l'air, lorsque les fils sont disposés dans l'œuf électrique. A mesure que la raréfaction augmente, le trait de feu s'efface et la lumière devient une aigrette en forme de fuseau comme celle de la figure 34.

Quand on substitue à l'air d'autres gaz, on modifie l'apparence. Ainsi l'auréole diminue considérablement dans l'hydrogène, tandis qu'elle est très développée dans le gaz carbure d'hydrogène.

M. du Moncel ayant dirigé le courant d'un soufflet sur la même étincelle a vu l'auréole s'infléchir dans le sens du courant et s'étaler en nappe lumineuse sillonnée parallèlement à ses contours de plusieurs lignes brillantes et sinueuses. Le trait de feu est moins sensible au souffle,

mais il y cède comme l'auréole, et lorsque le courant d'air est assez fort, il disparaît, et on n'observe plus, d'après M. Seguin, qu'une faible lueur ayant la forme d'un fuseau recourbé. De loin en loin deux ou trois jets brillants, déliés, sinueux, éclatent à travers cette lueur; le plus dévié est le moins brillant, il est bordé extérieurement par une légère frange lumineuse, semblable à une auréole rudimentaire.

Nous pouvons maintenant suivre les détails de l'analyse spectrale faite par M. Seguin.

Les fils de décharge étant très écartés l'un de l'autre, et l'auréole étant très faible, le spectroscope montre dans le spectre de l'étincelle les raies de l'air seulement. Si on rapproche beaucoup les fils, de manière que le trait brillant disparaisse, on ne voit plus les raies de l'air, mais celles qui sont caractéristiques du métal. Ainsi M. Seguin trouvait une relation entre deux faits découverts par M. Van der Willigen et par M. Perrot.

« L'analyse de toutes ces circonstances, dit-il, est plus complète, lorsqu'on observe une étincelle horizontale à travers la fente verticale du spectroscope; on peut alors promener celle-ci sur toute la longueur de l'étincelle et examiner successivement chacun de ses points. Pour une assez grande distance des fils, on voit les raies de l'air tout le long de l'étincelle, excepté quand on vise l'extrémité même du fil positif : là on aperçoit les raies du métal. » M. Seguin cite pour l'air deux raies caractéristiques, l'une jaune-verdâtre, l'autre verte, et pour le métal, qui était le cuivre, un groupe de trois raies vertes. « Quand on diminue la distance des fils, les raies de l'air persistent mieux du côté du fil négatif qu'ailleurs; mais elles se troublent peu à peu, s'effacent, et on finit par ne plus distinguer sur toute l'étendue de l'étincelle que les raies du métal. A ce moment, l'étincelle étant très courte, si on dirige sur elle un courant d'air vertical, les raies du métal se prolongent en s'affaiblissant

dans la partie du spectre qui correspond à la nappe de feu. Dans cette série d'observations, on voit, pour ainsi dire en détail, la matière du métal se détacher des fils, surtout du fil positif, se projeter dans l'étincelle, particulièrement dans l'auréole, s'étaler avec elle et se disperser sous l'influence du courant d'air. »

Cet exemple montre le merveilleux parti que les physiciens ont su tirer du spectroscope. Avec cet appareil, les plus intimes détails des flammes nous sont révélés et notre œil acquiert une puissance extraordinaire. C'est ainsi qu'aujourd'hui l'astronome, armant sa lunette d'un spectroscope, sait distinguer les immenses flammes d'hydrogène qui sont sans cesse projetées par le soleil ; non seulement les raies spectrales accusent la nature de ces flammes, mais encore elles font reconnaître leurs formes, leurs dimensions, et l'on peut suivre les transformations incessantes qu'elles subissent.

L'analyse spectrale nous indique encore si quelque décomposition chimique s'accomplit dans le gaz qui sert de véhicule à l'étincelle. Avec le gaz acide sulfureux, on voit les raies du soufre ; avec l'hydrogène phosphoré, ce sont celles du phosphore, etc. Eh bien, plus les raies sont nettes, moins le trait de feu se distingue de l'auréole, comme si la lumière s'étendait, portée par les éléments chimiques du gaz devenus libres. Dans le bicarbure d'hydrogène, l'étincelle est d'abord blanche et éclatante, le charbon se dépose sur les fils de métal et sur les parois du vase qui renferme le gaz. On voit dans le spectroscope un spectre continu qui nous apprend que les particules de charbon sont à l'état solide. Puis l'auréole s'affaiblit graduellement, et offre un mélange de vert et de rose ; le spectroscope montre la raie rouge de l'hydrogène, et les raies vertes et bleues du carbone ; d'où nous concluons que le charbon est à l'état gazeux. Grâce au spectroscope nous pouvons assister au spectacle de la transformation de la matière, et étudier dans tous leurs détails

les états chimiques et physiques des particules qui constituent l'étincelle.

Concluons de tout cet ensemble de faits que le gaz ou ses éléments et la substance des fils de décharge se trouvent à l'état d'incandescence dans les deux parties de l'étincelle d'induction ; que l'illumination de l'air est plus marquée dans le trait de feu, que l'éclat de l'auréole dépend davantage de la présence des particules enlevées aux fils.

On se demande naturellement ce que deviennent ces particules, et on peut penser qu'elles sont transportées d'un conducteur à l'autre. C'est en effet ce qui a lieu, et les transports de ce genre ont été étudiés il y a longtemps par Fusiniéri. Si l'étincelle jaillit entre une boule d'argent et une boule d'or, on trouve après une longue succession de décharges une couche d'or déposée sur la boule d'argent, et une couche d'argent déposée sur la boule d'or. Ce que l'analyse spectrale a ajouté à la connaissance de ce fait, c'est celle du rôle que les particules transportées jouent dans la production de la lumière.

On ne pouvait manquer d'observer au spectroscope les *stratifications ;* c'est ce qu'a fait M. Reitlinger, à Vienne, en 1861 [1]. Il a reconnu que les différences de lumière qu'on observe dans les diverses parties d'un tube de Geissler sont en rapport avec la diversité des gaz qui se trouvent ordinairement mélangés dans le tube, et que la décharge électrique paraît séparer par couches alternatives. Les expériences sur ce sujet ont d'ailleurs besoin d'être répétées.

Lorsqu'une méthode d'observation nouvelle est inventée, elle conduit ordinairement à des résultats imprévus, à de nouvelles découvertes qui agrandissent le domaine de la science. La méthode de l'analyse spectrale appliquée à l'étincelle a eu justement cet avantage. Nous avons

[1] *Annales de Chimie et de Physique.* 3e série. Tome LXVII.

dit que les raies du spectre provenant d'un métal gazeux incandescent étaient spécifiques pour chaque métal, et il semblait naturel que celles des spectres provenant des gaz incandescents eussent le même caractère. Les expériences faites par MM. Plücker et Hittorf en 1864 paraissent démontrer que les choses se passent tout autrement. En faisant passer la décharge d'une bobine de Ruhmkorff dans un tube capillaire, contenant de l'azote, sous une faible pression, ces physiciens ont obtenu un spectre, formé d'une suite de bandes ombrées d'un aspect particulier; ils l'ont appelé *spectre du premier ordre*. Ce spectre se retrouve d'ailleurs dans celui de l'auréole de l'air, décrit par M. Van der Willigen, et dont nous avons déjà parlé. Interposant ensuite dans le circuit une bouteille de Leyde, ils ont observé un autre spectre, formé de lignes brillantes et étroites, qu'ils ont appelé *spectre du second ordre*, et qui se retrouvent dans le spectre du trait de feu de l'air. D'après ces auteurs le spectre du premier ordre est la superposition de deux spectres différents, qui peuvent être séparés l'un de l'autre, lorsqu'on emploie un tube large au lieu d'un tube capillaire; l'un d'eux est produit par la décharge avec la bouteille de Leyde dans le même tube. Ainsi l'azote donne trois spectres différents, suivant qu'on opère avec un tube large sans bouteille de Leyde, avec le même tube et une bouteille, avec un tube capillaire et une bouteille. Les mêmes auteurs ont vu l'hydrogène se comporter de la même manière.

Cette observation a été le point de départ de nouvelles recherches parmi lesquelles nous signalerons celles de M. Wüllner en Allemagne, de M. Salet en France.

Ces recherches ont mis en évidence la difficulté excessive que l'on éprouve à préparer un gaz absolument pur. En prenant les précautions les plus minutieuses pour éviter que le gaz sur lequel doivent porter les observations soit mêlé de quelque trace d'autre substance,

M. Wüllner et M. Salet n'ont pas retrouvé dans le spectre de l'étincelle éclatant au milieu de l'azote une complication aussi grande que le pensaient MM. Plücker et Hittorf. La conclusion que l'on a généralement tirée de leurs expériences est la suivante: Plusieurs des corps simples, à l'état gazeux, peuvent produire deux spectres différents : l'un composé de bandes lumineuses, larges, qui se terminent du côté du rouge par une ligne bien définie, et se dégradent du côté du violet, comme si elles étaient estompées ; l'autre formé de lignes brillantes très fines, qui ne présentent dans leurs positions aucune relation simple avec les bandes précédentes. Le premier de ces spectres, dit cannelé, est celui de l'auréole, le second, dit linéaire, est celui du trait de feu.

Il n'y a guère que l'azote qui présente nettement ces phénomènes, quand on observe l'étincelle éclatant dans le gaz entre deux conducteurs métalliques. M. Salet a, il est vrai, observé quelque chose d'analogue dans la vapeur du tellure: comme il reconnaît que la vapeur n'était pas pure, son observation perd un peu de sa valeur. Mais le même auteur a fait une autre expérience du plus grand intérêt, parce qu'il a voulu éviter une cause d'erreur qui existe toujours dans les expériences précédentes.

Dans celles-ci, l'étincelle éclate entre deux pointes de métal, platine ou aluminium; il en résulte d'abord l'apparition des raies du métal dans le spectre, puis, ce qui est plus gênant encore, il peut y avoir combinaison entre le gaz et le métal, et alors un nouveau spectre, celui de la combinaison, se superpose à celui du gaz et à celui du métal. Si l'on remarque qu'il est très difficile d'avoir le métal tout à fait pur, exempt de toute substance étrangère, de toute gaîne gazeuse formant à sa surface une sorte de vernis invisible et inappréciable aux réactifs de la chimie, on sera frappé de la complexité possible des spectres de l'étincelle obtenus dans de telles conditions,

en présence de tant d'éléments perturbateurs du phénomène principal que l'on étudie. Songeons que l'analyse spectrale est d'une exquise délicatesse, que des traces imperceptibles de matière sont révélées d'une manière inattendue, qu'on discerne au spectroscope quelques millièmes de milligramme de soufre, quelques millionièmes de milligramme de sel marin, que grâce à cette sensibilité merveilleuse, déjà cinq métaux nouveaux ont été découverts (Rubidium et Cæsium, de MM. Kirchoff et Bunsen; Indium, de MM. Reich et Richter; Thallium, de MM. Crookes et Lamy; Gallium, de M. Lecoq de Boisbaudran), et nous serons convaincus de l'excessive importance qu'ont la disposition des appareils et la méthode d'expérimentation.

Voici comment a opéré M. Salet. Le gaz est renfermé dans un réservoir de verre complètement clos, et qui se compose de deux tubes larges réunis par un tube étroit (fig. 41). Les parties larges sont enveloppées de feuilles de métal, ou gaînes, que l'on met en communication avec les pôles d'une bobine de Ruhmkorff ou d'une machine de Holtz. Une étincelle jaillit dans l'intérieur de ce réservoir, et son éclat est assez grand dans la partie étranglée pour qu'on puisse observer son spectre. Le gaz intérieur est électrisé par les gaînes, à travers le verre, et comme l'une de ces gaînes est positive et l'autre négative, les particules gazeuses qui les avoisinent sont électrisées contrairement et il y a décharge entre elles par le tube capillaire, à chaque inversion des signes de l'électricité que produit l'appareil électrique mis en jeu. Telle est l'explication ordinaire de ce phénomène.

Il est peut-être plus simple de regarder les deux renflements de verre, qui sont recouverts par les gaînes, comme tenant lieu de conducteurs de décharge, électrisés par les mêmes gaînes, et alors la simplification de l'appareil serait illusoire. Le spectre de l'étincelle pourra présenter les raies de la substance du verre, des gaînes

gazeuses qui y sont adhérentes, et l'incertitude du résultat n'est pas moindre qu'avec les tubes de Geissler à fils métalliques traversant la paroi du réservoir. On a remplacé en définitive les raies du métal des fils par celles du verre, et comme il est plus difficile de distinguer ces dernières que les autres, on peut craindre un surcroît de difficultés.

Quelle que soit l'explication que l'avenir réserve aux

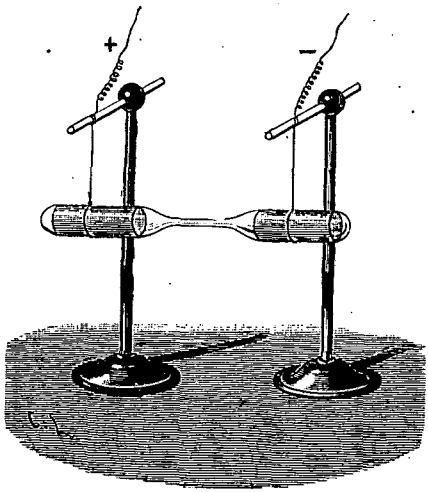


Fig. 41. — Tube à gaînes pour l'Étincelle dans les gaz.

observations faites par cette méthode, M. Salet a reconnu deux sortes de spectres analogues à ceux de l'azote, mais bien différents dans la position et le nombre des raies, pour les vapeurs de soufre, d'iode, de sélénium. Quant aux métaux, on n'a jusqu'à présent observé que des spectres linéaires.

L'existence de deux spectres pour un même corps simple est une question de la plus haute importance, dans l'étude de la constitution chimique des corps. Le

spectre linéaire se conçoit très bien par l'analogie qui existe entre les phénomènes sonores et les phénomènes lumineux. On se représente un gaz incandescent comme un assemblage de particules en vibration, comparable à un assemblage d'instruments de musique qui compose un orchestre. Sa lumière est un concert de vibrations harmoniques; sa couleur est la note résultante de toutes les vibrations superposées. Si l'on voit cette couleur changer, on compare ce changement à celui de la note composée que fait entendre l'orchestre. Il peut y avoir dans ce changement un rythme, une cadence, si la couleur et le temps interviennent à la fois; il peut y avoir une mélodie lumineuse, comme il y a dans l'orchestre une mélodie sonore. Les modifications de couleur que les étincelles peuvent offrir à l'œil, quand l'électricité éprouve des variations, nous apparaissent comme l'effet de la mélodie lumineuse, soit que les particules du gaz accélèrent ou ralentissent leurs vibrations, soit que celles d'un autre gaz, jusqu'alors muet, entrent à leur tour en vibration. Ces dernières renforcent ou arrêtent les autres suivant qu'elles sont avec elles en concordance ou en discordance. De là une infinité de nuances, dont la texture est révélée par le spectroscope.

Mais comment un même gaz, l'azote, par exemple, peut-il vibrer de deux manières aussi diverses que semblent l'indiquer ses deux spectres, cannelé et linéaire? Les bandes cannelées de notre spectre indiquent que parmi les particules du gaz vibrant les unes, en plus grand nombre, composent une note lumineuse prédominante, et les autres, presque muettes, exécutent des vibrations quelque peu différentes des précédentes par leur rapidité; ces dernières sont comme des instruments d'orchestre mal accordés, qui troublent l'harmonie sans pourtant la détruire complètement. L'auréole de l'étincelle dans l'azote est un orchestre qui joue faux. Conçoit-on un assemblage de particules, semblables entre elles,

comme doivent l'être celles d'un gaz simple, vibrant comme des instruments mal accordés? Cette similitude admise des particules de l'azote est-elle compatible avec le désaccord de leur vibrations lumineuses? Bien plus, lorsque le trait de feu apparaît, nous voyons une note lumineuse tout autre succéder brusquement à la note discordante de l'auréole, et cette fois toutes les particules exécutent leurs vibrations dans un accord rigoureux: si le même gaz vient d'exécuter ce changement à vue, si complet, pourquoi de nouveaux changements, aussi considérables, ne se montrent-ils pas dans ses diverses propriétés physiques et chimiques?

En général, les cannelures spectrales sont le fait des gaz composés, et les phénomènes que nous venons de décrire seraient parfaitement expliqués par l'intervention d'une telle substance dans l'auréole, et par celle de l'azote seul dans le trait de feu. Si cela n'est pas admis aujourd'hui, c'est parce qu'on regarde comme chimiquement pur l'azote des expériences, ou parce qu'on ne découvre pas la nature chimique du composé qui s'y trouve mêlé. Mais pour que ce composé se reconnaisse à ses caractères chimiques ordinaires, il faut qu'il existe en quantité beaucoup plus grande que celle qui est appréciable par l'analyse spectrale. De là l'incertitude. Il n'est donc pas étonnant que l'on imagine quelque hypothèse capable de rendre compte des faits, ne serait-ce que pour avoir un guide dans de nouvelles recherches. C'est ainsi que l'on s'est demandé si l'azote de l'auréole ne serait pas un corps simple, dont les particules seraient en quelque sorte doubles, et quelque peu dissemblables entre elles, et si le trait de feu ne les scinderait pas en leurs éléments. On comprend difficilement, il est vrai, que ces éléments séparés, et dissemblables, vibrent ensuite à l'unisson parfait, comme le prouve le spectre linéaire.

C'est à l'avenir qu'il est réservé de nous fournir des

faits précis qui lèvent toutes ces difficultés. Que le physicien se fasse chimiste, que le chimiste étende dans le domaine de la physique le champ de ses investigations, le problème que nous venons de poser ne tardera pas à recevoir sa solution. Déjà la thermodynamique a établi une union profonde entre deux sciences, trop longtemps séparées; la spectroscopie les unit plus étroitement encore. Les molécules de la physique et les atomes de la chimie doivent tenir des places égales dans la pensée de l'homme d'étude, du chercheur qui voit dans le monde tangible autre chose que des mystères ou des images insaisissables.

3. — Intensité lumineuse de l'étincelle.

Nous avons vu quelles sont les apparences lumineuses qui accompagnent la disposition des électricités que possèdent deux conducteurs, quand on opère leur rapprochement. Suivant la forme de leurs surfaces aux points les plus voisins, suivant la quantité d'électricité qui s'accumule en ces points, suivant la nature des conducteurs et le milieu transparent qui les sépare, la décharge est accompagnée d'une *lueur*, d'une *aigrette*, ou d'une *lumière éclatante*, dans laquelle on distingue ordinairement un trait linéaire très brillant, et une *auréole* plus pâle. La lueur est silencieuse, l'aigrette fait entendre un bruissement d'une durée notable, la lumière éclatante fait entendre un bruit sec, dont la durée paraît excessivement petite; c'est cette dernière forme lumineuse qu'on appelle particulièrement l'*étincelle explosive*.

L'intensité très vive de cette étincelle, surtout quand elle provient d'une décharge de batterie de Leyde, dépend de certaines circonstances dont la connaissance est d'une grande utilité. Aussi a-t-on cherché à la mesurer,

afin d'établir les lois qui la régissent. Les appareils dont on fait usage pour la mesure de l'intensité des sources lumineuses portent le nom de *photomètres*. Ceux qui sont usités, quand il s'agit des sources continues, ne peuvent servir pour l'étincelle à cause de son instantanéité : l'œil n'a pas le temps de comparer l'effet de cette étincelle à celui d'une lampe. Il fallait donc inventer une méthode

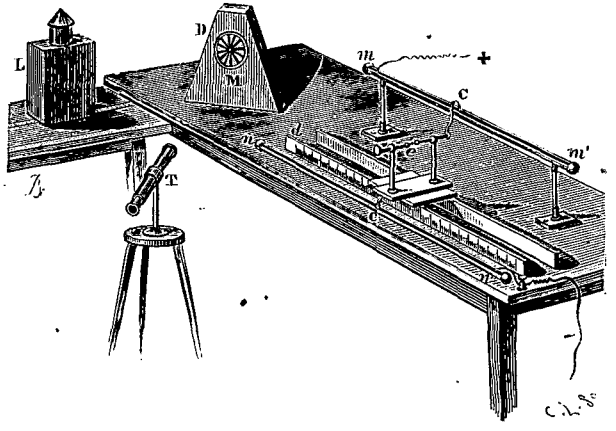


Fig. 42. — Photomètre électrique.

spéciale, une *photométrie électrique*, c'est ce qu'a fait Masson en 1845[1]. Son appareil sert à comparer soit plusieurs étincelles entre elles, soit une étincelle à une lampe ordinaire, sans que ces diverses lumières aient besoin d'avoir la même couleur.

Un disque de carton de 8 centimètres de diamètre, sur lequel on a tracé 60 secteurs égaux alternativement blancs et noirs, D (fig. 42), tourne autour de son centre avec une vitesse de deux cents tours environ par seconde,

[1] *Annales de Chimie et de Physique*. 3e série. Tomes XIV et XXX.

à l'aide d'un mouvement d'horlogerie. Il est disposé dans une chambre obscure, et dans une direction qui fait 45 degrés avec sa surface est placée une lampe Carcel, L. L'œil observe le disque à travers un tuyau de carton, T., noirci intérieurement ; il le voit uniformément éclairé. Cela résulte de ce que la vision des secteurs blancs éclairés par la lampe persiste en nous après que la rotation les a entraînés ; lorsqu'ils viennent à la place qu'occupaient un instant auparavant les secteurs noirs, nous voyons encore leur position antérieure, si la durée de cet instant est assez petite, et, par conséquent, cette vision persistante nous dérobe les secteurs noirs.

Remarquons que l'éclairement du disque tournant est la moitié de celui que présenterait un disque entièrement blanc, parce que les secteurs noirs dont la surface totale équivaut à la moitié de celle du disque entier n'envoient aucune lumière à notre œil.

Dans une seconde direction symétrique de la première par rapport au disque, se trouvent les boules de décharge, *e*. Plaçons-les assez près du disque tournant. Dès que l'étincelle jaillit, on aperçoit distinctement les secteurs blancs : c'est qu'en effet cette étincelle a une si courte durée, que les secteurs n'ont pas changé sensiblement de place pendant cette durée ; l'étincelle les a éclairés comme s'ils étaient immobiles. L'éclairement des secteurs blancs est donc la somme de l'éclairement primitif du fond et de celui que produit l'étincelle, tandis que celui des secteurs noirs n'est que l'éclairement primitif du fond. C'est en vertu de cet excès d'éclairement que les secteurs blancs deviennent visibles.

On conçoit que si cette différence était trop petite, l'étincelle ne produirait aucun effet. Aussi, si nous éloignons graduellement les boules de décharge, la différence d'éclairement des deux sortes de secteurs ira en diminuant, et bientôt il sera impossible de les discerner quand l'étincelle éclate. Le moment où la disparition des

secteurs commence dépend de la sensibilité de l'œil. Un œil très délicat cesse de voir les secteurs blancs, quand leur éclairement surpasse de $\frac{1}{120}$ celui des secteurs noirs. Ce nombre mesure le rapport de la quantité de lumière venant de l'étincelle qui est réfléchie par un secteur blanc à la quantité de lumière qu'envoie ce secteur pendant la rotation, lorsqu'il est éclairé par la lampe seule. Or nous avons dit que cette dernière quantité est la moitié de celle qu'enverrait le secteur au repos. Par conséquent la quantité de lumière électrique réfléchie par un secteur blanc est $\frac{1}{240}$ de la quantité de lumière venant de la lampe qui sera réfléchie par le même secteur dans les mêmes circonstances.

Si l'on admet que le pouvoir réflecteur du secteur est le même pour les deux sources lumineuses, la quantité de lumière envoyée par l'étincelle est aussi $\frac{1}{240}$ de celle que la lampe envoie à la même surface blanche.

En d'autres termes l'intensité de l'étincelle sera $\frac{1}{240}$ de celle de la lampe pour un observateur placé au centre du disque.

Ce raisonnement nous apprend que la détermination du rapport d'intensité des deux lumières, l'étincelle et la lampe, dépend de l'étendue des secteurs et de la quantité $\frac{1}{120}$ qui mesure la sensibilité de l'œil. Pour appliquer cette méthode, il faut donc que chaque observateur détermine son *coefficient de sensibilité personnel*. Masson a indiqué comment on doit faire et il a trouvé pour divers observateurs des fractions comprises entre $\frac{1}{50}$ et $\frac{1}{120}$.

Mais le photomètre électrique résout une autre question, dans laquelle n'intervient pas cette quantité : c'est la comparaison de diverses étincelles.

Pour cela mesurons la distance de la première étincelle au disque, quand on cesse de distinguer les secteurs [1]. Puis produisons une seconde étincelle ayant une

[1] On voit sur la figure 42 la disposition adoptée pour mesurer la

autre intensité, et répétons le même genre de mesure. Si nous trouvons que sa distance au disque est double de la précédente, lorsqu'on cesse de distinguer les secteurs, c'est à cette distance qu'elle envoie au disque la même quantité de lumière que la première étincelle ; en d'autres termes, la première étincelle produit sur le disque à la distance 1 le même éclairement que la seconde à la distance 2. Donc celle-ci est 4 fois plus éclairante que l'autre pour un observateur placé à la même distance de l'une et de l'autre.

On peut se convaincre aisément de l'exactitude de cette conclusion, en comparant l'éclairement d'un groupe de 4 bougies à celui d'une seule. On verra que, le groupe des 4 bougies et la bougie séparée étant placés devant un corps opaque quelconque, les deux ombres projetées par le corps opaque sur un papier blanc auront la même intensité lorsque la distance du groupe à l'écran sera double de celle de la bougie.

Ainsi le photomètre fait connaître très simplement et très exactement les intensités relatives de deux étincelles électriques.

Masson a découvert de cette manière les lois suivantes relatives à l'étincelle d'une batterie de Leyde : *L'intensité de la lumière est proportionnelle à la surface des armatures, en raison inverse de l'épaisseur du verre, et proportionnelle au carré de la distance explosive.* En combinant ces lois avec celles que M. Riess a trouvées pour la distance explosive, on obtient cette loi plus générale : *L'intensité de la lumière est proportionnelle à la quantité de chaleur dégagée dans le conducteur de décharge.* Cette loi est d'une

distance de l'étincelle *e* au disque D. Le support des boules de décharge peut glisser le long d'une règle graduée *d*, et pendant son mouvement les communications électriques sont maintenues à l'aide de deux rigoles de mercure *mm'*, *nn'*, dans lesquelles plongent d'une part les languettes métalliques *cc'*, qui aboutissent aux boules *e*; de l'autre, les conducteurs *m* et *n'* de la batterie.

très grande importance, parce qu'elle établit un lien entre la chaleur et la lumière qui apparaissent simultanément dans un système de corps où disparaît l'électricité. Elle est conforme au principe de la conservation de l'énergie. Elle est au nombre de celles qui ont contribué à introduire ce principe dans la science moderne.

Un autre résultat important au point de vue de la constitution de l'étincelle est relatif à la nature des boules de décharge : des boules d'étain, de zinc, de plomb, donnent à l'étincelle plus d'intensité lumineuse que celles de fer, de cuivre, de laiton. Or les trois premiers métaux ont moins de ténacité et sont plus fusibles que les trois autres. L'intensité dépend donc surtout de la ténacité des électrodes.

Masson n'a pas cherché à évaluer exactement l'intensité de l'étincelle par rapport à une lampe Carcel déterminée, comme on le fait aujourd'hui pour toutes les questions d'éclairage. C'est une lacune qu'il importe de combler pour les applications.

4. — Durée de l'étincelle.

L'expérience précédente nous a donné une idée de l'instantanéité de l'étincelle ; en l'analysant nous obtiendrons une limite supérieure de sa durée.

Le disque est partagé en 60 secteurs égaux et effectue 200 tours par seconde ; la durée d'un tour est donc $\frac{1}{200}$ de seconde. Un rayon du disque parcourt l'étendue angulaire d'un secteur en $\frac{1}{60}$ de la durée précédente, c'est-à-dire en $\frac{1}{12000}$ de sonde. Si l'étincelle durait $\frac{1}{12000}$ de seconde, les secteurs blancs viendraient occuper la place des secteurs noirs pendant que la lumière brille, et nous verrions le disque uniformément éclairé. Si l'étincelle avait une durée 10 fois moindre, c'est-à-dire $\frac{1}{120000}$ de

seconde, chaque secteur avancerait de $\frac{1}{10}$ de sa largeur, c'est-à-dire de $\frac{6}{10}$ de degrés sur la circonférence. Par conséquent on verrait les secteurs blancs avec une légère pénombre sur leurs bords, comme si leur largeur surpassait celle des secteurs noirs de 1 degré et $\frac{1}{5}$. Cette différence serait sensible à l'œil; si on ne la remarque pas, c'est que la durée de l'étincelle est inférieure à $\frac{1}{120000}$ de seconde.

On a construit divers appareils qui montrent combien la durée de l'étincelle est petite, sans en donner la valeur numérique. En combinant la petitesse de cette durée avec la persistance de l'impression optique, laquelle dure environ $\frac{8}{10}$ de seconde, d'après M. Plateau, on obtient des jeux de lumière assez curieux.

En voici un exemple (fig. 43). Plusieurs tubes de Geissler sont disposés régulièrement sur un disque mobile autour de son centre. L'axe métallique porte une virole de bois, sur laquelle est un anneau de cuivre ; deux crochets s'appuient respectivement sur l'axe et sur l'anneau, et on y attache les conducteurs d'une petite bobine d'induction. Les communications sont établies entre les fils de platine des divers tubes, l'axe et l'anneau, de façon que l'étincelle jaillisse simultanément dans tous les tubes. Quand on fait tourner graduellement l'appareil, et qu'on a mis la bobine en activité, on voit les étincelles briller ensemble et former une étoile qui paraît tantôt immobile, tantôt en mouvement, et dont le nombre des branches varie à chaque instant.

Il est facile d'expliquer toutes ces particularités.

Supposons que le disque ne porte qu'un seul tube de Geissler, dirigé suivant un rayon, il sera étincelant pendant un temps inappréciable. Si la vitesse de rotation est telle que ce rayon ait parcouru le quart de la circonférence, lorsque l'étincelle suivante jaillit dans le tube, et si l'intervalle de deux étincelles est de $\frac{2}{10}$ de seconde, on verra une étoile immobile à 4 branches équidistantes.

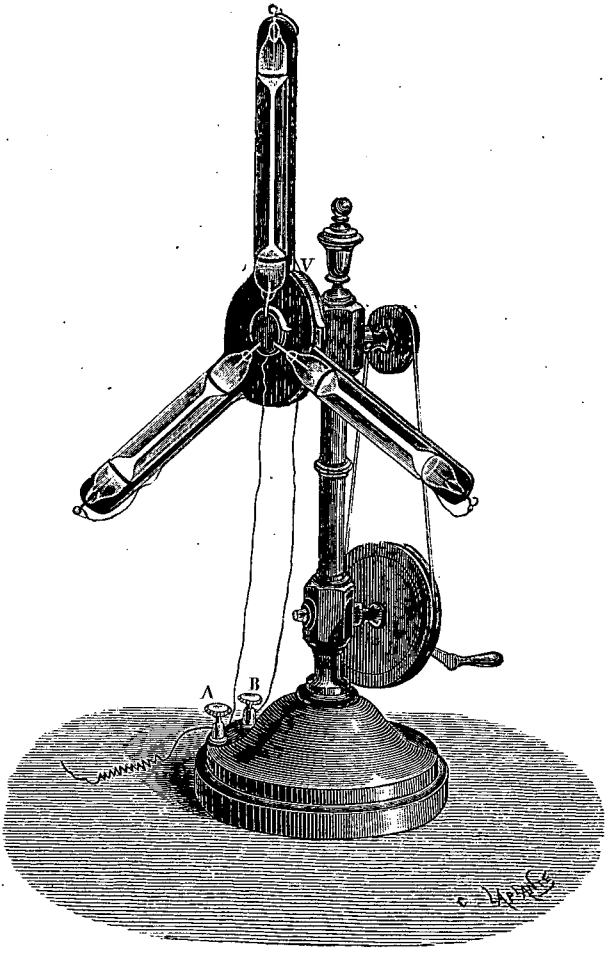


Fig. 43. — Rotation d'un tube de Geissler

En effet, au moment où jaillit la première étincelle on la voit à la place qu'elle occupe réellement dans l'espace; au bout de $\frac{2}{10}$ de seconde à partir de ce moment, on voit la seconde étincelle jaillir à 90 degrés de la précédente; au bout de $\frac{4}{10}$ de seconde, la troisième étincelle jaillit à 180 degrés de la première; au bout de $\frac{6}{10}$ de seconde, la quatrième étincelle jaillit à 270 degrés de la première; enfin au bout de $\frac{8}{10}$ de seconde, durée de la persistance optique, la cinquième étincelle jaillit à 360 degrés, c'est-à-dire justement à la même place que la première. Comme on voit encore celle-ci, les deux étincelles se superposent et le rayon correspondant brille sans intermittence; en outre les trois autres étincelles brillent encore dans notre œil, et les choses se renouvelant de la même manière, à chaque tour du disque, on a bien l'étoile immobile à 4 branches rectangulaires. Si les étincelles ne se succèdent pas avec une régularité parfaite, ou si la vitesse de rotation n'est pas uniforme, les étincelles 1 et 5 ne se superposent pas exactement, et l'étoile paraît en mouvement. En prenant d'autres nombres, on peut calculer semblablement l'apparence qui doit en résulter.

Le disque tournant peut servir à la mesure approximative de la durée d'une étincelle. M. Félici, en Italie, en a fait usage vers 1862, en lui donnant la disposition suivante.

Un petit disque de verre est recouvert d'un vernis opaque, sur l'une de ses faces; puis on fait dans ce vernis des traits qui partagent la circonférence du disque en un certain nombre de parties égales, par exemple, 360. On obtient ainsi 360 traits transparents, très fins et égaux en largeur. Plaçons une lumière derrière le disque et dirigeons sur la droite qui passe par la lumière et par un des points du disque où se trouve la division un microscope dont l'oculaire porte une lame de verre divisée en parties égales par des traits excessivement fins, ou

micromètre. Nous pourrons apercevoir plusieurs traits brillants, qui paraîtront parallèles et grossis. L'image de chacun d'eux couvrira dans le champ du microscope un certain nombre de divisions du micromètre.

Faisons tourner le disque autour de son centre avec une vitesse de 200 tours par seconde. Puisqu'il y a 360 divisions qui passent en un point du micromètre pour un tour du disque, la durée de leur passage est $\frac{1}{200}$ de seconde, et par conséquent le passage d'une seule de ces divisions dure 360 fois moins, c'est-à-dire $\frac{1}{72000}$ de seconde.

Avec une lumière fixe éclairant le disque, la persistance de l'impression optique produit l'apparence d'une bande éclairée sur le bord du disque, bande dont la largeur est égale à la longueur des traits transparents.

Mais si la lumière est celle d'une étincelle, chaque trait apparaît distinct. Si la durée de cette étincelle est inappréciable, les traits ont la même netteté et la même largeur que si le disque était au repos. Si cette durée est la moitié de celle du passage d'une division, à savoir $\frac{1}{144000}$ de seconde, chaque trait se sera déplacé d'une demi-division du disque pendant que l'étincelle brille, et on verra son image agrandie, s'étendant sur une largeur d'un demi-degré, et couvrant sur le micromètre un assez grand nombre de divisions. Il y a donc une relation déterminée entre le nombre de divisions du micromètre couvertes par l'image d'un trait éclairé par l'étincelle, lorsque le disque tourne, et le nombre de divisions couvertes par le même trait éclairé par une lumière fixe, lorsque le disque est en repos; c'est cette relation qui conduit à la mesure de la durée de l'étincelle.

Supposons qu'au repos un trait couvre 3 divisions du micromètre, et que l'intervalle de deux traits consécutifs du disque couvre 30 divisions du même micromètre. Avec la durée que nous avons supposée être celle de notre étincelle, l'image d'un trait pendant la rotation couvrirait 18 divisions du micromètre.

L'observation consiste donc à compter le nombre des divisions du micromètre couvertes par l'image d'un trait en mouvement, à l'instant où jaillit l'étincelle. On retranche de ce nombre celui des divisions couvertes par le trait en repos, et la différence donne la durée. Avec les nombres précédents, la durée de l'étincelle est autant de fois $\frac{1}{30\times72000} = \frac{1}{2160000}$ de seconde qu'il y a de divisions du micromètre dans l'agrandissement que la rotation produit sur l'image d'un trait; dans notre exemple il y a $18-3=15$ de ces divisions et la durée est $\frac{15}{2160000}$ de seconde. Théoriquement cette méthode est excellente; mais la constitution de l'étincelle la rend très incertaine. Aussi son auteur paraît-il n'avoir tiré de ses observations aucune loi numérique. Ces observations sont néanmoins très intéressantes, en ce qu'elles fournissent de nouvelles données sur la disposition de la lumière dans les étincelles produites par les bouteilles de Leyde.

Avec les étincelles de ce genre, l'image d'un trait en mouvement n'offre pas des bords d'une égale netteté. Celui qui est en arrière par rapport au sens de la rotation est assez net et très brillant, celui qui est en avant est au contraire pâle et mal déterminé. La lumière décroît assez rapidement du premier bord au second; elle s'étale en une nappe irrégulière, et souvent l'on aperçoit du côté du bord brillant quelques lignes obscures, parallèles à ce bord, très fines et très serrées les unes contre les autres: tel est l'effet des étincelles composées de plusieurs traits de feu successifs. Ajoutons à cela la difficulté de distinguer une image dont la vision ne dure pas une seconde et arrive ordinairement à l'imprévu, et l'on comprendra qu'il soit impossible de mesurer exactement le nombre des divisions du micromètre couvertes par cette image.

En rapprochant l'apparence observée des faits qui nous sont déjà connus, nous en trouvons aisément la cause. L'étincelle se compose du trait de feu et de l'auréole. Le trait de feu produit la vive illumination du disque en

mouvement, et l'auréole produit une illumination moins intense, qui persiste quelque temps après que l'autre a cessé. Nous apprenons ainsi que la durée de l'auréole est beaucoup plus grande que celle du trait de feu, fait que d'autres physiciens ont aussi observé par d'autres méthodes. De plus, le trait de feu et l'auréole ne sont pas deux parties de l'étincelle complètement distinctes l'une de l'autre et simplement juxtaposées. Elles paraissent se succéder graduellement; la décharge électrique commence par un trait de feu, finit par une aigrette, et entre le commencement et la fin, plusieurs traits de feu de moins en moins brillants jaillissent successivement. L'auréole serait la succession de ces traits d'intensité lumineuse décroissante. Telles sont les idées que suggère une fréquente contemplation de ces apparences.

Il existe un autre moyen d'apprécier la durée de l'étincelle, c'est celui du *miroir tournant*, imaginé par M. Wheatstone en 1834 (fig. 44). Un petit miroir plan en métal reçoit un mouvement de rotation très rapide autour d'une droite située dans son plan. M. Wheatstone produisait ce mouvement à l'aide d'une grande roue, d'une corde sans fin et d'une poulie fixée à l'axe du miroir. Le rayon de la roue valait 1 800 fois celui de la poulie, de sorte que si la corde ne glissait pas pendant le mouvement dans la gorge de la poulie, celle-ci devait faire 1 800 tours tandis que la roue en faisait un seul. A l'aide de ce mécanisme le physicien anglais a obtenu une vitesse de 800 tours par seconde pour le miroir.

Il s'agit de voir par réflexion dans ce miroir l'image de l'étincelle.

Pour cela, l'axe étant horizontal, on dispose sur la verticale du centre du miroir les deux conducteurs de la décharge ; de cette manière, si l'œil reste placé sur une droite horizontale passant par le centre du miroir, et perpendiculaire à l'axe de rotation, il apercevra l'intervalle des deux conducteurs dans la direction de cette

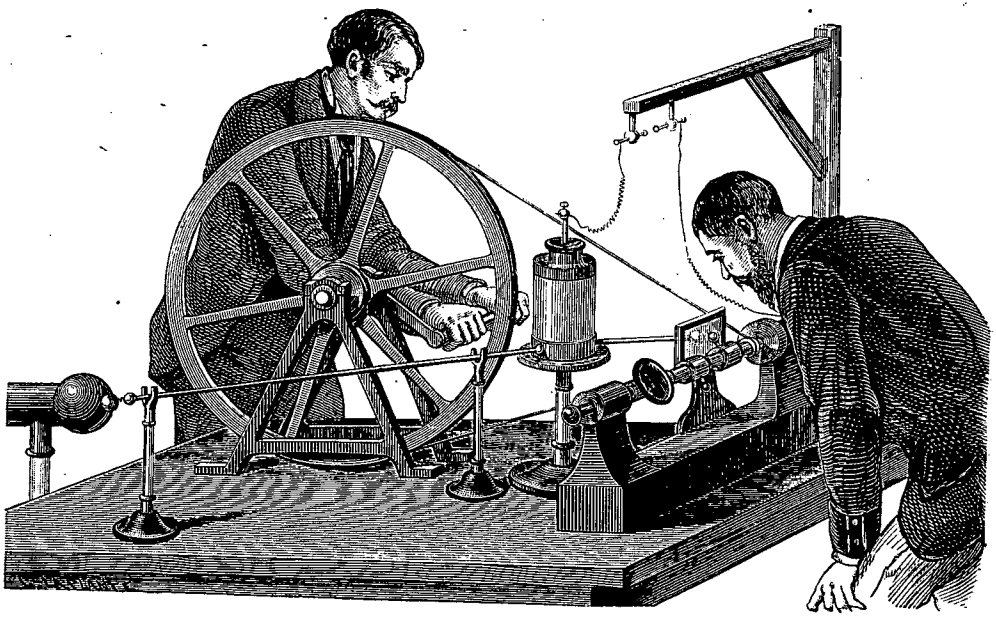


Fig. 44. — Miroir tournant.

droite, derrière le miroir, lorsque celui-ci fera un angle de 45° avec l'horizon. Si une étincelle jaillit entre les conducteurs, on voit son image dans le miroir, comme on vient de le dire. Il faut maintenant faire en sorte que l'étincelle jaillisse à l'instant où le miroir est à 45°. A cet effet l'axe de rotation porte un bras qui tourne avec lui, et qui à chaque tour arrive en face du bouton de l'*excitateur*. C'est simplement un bouton fixe qui communique à volonté avec une des armatures de la bouteille de Leyde; l'appareil qui porte l'axe tournant communique avec l'une des boules de décharge, et enfin l'autre boule communique avec l'autre armature de la bouteille. Celle-ci étant chargée et le miroir ayant son mouvement, on établit la communication par l'excitateur, et à l'instant précis où le miroir est à 45° deux étincelles éclatent simultanément, l'une au bouton de l'excitateur, l'autre entre les boules de décharge ; c'est cette dernière qui produit l'image visible pour l'observateur convenablement placé [1].

Quelles sont les apparences de cette image ?

La ligne que suit l'étincelle est parallèle à l'axe de rotation : si sa durée est inappréciable, on voit dans le miroir tournant une simple ligne horizontale, de même longueur que l'étincelle. Mais si cette durée est appréciable, ce que l'on peut obtenir en augmentant la vitesse de rotation du miroir, on voit une bande lumineuse dont la dimension perpendiculaire à l'axe est proportionnelle à la durée de l'étincelle.

En effet, supposons que le miroir effectue 800 tours par seconde. Il se déplace d'un tour en $\frac{1}{800}$ de seconde et d'un degré en $\frac{1}{360 \times 800} = \frac{1}{288000}$ de seconde. Lorsque l'étincelle jaillit au point S (fig. 45), le miroir est dans la position AB, l'œil voit l'image au point S′, symétrique

[1] On voit sur la figure 44 un cadre placé entre la boule de l'excitateur et celle qui est adaptée à l'axe tournant. Il y a dans ce cadre une feuille de mica percée d'un petit trou qui fixe avec précision l'instant de la décharge.

de S par rapport à AB. Supposons que le miroir passe à la position CD, pendant la durée de l'étincelle, et que l'angle AEC soit de 12 degrés. Les derniers rayons lumineux envoyés par l'étincelle S dans la direction constante SE seront reflèchis par le miroir CD dans une direction EG, et l'œil verra l'image au point S″. Les rayons rèflèchis pendant le mouvement du miroir sont donc compris dans l'angle FEG qui est de 24°, d'après les lois connues de la réflexion. L'œil verra l'image S′ S″

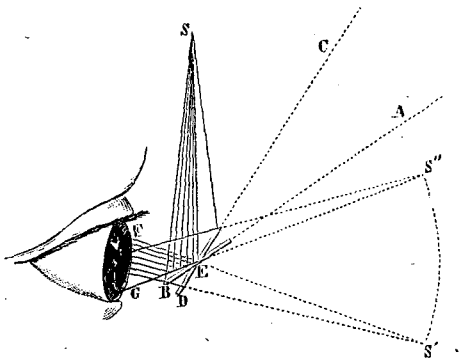


Fig. — 45. Théorie du miroir tournant.

occupant une étendue de 24 degrés. Quant à la durée de l'étincelle, elle est égale au temps que le miroir met à parcourir 12°, c'est-à-dire $\frac{12}{288000} = \frac{1}{24000}$ de seconde.

Pour mesurer la durée d'une étincelle avec le miroir tournant, il faut donc mesurer l'angle sous lequel on voit l'image, en prendre la moitié, et multiplier le résultat par le temps que le miroir met à tourner d'un degré, temps qui ne dépend que de la vitesse de rotation, laquelle se détermine à l'aide d'un compteur du nombre des tours.

Los nombres que nous avons pris pour exemple sont ceux-mêmes qu'a observés M. Wheatstone ; mais il n'a pas

cherché les lois de la durée de l'étincelle, son attention était alors portée sur la vitesse de propagation de l'électricité. On lui doit cette remarque que l'aigrette est formée d'étincelles successives et intermittentes, bien qu'elle paraisse continue. Quand on la regarde dans le miroir tournant, la bande lumineuse, qui est son image élargie par le mouvement de rotation, a l'aspect de stries brillantes séparées par des intervalles obscurs.

C'est à M. Feddersen, de Leipzig, que nous devons les observations les plus complètes qui aient été faites sur l'image de l'étincelle donnée par le miroir tournant. Elles datent de 1857. On interposait dans le circuit de la bouteille de Leyde une colonne d'eau distillée ou d'acide sulfurique quand on voulait augmenter la durée de l'étincelle.

M. Feddersen distingue trois sortes de décharges correspondant à trois apparences lumineuses différentes, vues dans le miroir tournant.

L'image de la *décharge continue* se compose d'une ligne droite brillante, parallèle à l'axe de rotation, et de deux bandes perpendiculaires faiblement lumineuses. L'étincelle se compose donc d'un trait de feu de durée inappréciable et de deux lueurs de durée sensible, situés sur chacune des boules de décharge. Le bruit est sec.

L'image de la *décharge intermittente* est formée d'une série de traits lumineux parallèles à l'axe de rotation, séparés par des intervalles obscurs; ces intervalles sont à peu près égaux entre eux dans la partie de l'image qui correspond au commencement du phénomène et deviennent de plus en plus grands dans l'autre partie. Le bruit d'une étincelle est un bruissement et son apparence directe est celle de l'aigrette. Un courant d'air dirigé sur l'étincelle l'entraîne et l'image vue dans le miroir présente les traits courbés dans le sens du courant.

Enfin l'image de la *décharge oscillante* est formée de faisceaux lumineux alternant entre eux, ayant leurs bases sur deux droites perpendiculaires à l'axe de rotation, et

se recourbant dans la direction du mouvement pour se terminer en pointe. L'étincelle se compose donc dans ce mode de décharge de cônes lumineux qui partent alternativement de chacune des boules.

Fig. 46. — Étincelle oscillante de Feddersen.

M. Feddersen a réussi à photographier les apparences fournies par le miroir tournant. Pour cela il a employé un miroir concave au lieu d'un miroir plan, de manière que l'étincelle produisît une image réelle, qu'il recevait sur une plaque sensible. Nous avons choisi parmi les nombreuses apparences qu'il a reproduites dans son mémoire [1], d'après ses épreuves photographiques, celle qui donne l'idée la plus nette de la décharge oscillante (fig. 46) : l'étincelle qu'elle représente était obtenue avec une batterie de 16 bouteilles de Leyde, un arc conducteur de 1 400 mètres environ et des boules de fer recouvertes de vernis, sauf aux points par lesquels jaillissait l'étincelle. L'extrémité positive de l'étincelle est à droite et l'extrémité négative à gauche.

On remarque que dans la première division transversale la lumière sortie de la boule négative est plus discontinue que celle qui sort de la boule positive ; que l'inverse a lieu pour la seconde division, que la même chose reparaît dans la troisième, et ainsi de suite.

Il est vraiment merveilleux que l'on ait pu ainsi scruter

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, T. LXIX. 1863.

les détails les plus intimes d'un phénomène aussi éphémère que l'étincelle électrique. La durée totale ne s'élève guère qu'à quelques cent-millièmes de seconde, et voilà que nous pouvons fractionner cette durée et compter combien de millionièmes de seconde dure chacune des oscillations lumineuses, L'étincelle en passant avec une incroyable rapidité a laissé une trace durable, sur laquelle l'observateur attentif va découvrir tous ses secrets. Dans les lignes bizarrement contournées, dans les ombres, dans les parties claires qui sillonnent la teinte grise de cette trace, il lira la loi de la nature, écrite par elle-même. *Son imagiuation, excitée par cette mystérieuse lecture,* lui montrera le phénomène réel, avec toutes ses phases, avec ses brillants éclairs entremêlés de lueurs diversement colorées, avec les ondulations de ses flammes; elle lui fera entendre distinctement le bruit de la petite explosion qui accompagne chaque éclair, et tout ce que ses sens grossiers avaient confondu dans une seule flamme, dans un seul bruit, lui apparaîtra distribué dans un ordre harmonieux.

Le miroir tournant et le spectroscope sont les instruments d'analyse les plus délicats que la science ait mis entre les mains de l'homme. C'est à eux que nous devrons la connaissance complète de l'étincelle. Déjà depuis leur création si récente ils nous ont fourni les données les plus inattendues et ils nous réservent certainement plus d'une surprise pour l'avenir.

Les lois relatives à la durée de l'étincelle doivent comprendre tous les changements que subit cette durée, quand on modifie les circonstances de la décharge, telles que la surface de la batterie, la distance des boules, leur nature, leur grosseur, la nature du milieu où l'étincelle jaillit, la longueur du circuit qui conduit l'électricité des armatures, l'épaisseur et la nature du verre, la disposition des bouteilles, leur forme, etc. Il faut aussi que nous apprenions comment se comporte cette durée, quand

on opère la décharge de toute autre manière, sans employer la batterie. Toutes ces recherches sont longues et difficiles ; aussi ne nous attendons pas à trouver des résultats complets ou définitifs. Nous sommes sur un terrain vierge, en quelque sorte, qu'il faut défricher avant d'en tirer les fruits.

M. Feddersen s'est surtout attaché à trouver les lois relatives à l'oscillation qu'il venait de découvrir. Quant

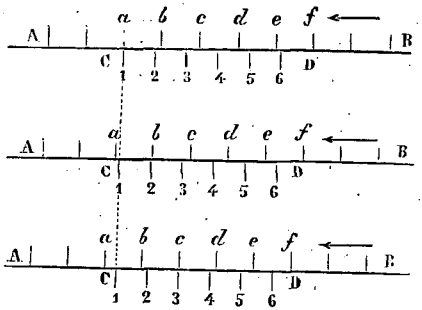


Fig. 47. — Principe du chronoscope à étincelles.

à celles qui concernent la durée totale de l'étincelle, elles n'ont pas été le sujet de son étude. Aussi trouvons-nous plus tard, en 1870, de nouvelles recherches entreprises dans ce but[1].

Le *chronoscope à étincelles* dont on fait usage est fondé sur une propriété du *vernier* (fig. 47.)

Imaginons une ligne de divisions équidistantes AB, et *derrière elle* une autre ligne CD contenant 6 divisions qui correspondent à 5 divisions de la première ; nous aurons un vernier *au sixième*, ce qui signifie qu'une divi-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 25 avril 1870. — *Mémoires des Savants étrangers*. Tome XXII. — *Annales de Chimie et de Physique*. Tome XXVI. 4e série. Expériences de MM. Lucas et Cazin.

sion de la seconde ligne CD ou vernier diffère d'une division de l'autre ligne AB ou échelle d'une quantité égale au sixième de cette dernière, cette différence étant *en moins*.

Maintenant supposons que l'échelle A B et le vernier CD soient formés par deux lames opaques, que tous les traits qui marquent les divisions de l'échelle soient transparents, que les six premiers traits du vernier le soient aussi, et qu'enfin tous ces traits soient d'une largeur négligeable par rapport à celle des divisions. Plaçons l'échelle et le vernier dans une position telle que le premier trait du vernier coïncide exactement avec un trait *a* de l'échelle, et mettons une lumière fixe derrière les deux lames, assez loin pour qu'elle envoie des rayons sensiblement parallèles. Les traits 1 et *a* en coïncidence laisseront passer les rayons, on verra une ligne brillante sur un fond obscur. Faisons mouvoir l'échelle de droite à gauche, jusqu'à ce que la coïncidence ait lieu entre les traits suivants 2 et *b*. Il y aura éclipse dans l'intervalle du mouvement, et à la fin nouvelle apparition d'une ligne brillante; mais cette ligne sera à droite de la précédente. Continuons à faire mouvoir l'échelle A B: la coïncidence se fera entre les traits suivants 3 et *c*, après une éclipse dans l'intervalle, on verra de nouveau la ligne brillante, toujours à droite de la précédente et ainsi de suite. A mesure que l'échelle A B se déplace dans le sens indiqué, il y a alternativement éclipse et apparition d'une ligne brillante, qui semble marcher de gauche à droite, en sens contraire du mouvement de l'échelle.

Tout cela suppose que le mouvement soit très lent.

Mais s'il est rapide, la persistance d'impression optique fera voir simultanément plusieurs traits brillants consécutifs; s'il est assez rapide, on verra toutes les coïncidences à la fois, depuis celle des premiers traits 1 et *a* jusqu'à celle des derniers 6 et *f*, c'est-à-dire 6 traits brillants, autant qu'il y a de divisions dans le vernier. A

partir de ce moment, une augmentation de vitesse ne changera plus l'apparence.

Examinons à présent l'effet d'une lumière instantanée telle que l'étincelle électrique, l'échelle supposée indéfinie se mouvant uniformément.

Supposons d'abord que l'étincelle commence lorsque le 1er trait du vernier coïncide avec une division *a* de l'étincelle. Si la durée de l'étincelle surpasse un peu l'intervalle de temps qui sépare deux coïncidences consécutives, la ligne transparente, formée par les traits suivants 2 et *b*, quand leur coïncidence arrive, sera éclairée par l'étincelle, et comme l'œil retient l'impression de la coïncidence précédente, on verra deux traits brillants consécutifs. De même si la durée de l'étincelle est double de la précédente, la troisième coïncidence des traits 3 et *c* produira une ligne éclairée par la fin de l'étincelle, et l'on verra trois traits brillants consécutifs et ainsi de suite.

Mais l'étincelle peut commencer lorsque l'échelle a une position quelconque. Alors ou bien il n'y aura pas de coïncidence, ou il y en aura une. Dans le 1er cas, il y aura éclipse, si la durée de l'étincelle est suffisamment petite; si elle dépasse l'intervalle de deux coïncidences consécutives, on verra un trait brillant; si elle est double, triple, on verra deux, trois traits brillants. Dans le 2e cas, il y aura apparition d'un trait au moins, quelque petite que soit l'étincelle, et si cette durée est égale à l'intervalle de deux coïncidences, on verra deux traits brillants; on en verra trois, quatre, si la durée est double, triple de cet intervalle. D'ailleurs les traits brillants peuvent ne pas être consécutifs; on peut les apercevoir à droite et à gauche du vernier, suivant la position de la première coïncidence qui s'établit dès que l'étincelle a commencé.

En résumé, le nombre des traits brillants qu'on observe, ou ce nombre diminué d'une unité, indique com-

bien de fois la durée de l'étincelle vaut l'intervalle de temps qui sépare deux coïncidences consécutives : on obtient ainsi une évaluation avec une erreur par défaut, qui est plus petite que cet intervalle.

Tel est le principe du chronoscope à étincelles. Voici comment il a été mis en pratique.

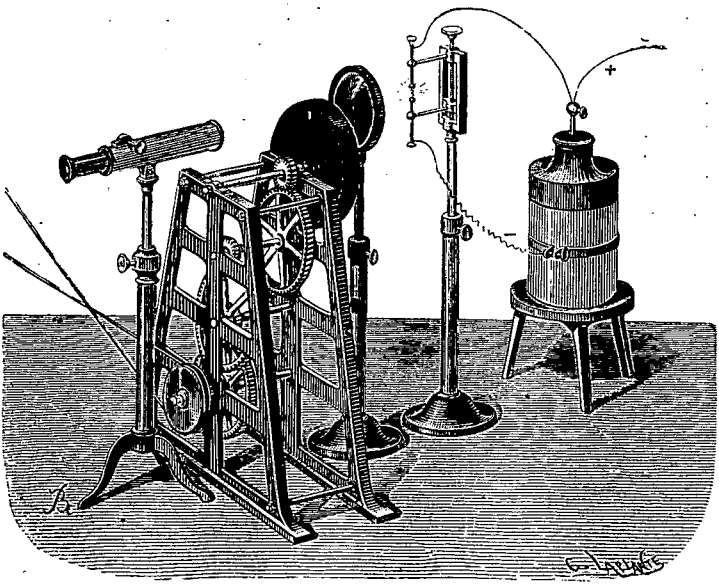


Fig. 48. — Chronoscope à étincelles.

Un disque de mica vertical rendu opaque porte sur son contour 180 traits transparents, qui jouent le rôle de l'*échelle* mobile de notre raisonnement, et il est mis en mouvement autour de son centre avec une vitesse convenable, à l'aide d'un engrenage et d'un moteur très régulier, tel qu'une machine à gaz du système Hugon (fig. 48). Ce disque tourne dans une boîte étroite, juste suffisante

pour préserver le disque sans gêner son mouvement. Le fond antérieur de cette boîte porte une fenêtre vitrée à sa partie supérieure; le fond postérieur porte vis-à-vis de la fenêtre six traits transparents qui jouent le rôle du vernier.

L'étincelle éclate au foyer d'une lentille convergente qui envoie sa lumière au vernier, sous la forme d'un faisceau de rayons parallèles. L'observateur vise la fenêtre avec une lunette-microscope, de façon qu'il ait tout le vernier dans le champ de l'instrument. Opérant dans l'obscurité, pour écarter toute lumière étrangère, il voit les traits brillants, conformément au principe que nous venons d'exposer, et il peut les compter très aisément.

L'usage de cet appareil donne des résultats d'une régularité remarquable, indépendants des petites variations que peuvent éprouver l'étincelle et la vitesse de rotation sous l'influence de causes accidentelles qu'il est impossible d'éviter. Théoriquement, on ne devrait observer avec une même batterie, toujours chargée et déchargée de la même manière, qu'un certain nombre de traits brillants ou bien ce nombre augmenté d'une unité. En réalité, la différence des nombres de traits observés à chaque étincelle dépasse quelquefois l'unité. Voici comment on procède pour avoir un résultat moyen très exact.

La batterie est constamment chargée par une machine de Holtz, et le moteur qui fait tourner le chronoscope met aussi cette machine en mouvement. Par suite les étincelles éclatent au foyer de la lentille à des intervalles de temps égaux. A chaque étincelle on note le nombre des traits observés et on fait la même opération pour un grand nombre d'étincelles consécutives, par exemple, pour cent. On a de cette manière une série d'expériences dont il faut déduire la durée cherchée. Sur les cent étincelles, il y en a un certain nombre qui ont commencé au moment où le vernier n'était pas en coïncidence avec l'échelle mobile, mais les autres ont commencé au moment où

il y avait une coïncidence ; nous savons que pour celles-ci le nombre des traits observés doit être diminué d'une unité. Or il est très facile de savoir combien d'étincelles sont dans ce cas. Il suffit d'observer une lumière fixe, mise à la place de l'étincelle, et sans faire tourner le disque de lui donner au hasard cent positions successives quand il y aura coïncidence, on verra un trait brillant ; quand il n'y en aura pas, on ne verra aucun trait. Avec l'appareil qui a servi à ces recherches le nombre des coïncidences était de 70 pour 100 positions du disque.

Ce nombre dépend de la largeur des traits et de celle des divisions ; on peut le calculer d'après ces largeurs par une considération de *probabilité*, et on arrive au même résultat.

Maintenant nous comprendrons aisément le calcul d'une série. On a compté 31 fois 3 traits brillants, 41 fois 4 traits, et 28 fois 5 traits, c'est-à-dire en tout 397 traits pour les cent étincelles. Il y en a 70 dont il faut retrancher une unité : il reste ainsi $397 - 70 = 327$ traits.

Le disque faisait 36 tours par seconde, d'après les indications d'un compteur de tours adapté à l'engrenage. Le passage d'une division du disque durait donc $\frac{1}{180 \times 36} = \frac{1}{6480}$ de seconde, et l'intervalle de temps de deux coïncidences consécutives était le sixième de cette quantité, à savoir $\frac{1}{38880}$ de seconde.

La somme des durées des cent étincelles était donc au moins 327 fois le dernier nombre, c'est-à-dire $0^s,0084$. Enfin la durée moyenne d'une seule étincelle était de 84 *millionièmes de seconde*.

Par cette méthode, on a pu trouver la loi d'*accroissement* que suit la durée de l'étincelle, quand on augmente la surface de la batterie et la distance explosive, quand on diminue la longueur du fil de métal qui forme le circuit, puis l'influence de l'état de l'air où jaillit l'étincelle, celle de la nature et du diamètre des boules de décharge, celle de la disposition des bouteilles en *cascade*.

Ces recherches donnent le moyen de résoudre le problème suivant : étant donné un certain nombre de bouteilles de Leyde semblables, trouver une disposition pour laquelle l'étincelle qui accompagne leur décharge ait une durée déterminée à l'avance.

Il suffit de faire une seule mesure à l'aide du chronoscope sur une de ces bouteilles, et d'appliquer les formules trouvées par les auteurs. Parmi les résultats observés nous signalerons celui-ci, dont nous ferons usage : la durée de l'étincelle croît avec la volatilité des boules de décharge. Ainsi avec le zinc elle est une fois et demie celle que donne le platine. Elle dépend aussi d'une autre condition, car elle est seulement un peu plus grande pour l'étain que pour le platine, et pourtant l'étain est beaucoup plus volatil que le platine.

Les expériences que nous venons de décrire sur la durée de l'étincelle explosive nous offrent de remarquables exemples de la précision qu'a pu atteindre la physique, et de la puissance merveilleuse qu'acquiert notre œil, quand il est armé d'un instrument approprié au phénomène que l'on étudie. Nous avons vu dans le paragraphe précédent comment le spectroscope permet de disséquer la lumière de l'étincelle, de façon que les rayons diversement colorés qui frappent simultanément notre œil soient séparés les uns des autres, et groupés entre eux d'après une loi d'harmonie. Maintenant nous savons qu'on peut pousser cette dissection plus loin encore, en séparant les parties de l'étincelle quant à leur ordre de succession dans le temps. Le chronoscope nous a montré que l'étincelle d'une bouteille de Leyde dure quelques millionièmes de seconde, et pourtant cette durée a pu être mesurée exactement, car les nombres observés ont conduit à des lois dont la découverte eût été impossible, si le degré d'approximation n'eût pas été suffisant. D'un autre côté le miroir tournant nous a appris qu'une pareille étincelle est quelquefois formée d'un grand nom-

bre de jets de feu successifs : la durée de chacun d'eux est donc inférieure à un millionième de seconde. Ce sont des jets de ce genre que présentent les machines électriques ordinaires.

Jetons un coup d'œil d'ensemble sur ce monde d'atomes qui se pressent et s'agitent dans l'étincelle explosive, et essayons de pénétrer dans le mystère de l'infiniment petit, comme l'astronome pénètre dans celui de l'infiniment grand.

Le rayon lumineux que l'étincelle nous envoie à travers le spectroscope est, d'après la théorie des ondulations, le résultat de la vibration des particules matérielles situées au foyer incandescent. Si c'est un rayon rouge, on démontre en optique que chaque particule vibrante exécute 500 mille milliards d'oscillations en une seconde de temps. Entre cette particule et notre œil, il y a 16 mille petites ondes éthérées par centimètre, analogues aux ondes sonores de l'air, ou aux vagues que dessine le surface de l'eau. Admettons que la durée de l'étincelle soit d'un millionième de seconde. Notre particule exécute pendant ce temps 500 millions de vibrations, que les ondes lumineuses de l'éther propagent jusqu'à notre œil. Tel est le nombre formidable de pulsations qui produisent la sensation optique de la couleur rouge.

Pour les rayons jaunes, bleus, violets, le nombre de vibrations lumineuses est encore plus grand et croît régulièrement à mesure qu'on s'éloigne du rouge dans la série des couleurs spectrales.

Ce que nous disons sur l'étincelle repose sur la sensation optique. Est-ce bien tout ce que l'expérience peut nous apprendre? De ce que la puissance de notre vue est limitée, on doit induire que le mouvement des particules peut être encore plus étendu dans l'espace et dans le temps. L'expérience prouve que cela est vrai. En plaçant dans le spectroscope un prisme et des lentilles de quartz ou cristal de roche et substituant à l'œil une surface

d'iodure d'argent, on obtient une empreinte photographique du spectre dont l'étendue dépasse considérablement le violet visible. M. Mascart et d'autres physiciens ont obtenu de cette manière des centaines de raies dans la région ultra-violette du spectre, là où l'œil est incapable de discerner quelque apparence lumineuse. D'un autre côté, M. Desains a découvert des bandes de chaleur dans la région opposée du spectre au delà du rouge, de sorte que nous devons concevoir un rayonnement des sources lumineuses beaucoup plus étendu que celui qui est capable de produire la sensation optique.

Eu égard au temps, il ne faut pas croire que la durée de l'étincelle soit celle de la perturbation accomplie par la décharge au sein du gaz interposé entre les conducteurs électrisés. Cette perturbation doit avoir une durée plus grande que celle qui est révélée par le chronoscope, et il est possible d'en retrouver la trace à l'aide d'autres méthodes expérimentales. C'est ainsi que M. Nyland, faisant éclater l'étincelle d'une bobine de Ruhmkoff entre une pointe de métal immobile et une surface métallique recouverte de papier et animée d'un mouvement très rapide, a vu ce papier percé de plusieurs centaines de petits trous consécutifs, prouvant que la décharge était composée d'un grand nombre d'explosions successsives. Les premières étaient accompagnées de traits lumineux, constituant la partie visible ou étincelle; les dernières n'avaient d'autres preuves de leur existence que les traces marquées sur le papier.

Grâce à ces investigations multipliées, qui concourent à nous mettre à l'abri des illusions momentanées de nos sens, les faits précis s'accumulent et nous marchons par une voie sûre à la découverte des lois qui régissent l'étincelle électrique.

5. — Constitution de l'étincelle explosive.

Tous les faits que nous avons examinés dans les paragraphes qui précèdent nous apprennent quelle est la constitution de l'étincelle explosive.

L'analyse spectrale nous a montré que dans la lumière de l'étincelle se trouvent les particules gazeuses du milieu environnant et les particules détachées des conducteurs d'où semblent sortir les jets lumineux : nous savons en outre que ces jets ne se produisent pas dans le vide. La lumière est donc l'effet produit sur notre œil par ces particules modifiées temporairement par l'électricité.

Quelles sont ces modifications?

Nous ferons concourir au jugement que nous devons porter tous les faits précédents, et quelques autres phénomènes d'électricité qui n'ont pas de rapports directs avec la lumière électrique.

Lorsqu'une tige métallique étroite est placée sur le conducteur de la machine électrique, il se produit à son extrémité un courant d'air, une sorte de *vent*, que l'on sent en approchant simplement le dos de la main, et qui est capable d'éteindre la flamme d'une bougie.

Posons sur l'extrémité de cette tige le centre d'une étoile métallique, dont les pointes sont recourbées dans le même sens (fig. 49). L'électricité fera tourner cette étoile dans un sens opposé à celui des pointes. C'est l'expérience du *tourniquet électrique*, que nous devons à Franklin. Si on est dans l'obscurité, les pointes présentent des aigrettes qui tracent dans l'air une couronne lumineuse. La présence de l'air est indispensable à ce mouvement de rotation ; car Aimé a reconnu qu'il n'a pas lieu dans le vide.

Évidemment il y a une action mutuelle, répulsive,

entre chaque pointe et les particules d'air voisines. Dans l'expérience du *vent électrique* la pointe est fixe, c'est l'air qui est chassé ; dans celle du *tourniquet*, la pointe est plus mobile que l'air, c'est elle qui est chassée. C'est une simple application du *principe de l'action et de la réaction*.

Cette action répulsive ne peut être une conséquence de la forme du conducteur ; tout ce qui peut faire une pointe, c'est d'exalter cette action, au point de la rendre capable de déplacer visiblement les corps qui en sont le siège. Nous devons admettre qu'elle existe toujours entre un corps électrisé et l'air ou le gaz qui l'environne.

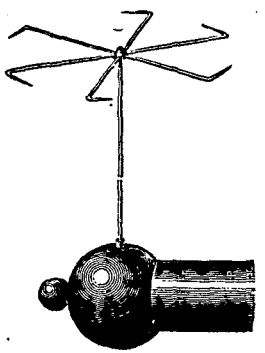


Fig. 49.
Tourniquet électrique.

Comment l'électricité produit-elle cette action répulsive? Elle la produit de la même façon que dans l'expérience originaire d'Otto de Guéricke sur le pendule isolé. Les particules d'air sont des corps légers qui, après avoir touché le corps électrisé, sont repoussés et réagissent.

Nous voilà donc ramenés au *principe fondamental* de l'attraction et de la répulsion des corps électrisés, à savoir : le corps léger est électrisé par l'influence de la source; de là une attraction. Lorsqu'il a touché la source, il conserve seulement l'électricité de même nom et est repoussé. Ramener l'expérience du vent électrique et celle du tourniquet à ce principe, c'est donner une explication de ces expériences, attendu que ce principe régit un grand nombre de phénomènes et qu'il sert à les grouper. L'esprit passe ainsi du *composé* au *simple*, et c'est un premier degré de connaissance qu'il doit acquérir, avant de pousser plus loin

l'explication. Si le principe fondamental dont il s'agit peut être ramené lui-même à un principe plus général, on aura un second degré de connaissance, qu'on pourra acquérir plus tard. Mais ce degré nous manque dans l'état actuel de la science, nous sommes donc forcés de nous contenter jusqu'à nouvel ordre du premier degré.

La coexistence du vent électrique et des aigrettes nous prouve que dans celles-ci les particules d'air sont lancées dans toutes les directions à partir du conducteur électrisé. Celles qui fuient ce conducteur ont la même électricité ; elles se repoussent donc mutuellement en vertu du principe fondamental. Or elles rencontrent des particules à l'état naturel. En vertu du même principe, elles les électrisent par influence, les attirent, puis les repoussent après le contact. De ces actions et des réactions qui en résultent naît un état d'agitation extrême ; par suite, de la chaleur est engendrée, et dans les points où elle est la plus vive, nous avons des sources de lumière.

Ce mécanisme de l'aigrette sera celui de toute lumière électrique; mais il devra se compliquer de diverses circonstances qu'une expérimentation délicate mettra en évidence.

Ainsi pourquoi la lueur qui environne une tige fortement électrisée n'est-elle pas composée de filets divergents, pourquoi n'est-elle pas crépitante comme l'aigrette? La faculté de mettre en jeu au dehors les forces électriques attractives et répulsives est plus grande à la pointe : c'est un fait expérimental. Les actions mutuelles entre la tige et l'air sont donc moins vives sur sa surface latérale. D'un autre côté, Faraday a reconnu que l'air glisse le long de la tige, de telle façon qu'en favorisant ou contrariant ce mouvement, il renforçait ou diminuait la lueur. Dès lors il est naturel de penser que les particules d'air qui produisent la lueur éprouvent le long de la tige un mouvement de glissement ou de roulement, au lieu d'être projetées dans tous les sens comme celles de l'aigrette.

Il est très facile de produire des mouvements de roulement à l'aide de l'électricité, et d'imiter le mécanisme que nous venons de concevoir.

Disposez sur un plateau horizontal en métal trois ou quatre pieds isolants (fig. 50), et posez sur ces pieds un anneau de métal *g* communiquant avec une machine électrique. Puis placez contre cet anneau une boule de verre

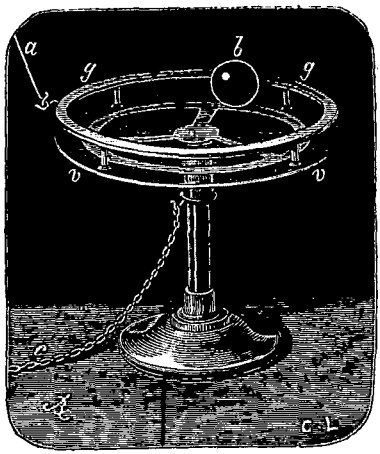


Fig. 50. — Planétaire électrique.

b très mince, ayant un diamètre un peu plus grand que la distance de l'anneau au plateau ; vous la verrez tourner dans un sens ou dans l'autre, en suivant l'anneau. C'est la vieille expérience du *planétaire électrique*, ainsi appelée par Grey qui l'a imaginée, parce qu'elle reproduit une rotation et une translation simultanées, analogues au mouvement des planètes. Lorsqu'on la fait dans l'obscurité on voit que la boule est lumineuse en tous les points par lesquels elle touche l'anneau.

Ce phénomène est encore une conséquence du principe

fondamental des actions électriques. Au point de contact de la boule et de l'anneau le verre s'électrise comme l'anneau ; comme il est mauvais conducteur, l'électricité ne s'étend pas beaucoup autour de ce point; l'anneau attire donc la partie non électrisée du verre qui est la plus voisine, tandis qu'il repousse la partie électrisée; la boule tourne sur elle-même, afin de venir toucher l'anneau par le point qui est attiré ; puis le même phénomène se reproduisant au second contact, la rotation continue ; de là un troisième contact et ainsi de suite. D'ailleurs le roulement amène successivement au contact du plateau les points du verre précédemment électrisés et repoussés par l'anneau; l'électricité de ces points disparaît et ils peuvent de nouveau céder à l'influence de l'anneau, de sorte que le mouvement se perpétue indéfiniment.

Les particules gazeuses qui se meuvent dans l'aigrette ne sont pas seulement soumises à l'action du conducteur et à leurs actions mutuelles ; elles doivent encore obéir à celle de tous les corps environnants. C'est surtout quand la décharge a lieu entre deux conducteurs voisins que cette troisième action se manifeste.

Une particule chassée par le conducteur positif est elle-même électrisée positivement; elle est donc attirée par le conducteur négatif. Il y aura quelques-unes de ces particules qui pourront l'atteindre, et après l'avoir touché elles seront repoussées et reviendront vers le conducteur positif. Ainsi les mouvements de va-et-vient entre les deux conducteurs de la décharge se joindront à ceux que nous avons déjà signalés. Telle serait la cause de la décharge oscillante, découverte par M. Feddersen.

L'expérience connue de la *grêle électrique* imaginée par Volta pour expliquer la forme sphérique des grêlons offre un exemple de ce genre de mouvement. Faites communiquer avec les conducteurs de la machine électrique deux plateaux de métal isolés et placés horizontalement l'un au-dessous de l'autre, et mettez sur le plateau infé-

rieur de petites balles de sureau. Dès que la machine sera en activité, vous verrez les balles aller et venir d'un plateau à l'autre. L'explication est celle que nous venons de donner pour les particules d'air comprises entre les conducteurs de la décharge.

Le phénomène de la stratification peut aussi être ramené au principe des actions attractives et répulsives, comme l'ont démontré MM. Quet et Seguin en 1862. Voici une de leurs expériences (fig. 51)[1].

Sur une plaque de verre longue de 10 centimètres, large de 2 centimètres, on étend avec un tamis de la poudre de charbon de cornue, on applique aux deux

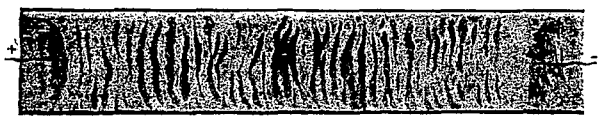


Fig. 51. — Stratification des poussières.

bouts les conducteurs d'une bobine de Ruhmkorff. Si on a soin que le verre soit sans poussière suivant une ligne transversale près de l'un des conducteurs, la décharge met les grains de poussière en mouvement, et ils se rangent finalement en une série régulière de bandes transversales, séparées les unes des autres par des intervalles de 1 à 2 millimètres. En plaçant ensuite la lame de verre sur une feuille de papier photographique, on obtient un cliché négatif, avec lequel on prépare les épreuves positives. La figure 51 est la reproduction d'une semblable épreuve.

L'explication de cette expérience a été donnée comme il suit par ses auteurs. Considérons le conducteur positif; il électrise positivement la première couche de grains qui

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série. T. LXV.

l'avoisine et la repousse; elle constitue la première zone positive. Cette couche électrise par influence la couche suivante, dans laquelle s'établissent une première zone négative attirée et une seconde zone positive repoussée. Cette dernière électrise de même par influence la couche suivante, dans laquelle s'établissent encore une zone négative attirée et une zone positive repoussée, et ainsi de suite jusqu'au conducteur négatif, dont l'action analogue se joint à la précédente. Les grains sont donc partagés en zones alternativement positives et négatives. Cette polarisation électrique détermine le mouvement de toute la masse. La première zone positive et la première zone négative se rassemblent et forment la première stratification; la seconde zone positive et la seconde zone négative se rassemblent en même temps et forment la seconde stratification et ainsi de suite.

Il faut remarquer que ce phénomène n'a lieu qu'avec des poussières médiocrement conductrices; il faut donc qu'il y ait un certain rapport entre leur conductibilité et la tension de la charge électrique.

Au lieu du mot grain, mettez particules gazeuses, et vous aurez l'explication du rôle que joue le gaz raréfié dans la stratification de l'étincelle. Quant à la nécessité de mêler à l'air certaines vapeurs, elle résulterait, comme pour les grains de poussière, de ce qu'il doit y avoir un certain rapport entre la conductibilité des particules gazeuses et la tension de l'électricité.

D'après l'explication de MM. Quet et Séguin, la stratification de l'étincelle ne serait pas occasionnée par une certaine manière d'être du mouvement électrique dont le conducteur de la décharge est le siège. On ne devrait pas conclure de cette apparence lumineuse que le conducteur est lui-même dans une sorte de fluctuation. Une comparaison empruntée à l'acoustique permet de poser la question ici soulevée.

Lorsque l'air s'écoule d'un réservoir où il est main-

tenu sous une pression constante dans un tuyau sonore, il se dispose dans ce dernier par couches alternativement condensées et dilatées, constituant ce qu'on appelle les *ventres* et les *nœuds*, et occupant des positions fixes dans le tuyau. De ce qu'on observe cette fluctuation, cause déterminante du son, faut-il conclure que, dans le tube qui conduit l'air à l'embouchure du tuyau sonore, il y a aussi une fluctuation en rapport avec les ventres et les nœuds? Une pareille corrélation n'existe pas. Dans la conduite d'air, l'écoulement est continu et les particules gazeuses ont seulement un mouvement de translation; la fluctuation commence à l'embouchure, et le phénomène acoustique est localisé dans le tuyau sonore.

Comparons l'étincelle stratifiée au tuyau sonore et le conducteur électrisé à la conduite d'air comprimé, et nous comprendrons aisément le sens de la question. Les couches alternativement brillantes et obscures de cette lumière sont-elles analogues aux ventres et aux nœuds du tuyau et sans rapport avec l'état du conducteur électrisé, ou bien, au contraire, la fluctuation s'étend-elle à tout le circuit de la décharge?

Les expériences de stratification de MM. Warren de la Rue, Miller et Spottiswoode, permettent de mettre en doute la justesse de la première interprétation. En effet, d'autres observations récentes sur l'état du circuit voltaïque, dans les circonstances où la stratification apparaît, indiquent une fluctuation générale de ce circuit. En voici un exemple [1].

Un circuit voltaïque est formé par 20 éléments moyens de Bunsen et par une bobine de 960 spires, renfermant un tube de fer de 8 centimètres de diamètre et de 1 millimètre environ d'épaisseur. Un condensateur de Leyde, ayant

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 10 nov. 1873, sur divers cas d'intermittence du courant voltaïque, par M. A. Cazin.

une surface armée de 3 mètres carrés, ferme le circuit, de façon que la lame de verre de ce condensateur se trouve interposée entre les deux rhéophores. Dans ces circonstances, un très faible courant continu est accusé par un galvanomètre; la lame de verre est donc traversée par le courant et joue le rôle d'une portion de circuit très résistante. De plus, on entend un bruissement continuel dans le noyau de fer.

« Ces faits indiquent que le courant passe à travers le « verre et que *son passage est intermittent.* Le noyau de « fer subit une succession rapide d'aimantations et de « désaimantations alternatives, et chacune des désaiman- « tations occasionne un faible bruit dans le noyau. La « succession rapide de ces bruits constitue le bruisse- « ment qu'on entend. »

C'est en faisant communiquer les armatures d'un condensateur, disposé comme celui de l'expérience précédente, avec les électrodes d'un tube de Geissler, que l'on a vu se produire les stratifications. Il est donc possible que le phénomène acoustique et le phénomène optique soient dus l'un et l'autre à une même cause et, si cela a lieu, une étude approfondie devra mettre en évidence leur corrélation. De tels rapprochements sont l'origine de nouvelles recherches, qui nous mettent sur le chemin de la vérité; quelle que soit leur justesse, ils nous conduisent à interroger la nature, et la réponse que nous obtenons est toujours une conquête pour la science.

Il nous reste à examiner le rôle des particules détachées des conducteurs, dont la présence nous a été révélée dans l'auréole par l'analyse spectrale. Comment se détachent-elles?

Les parties d'un même corps semblablement électrisées se repoussent mutuellement; on le prouve depuis longtemps en plaçant sur le conducteur de la machine électrique une tige surmontée d'un plumet de bandes de papier flexibles. Quand la machine est en activité, ce

plumet se hérisse, ce qui montre que ses diverses parties se repoussent mutuellement.

La difficulté qu'on éprouve à se contenter de cette explication vient de ce qu'on est habitué à exercer d'assez grands efforts pour arracher des parcelles d'un solide résistant tel qu'un métal, et qu'on n'a pas une notion bien nette de la force électrique. Mais lorsqu'on voit une décharge électrique percer un bloc de verre de plusieurs centimètres d'épaisseur, et cela avec une machine ordinaire, comme on sait le faire aujourd'hui, volatiliser l'or et le platine, qui exigent pour fondre une température de 2000 degrés, les phénomènes d'arrachement dont nous nous occupons ne paraissent plus si surprenants. On peut assister d'ailleurs à des projections de particules métalliques en déchargeant une batterie de Leyde à travers un fil de soie doré que l'on a placé entre deux lames de verre. Si l'on projette l'image agrandie du fil sur un écran blanc, à l'aide d'une lentille convergente, au moment où la décharge a lieu on voit (fig. 52) des houppes de matière brune s'élancer perpendiculairement au fil, en

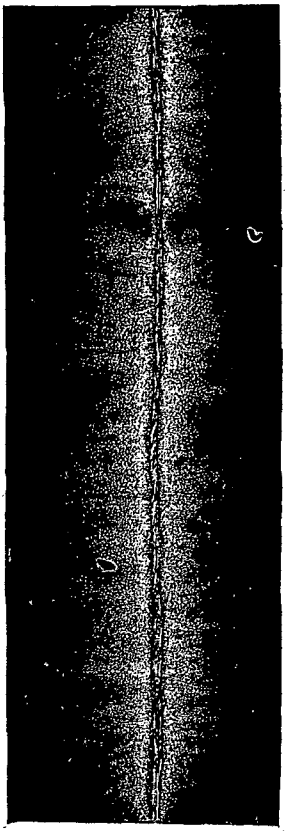


Fig. 52.
Volatilisation d'un fil de soie doré.

figurant des stratifications régulières, tandis que le fil est dépouillé de sa couche d'or. Cette matière brune, c'est l'or dont les parcelles ont été projetées violemment et se sont déposées sur le verre, laissant à l'observateur la trace durable du phénomène dont les détails ont échappé à sa vue, à cause de son instantanéité.

En examinant à loisir la plaque de verre, il voit que l'or s'est rassemblé en un certain nombre de points équidistants, et que chacun de ces points a été le lieu d'une vive éruption lançant dans tous les sens les parcelles du métal. Il se représente alors l'or fondant pendant la décharge, se rassemblant en perles liquides autour du fil de soie, comme des grains de chapelet, et finalement disparaissant comme une fumée verdâtre dont les flocons se déposent sur le verre.

Nous admettrons donc comme un fait que les parcelles du conducteur sont lancées au dehors, puisque le spectroscope nous les a montrées dans l'étincelle, et nous attribuerons leur projection aux forces répulsives dues à l'électricité. D'un autre côté, nous savons que l'on retrouve sur chaque électrode des parcelles détachées de l'autre; elles se comportent donc comme les particules gazeuses dont nous avons étudié le rôle précédemment, mais une différence essentielle se présente.

Nous avons vu que les boules de zinc donnent une lumière plus intense que les boules de fer, tandis que celles-ci produisent à peu près le même effet que les boules de cuivre. Ce n'est donc pas la fusibilité et la volatilité qui modifient le plus l'intensité lumineuse de l'étincelle; c'est surtout la ténacité. L'arrachement est beaucoup plus facile avec le zinc qu'avec les deux autres métaux, pour lesquels il n'y a pas une différence très grande. Cela prouve que la projection des parcelles des conducteurs n'est pas précédée par la fusion et la volatilisation; qu'elle est le résultat direct, comme l'admet M. Riess d'après ses expériences, d'une désagré-

gation moléculaire produite par les forces électriques. Ces parcelles paraissent donc lancées à l'état solide; elles deviennent incandescentes dans leur trajet à travers l'étincelle, et elles augmentent son éclat, de même que le carbone libre augmente l'éclat de la flamme d'un hydrocarbure. D'ailleurs l'incandescence doit déterminer la fusion et la volatilisation; puis les vapeurs formées doivent se condenser sur les conducteurs et s'y déposer sous la forme de grains pulvérulents. C'est, en effet, ce qu'on observe sur les boules qui ont servi à un grand nombre de décharges, et particulièrement sur les boules de charbon; elles prennent un aspect velouté.

Si les expériences se font dans un gaz qui exerce une action chimique sur la substance des conducteurs, le phénomène se complique. C'est ainsi que le charbon, la plupart des métaux se combinent avec l'oxygène de l'air, et nous savons que ces combinaisons sont des sources de chaleur lumineuse. Le platine ne donne lieu à aucune action chimique de ce genre; il convient de l'employer quand on opère dans l'air et qu'on veut se mettre à l'abri de ces actions secondaires.

Les expériences que nous avons faites sur la durée de l'étincelle, bien que peu variées, contribuent à différencier le rôle du gaz et celui des particules lancées par les conducteurs. L'intensité lumineuse n'est pas proportionnelle à la durée, car Masson a trouvé la même intensité avec le zinc et l'étain, tandis que la durée s'est montrée beaucoup plus grande avec le zinc; l'incandescence des particules de zinc se prolongeait plus longtemps que celle de l'étain. Cela peut s'expliquer par la combustibilité, qui est plus grande pour le zinc; l'action chimique serait au moins une des circonstances dont dépend la durée. Des observations suffisamment multipliées sur ces phénomènes résoudront certainement toutes les questions qu'on peut poser sur le rôle des conducteurs.

Dans quelle région de l'étincelle se trouvent les parcelles incandescentes? Le vif éclat du trait de feu porte à penser qu'elles y sont accumulées. Mais l'analyse spectrale montre qu'elles n'y sont pas à l'état gazeux. Les raies caractéristiques du métal se montrent surtout dans l'auréole. D'autre part, l'auréole a une durée beaucoup plus grande que le trait de feu, et nous venons de voir que la durée totale de l'étincelle croît avec la quantité de métal projetée et avec sa combustibilité. Cela confirme la conclusion que l'on tire de l'analyse spectrale; il faut donc admettre que les parcelles incandescentes des conducteurs sont vaporisées principalement dans l'auréole, et qu'elles ont pour rôle d'augmenter son éclat et sa durée. Les particules du métal se trouvent aussi dans la lueur, car M. Neef et M. Matteucci ont vu avec la bobine d'induction que la couleur de cette lueur dépend de la nature du métal; elle est bleue avec le zinc et verte avec le cuivre.

En résumé, la constitution de l'étincelle explosive déduite du rapprochement de tous les faits connus aujourd'hui est la suivante. Les conducteurs de la décharge produisent dans le milieu transparent et médiocrement conducteur qui les environne divers mouvements d'où résultent, suivant leur nature et leur rapidité, la lueur, l'aigrette ou l'auréole, le trait de feu, la stratification; c'est la tension de l'électricité qui règle ces mouvements. Les conducteurs projettent des particules, ordinairement solides, qui entrent dans le tourbillon gazeux et concourent avec les particules du gaz à la production de la lumière; mais en outre ils ont une action propre, résultant des changements physiques que la chaleur engendrée par tous les mouvements leur fait subir. Des phénomènes chimiques secondaires accompagnent souvent les phénomènes électriques; de là résultent des modifications dans l'état de mouvement moléculaire qui produit sur nos sens les sensations de chaleur et de lumière. C'est

la quantité d'électricité qui règle principalement le rôle des conducteurs.

Un premier progrès à accomplir, c'est de découvrir les lois de la tension électrique, quand on change les circonstances où se produit l'étincelle : car alors, étant donné ces circonstances, c'est-à-dire la forme des conducteurs, leur distance, leur quantité d'électricité, l'état du milieu, on pourra prévoir l'aspect de la lumière électrique. Lorsqu'en outre les lois relatives à la quantité seront bien connues, on pourra étendre le problème à toutes les autres circonstances.

CHAPITRE IV

CONSTITUTION DE L'ARC VOLTAÏQUE

L'arc voltaïque offre beaucoup d'analogie avec l'étincelle de la bobine d'induction; mais il y a des différences que nous devons nous attacher à étudier.

M. Gassiot ayant isolé avec soin une pile de 5 500 petits éléments zinc-cuivre, chargés avec de l'eau pure, fit communiquer ses conducteurs avec deux disques de laiton, séparés par un intervalle de $\frac{1}{2}$ millimètre. Aussitôt de petites étincelles jaillirent dans l'intervalle et elles se succédèrent pendant plusieurs mois.

Cette expérience prouve que la pile est capable de produire le même genre d'étincelle que les machines électriques à frottement. A ce point de vue elle diffère de ces machines par la faiblesse de sa tension électrique. Mais son rôle est tout autre dans la source de lumière intense qu'elle est capable de produire; les étincelles dont nous venons de parler ne constituent pas l'*arc voltaïque*.

Dans la célèbre expérience de Davy, qui porte le nom d'arc voltaïque, la lumière jaillit d'une manière *continue* entre les conducteurs de la pile ou *électrodes* et elle est en même temps une source de chaleur excessivement in-

tense. La cause de cette chaleur est la combinaison chimique qui s'accomplit dans la pile, et ce qu'on appelle le courant est le transport dans toutes les régions du circuit de l'énergie des molécules qui se combinent. De la grandeur de cette énergie résultent la prédominance de certaines circonstances parmi celles qui influent sur la lumière, et les différences de constitution que présentent l'arc voltaïque et l'étincelle explosive.

1. — Aspect de l'arc voltaïque.

Pour étudier la constitution de l'arc voltaïque nous n'avons qu'à suivre la marche adoptée dans le chapitre précédent. L'étude sera facilitée par les connaissances que nous avons déjà acquises; elles nous permettront de passer en revue plus rapidement les expériences qui offrent de l'analogie avec les précédentes.

L'éclat de la lumière empêche de distinguer à la vue simple la forme de l'arc voltaïque. Dans la chambre obscure cette lumière éclaire les corps avec une intensité comparable à celle du soleil; la flamme d'une lampe paraît rouge sombre, elle projette une ombre comme si elle était un corps opaque. Il faut observer l'arc voltaïque à travers un verre foncé pour en distinguer la forme; mais les couleurs ne se reconnaissent plus. Le meilleur mode d'observation est la projection optique sur un écran blanc, à l'aide d'une lentille convergente. Les conducteurs entre lesquels brille la lumière sont disposés au milieu d'une boîte opaque qui présente une ouverture circulaire, de un ou deux cent. seulement de diamètre. Devant cette ouverture on place à une distance convenable la lentille de projection, et on aperçoit sur l'écran l'image renversée de l'arc et des électrodes (fig. 53).

L'arc ressemble à une flamme tremblante, dont la

forme est ovoïde et dont la couleur dépend de la nature des électrodes. De temps en temps, on voit une par-

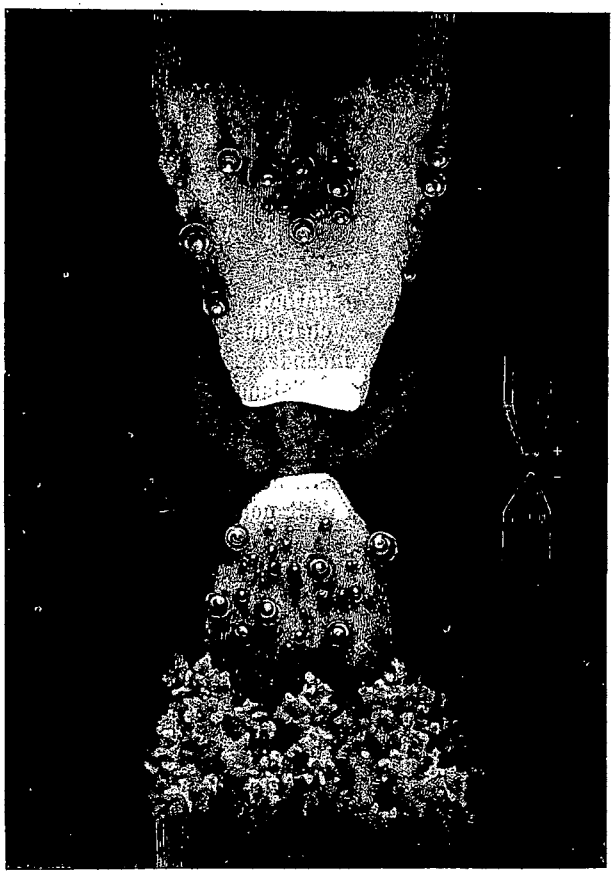


Fig. 53. — Projection de l'arc voltaïque.

ticule brillante s'élancer d'une électrode et gagner l'autre, en produisant dans la flamme une traînée lumi-

neuse, semblable à l'étoile filante qui traverse la lueur d'une aurore boréale.

L'attention est surtout attirée par l'éclat des électrodes. Si ce sont des cônes de charbon de cornue, ils sont inégalement brillants. Le cône positif est rouge blanc jusqu'à une assez grande distance de la pointe, tandis que le cône négatif est à peine rougi à son extrémité. De plus, quand l'expérience est suffisamment prolongée, on remarque que le charbon positif a diminué ; sa pointe a disparu faisant place à une sorte de *cratère*, et au contraire le charbon négatif s'est recouvert d'une proéminence qui a la forme d'un champignon. Cela prouve qu'il y a eu transport de charbon d'une électrode à l'autre. Enfin sur chacun des charbons apparaissent çà et là des globules liquides et incandescents, qui se déplacent, glissent jusqu'à la pointe et s'élancent pour gagner l'autre électrode. Ce dernier effet n'a pas lieu avec du charbon pur ; il est le résultat de la fusion des substances minérales qui sont habituellement mêlées au charbon : c'est un effet secondaire dont nous ne devons pas nous occuper.

L'expérience précédente démontre bien qu'un transport continu de particules incandescentes s'effectue de l'électrode positive à la négative. Nous pouvons reconnaître qu'un transport semblable s'effectue dans l'autre sens, et que de plus il y a projection de matière dans toutes les directions. M. Van Breda ayant employé des électrodes de fer qu'il avait pesées, les pesa de nouveau après l'expérience, et il trouva que l'électrode positive avait perdu 300 milligrammes, tandis que la négative en avait perdu 55. L'arc était produit dans le vide, afin que la combinaison du fer avec l'oxygène de l'air n'intervînt pas. Cette double perte montre que les parcelles détachées des électrodes sont lancées dans toutes les directions, et qu'une partie seulement se dépose sur elles. Quand on prolonge l'expérience dans le vide, on observe

un dépôt sur la paroi interne du verre, et on s'assure aisément qu'il est formé par la matière des électrodes. Despretz produisant l'arc dans l'œuf électrique avec 600 couples de Bunsen vit la paroi intérieure du vase noircie par un abondant dépôt de charbon. Avec une électrode de fer et l'autre de coke M. Van Breda remarqua que la perte du poids du fer était la même, quel que fût le signe de son électricité, tandis que le coke perdait plus quand il était positif. Toutes ces observations prouvent que le double transport de la matière a lieu dans l'arc voltaïque comme dans l'étincelle explosive, et que la différence des deux modes de décharge consiste en ce que le transport de l'électrode positive à l'électrode négative prédomine dans l'arc voltaïque.

On explique l'inégale projection de la matière des électrodes par l'inégal échauffement qu'elles subissent. L'électrode positive, nous venons de le voir, est beaucoup plus chaude que l'autre. Ce fait est général; quant à son explication, il faut la chercher dans les lois qui régissent la distribution de la chaleur dans les diverses parties du circuit et aborder un groupe de phénomènes étrangers à notre étude. Nous l'accepterons ici comme un fait, et cela nous suffira pour ce qui concerne la constitution de l'arc. Pour faire voir que cette particularité des électrodes n'est pas une propriété de la lumière électrique, nous citerons une expérience de M. Tyrtow. Ayant pris le mercure comme électrode négative et un fil de platine comme positive, il vit ce fil rougir quand il touchait le mercure. Renversant ensuite le sens du courant, de façon que le mercure devînt positif, il observa des étincelles bleuâtres, quand il approchait le fil de la surface mercurielle, sans que celui-ci fût rougi, et le mercure s'évaporait rapidement. La chaleur de l'étincelle positive rendait ce fil incandescent dans le premier cas et vaporisait le mercure dans le second.

Quand on produit l'arc entre un fil de platine et le

mercure, ce dernier éprouve une agitation particulière dont la cause doit aussi être recherchée dans les lois qui régissent le courant voltaïque. Lorsque le mercure sert d'électrode positive, il se soulève en forme de cône; lorsqu'il est négatif, il se déprime au contraire au-dessous du fil. L'étude de ces particularités ne rentre pas dans notre sujet.

La longueur de l'arc dépend évidemment de la puissance de la pile; mais la relation qui existe entre cette longueur et l'intensité du courant n'est pas connue. Nous devons seulement à Despretz quelques observations intéressantes qui peuvent être le point de départ de nouvelles recherches. Lorsqu'on augmente graduellement le nombre des éléments de la pile, la longueur maxima qu'on peut donner à l'arc croît plus rapidement que le nombre des éléments. Lorsqu'on augmente la surface des éléments on a aussi un accroissement de la longueur de l'arc plus rapide que celui de la surface. Enfin, quand on a un nombre déterminé d'éléments, on obtient le plus grand arc en les disposant en une seule série.

L'aspect de l'arc voltaïque dépend de la forme des électrodes. M. de la Rive a fait plusieurs expériences sur ce sujet. Entre une pointe de coke positive et une plaque de platine négative l'arc a la forme d'un cône, ayant son sommet à la pointe et sa base sur la plaque. En renversant le sens du courant, on peut écarter davantage les électrodes avant que l'arc disparaisse, et il a l'aspect de jets lumineux aboutissant à différents points du coke.

Après avoir examiné l'influence des électrodes sur l'arc voltaïque, occupons-nous de celle du milieu fluide, liquide ou gazeux, au sein duquel jaillit la lumière. Davy a pu doubler la longueur de l'arc en faisant l'expérience dans le vide au lieu de la faire dans l'air. L'aspect de la lumière est d'ailleurs le même dans les deux cas, ce qui n'avait pas lieu avec l'étincelle explosive. Cette observation est capitale, elle nous montre qu'une circonstance

particulière différencie ces deux sortes de lumière électrique.

Lorsqu'on produit l'arc dans différents gaz, son aspect varie peu; il y a à peine quelque changement de couleur. Des actions chimiques secondaires peuvent compliquer d'ailleurs le phénomène. Ainsi dans l'air et dans l'oxygène, le charbon, le fer, le zinc, donnent de l'acide carbonique, de l'oxyde de fer, de l'oxyde de zinc : cela n'a pas lieu dans le vide, ni dans l'hydrogène, ni dans l'azote. C'est une cause de légères modifications dans la couleur et la longueur de la lumière.

Dans les liquides, les modifications sont plus grandes; M. Matteucci a remarqué que l'arc s'amincit et devient linéaire. Cela tient à ce que les parcelles détachées des électrodes sont gênées dans leurs actions mutuelles répulsives, et qu'elles sont forcées par la résistance du liquide à se rassembler en ligne droite. En disséminant de la poussière de charbon dans l'essence de térébenthine, on voit l'arc produit au milieu de ce liquide s'entourer d'un sphéroïde dans lequel jaillissent une infinité de petites étincelles. Cet effet est dû à la présence des parcelles de poussière, qui s'électrisent par influence et se comportent comme de petits conducteurs très rapprochés les uns des autres, entre lesquels jaillissent un nombre infini de petites étincelles.

Nous concluons de cet ensemble de faits que la circonstance la plus influente est la substance des électrodes, que c'est elle qui joue le rôle principal dans la constitution de l'arc voltaïque. Lorsque les deux électrodes sont formées par la même substance et placées dans l'air, on peut les ranger d'après M. Grove dans l'ordre suivant, en commençant par celles qui donnent l'arc le plus long et le plus brillant : potassium, sodium, zinc, mercure, fer, étain, plomb, antimoine, bismuth, cuivre, argent, or, platine. La couleur de l'arc varie avec la substance des électrodes; elle est par exemple jaune avec le sodium,

blanche avec le zinc, verte avec l'argent, c'est-à-dire la même qu'avec les étincelles ordinaires. Remarquons que la longueur et l'intensité lumineuse ne dépendent pas seulement de la ténacité, de la fusibilité et de la volatilité; car le fer est beaucoup moins fusible que la plupart des métaux suivants, et il est le plus tenace de tous ceux qui sont cités. S'il produit un arc plus long et plus éclatant que les autres substances moins tenaces et plus fusibles que lui, la différence est due à d'autres causes, sans doute à une combustion. Car, dans les expériences de M. Grove, le phénomène électrique était compliqué d'une combinaison chimique avec l'oxygène de l'air, sauf pour les trois derniers métaux; aussi ne faudrait-il pas croire que les substances citées dussent conserver le même ordre dans le vide ou dans un gaz sans action chimique, tel que l'azote.

Il est prouvé par d'autres expériences que plus la ténacité est faible, plus l'arc est long; ce qui doit être, si l'arc résulte de la désagrégation des électrodes. Ainsi l'arc est plus long avec les électrodes de platine *spongieux* qu'avec celles de platine forgé. Il est vrai que la pile doit être plus forte dans le premier cas que dans le second pour produire un courant d'égale intensité; mais cela tient à ce que la conductibilité de l'éponge de platine est moindre que celle du platine forgé; il faut pour que la comparaison soit significative que rien ne soit changé dans l'intensité du courant, quand on change les électrodes.

Nous avons un autre exemple du rôle de la ténacité dans la remarque suivante faite par MM. Fizeau et Foucault. Ayez une électrode de charbon et l'autre d'argent ou de platine; l'arc le plus long est obtenu avec le charbon positif. Nous savons que c'est l'électrode positive qui émet la plus grande quantité de particules; moins elle est tenace, plus cette émission est facile; si donc elle est formée par le charbon, qui est moins tenace que

les deux autres métaux, l'arc atteindra sa plus grande longueur.

Le nombre des expériences faites sur l'arc voltaïque est considérable ; il a servi de récréation à tant d'observateurs, qu'aucun détail de quelque importance n'a pu échapper. Nous nous contentons de montrer les traits caractéristiques de ce beau phénomène, afin d'acquérir une connaissance suffisante de sa constitution.

Jusqu'à présent, sauf l'influence moindre du fluide environnant, nous voyons que l'aspect de l'arc voltaïque varie dans les mêmes circonstances que celui de l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff. Nous avons déjà appris que la pile peut produire la lumière stratifiée. Longtemps avant les expériences des physiciens anglais que nous avons rapportées, Despretz avait remarqué en France que l'arc voltaïque ordinaire, excité par une pile de 600 éléments de Bunsen, présente des lignes sombres transversales, rappelant les stratifications. Il avait aussi vu d'autres lignes obscures qui indiquaient une division de l'arc en plusieurs branches, semblable à celle qu'on aperçoit dans les étincelles de la bobine de Ruhmkorff et dans la décharge d'une bouteille de Leyde. Ces expériences sont particulièrement intéressantes, en ce qu'elles sont faites sans l'adjonction d'un condensateur ou d'une bobine, dont on a toujours à redouter l'influence perturbatrice. Elles méritent d'être reprises, afin que toutes les particularités qu'elles présentent soient soigneusement comparées aux faits qui ont été découverts depuis Despretz, et sans doute elles contribueront à faire connaître s'il existe un rapport entre les stratifications et l'état du conducteur électrisé qui les produit.

La même remarque est à faire au sujet des crépitations que l'arc voltaïque fait entendre, surtout quand les électrodes de charbon sont assez rapprochées l'une de l'autre. Les électrodes vibrent et M. de la Rive a pu transmettre leur vibration au support, de façon que celui-ci

fit entendre un son. Il s'opère, dit-il, une sorte de craquement régulier entre les particules de charbon, qui est lié à leur arrachement et à leur transport.

2. — Analyse spectrale de l'arc voltaïque.

Les premières observations sur le spectre de l'arc sont dues à M. Wheatstone; le physicien anglais avait vu les raies brillantes qui sillonnent ce spectre différer en nombre et en position suivant la nature du métal; lorsque les deux électrodes étaient formées de deux substances différentes, il avait vu les raies caractéristiques de chacune d'elles se superposer; cette dernière observation prouve le double transport de la matière des électrodes, ce qui est conforme à nos observations antérieures. Plus tard, en France, Despretz prouva que les raies de l'arc produit entre deux cônes de charbon sont fixes et indépendantes de l'intensité du courant. En 1849, Foucault fit une étude approfondie des raies spectrales de l'arc, et bien avant que la méthode de l'analyse spectrale fût généralisée et appliquée par MM. Kirchoff et Bunsen, il en avait posé les principes. Une des plus remarquables découvertes qu'il fit dans ces recherches est celle de l'analogie de certaines raies brillantes de l'arc voltaïque avec certaines raies obscures du spectre solaire, analogie dont il trouva l'explication, et dont il devina l'importance pour l'astronomie. Elle a conduit en effet cette science à ce résultat merveilleux, de reconnaître dans le soleil et dans les étoiles la nature des vapeurs et des gaz incandescents qui composent leurs atmosphères. Par elle, l'œil du physicien ou du chimiste s'étend jusqu'aux profondeurs de l'univers; sa puissance est accrue d'une manière inespérée. Rendons hommage à ce génie fécond, ravi à la France par une mort prématurée!

Voici quelle est cette expérience capitale : Foucault avait observé dans le spectre donné par l'arc du charbon une ligne double brillante, entre le jaune et l'orangé ; elle lui rappela par sa forme et sa position une raie double obscure bien connue du spectre solaire : il voulut voir si cette raie orangée et cette raie obscure du soleil se correspondaient : « N'ayant pas, dit-il lui-même, d'instruments pour mesurer les angles, j'ai eu recours à un procédé particulier. » Nous allons le voir imaginer la démonstration la plus simple et la plus claire du fait qui le préoccupe ; s'il avait eu les instruments qu'il regrette, cette ingénieuse démonstration nous ferait sans doute défaut. « J'ai fait tomber sur l'arc lui-même une image solaire formée par une lentille convergente, ce qui m'a permis d'observer à la fois superposés le spectre électrique et le spectre solaire ; je me suis assuré de la sorte que la double ligne brillante de l'arc coïncide exactement avec la double ligne noire de la lumière solaire[1]. » Plus loin, voici qu'il découvre le nouvel horizon. « Ce phénomène nous semble dès aujourd'hui une invitation pressante à l'étude des spectres des étoiles ; car, si par bonheur on y retrouvait cette même raie, l'astronomie stellaire en tirerait certainement parti. »

Cette raie double, située dans l'orangé, est caractéristique du sodium ; les charbons la produisent habituellement parce qu'ils contiennent quelques traces de sel de soude. On le reconnut plus tard, mais Foucault avait posé les premiers jalons d'une voie nouvelle, qui devait conduire à de brillants succès.

Ce fut lui qui, en employant la superposition des deux spectres, solaire et électrique, prouva que les raies brillantes des métaux possèdent toutes la couleur de la région du spectre solaire à laquelle elles correspondent.

Masson, dont nous connaissons déjà les belles recher-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série. T. LVIII

ches sur l'étincelle, s'occupa aussi des raies de l'arc voltaïque. Il prouva que les spectres de l'étincelle et de l'arc sont identiques avec les mêmes électrodes, et qu'avec le charbon la partie brillante de l'électrode donne un spectre sans raies. Ce dernier résultat est très important pour la constitution de l'arc; il démontre que les particules de charbon projetées dans cet arc ne sont pas simplement à l'état d'un solide fortement échauffé; elles sont à l'état de vapeur. Masson prouva d'une manière générale qu'un fil de métal chauffé au rouge blanc donne aussi un spectre sans raies. La conclusion précédente s'applique donc à toute électrode, quelle que soit sa nature.

Un autre résultat non moins important du même physicien est l'absence de toute influence du milieu sur les raies. Il étudia le spectre de l'arc dans le vide et dans l'hydrogène sans voir d'autre changement que celui de l'intensité des couleurs. Ce fait est conforme aux observations que nous avons déjà présentées relativement au rôle du milieu qui environne les électrodes. C'est une différence essentielle qui existe entre l'arc et l'étincelle. M. Van der Willigen l'a confirmée en 1859. Il n'a pas trouvé dans le spectre de l'arc du charbon dans l'air les raies caractéristiques de ce gaz; le spectre ressemble à celui de la flamme d'un carbure d'hydrogène, avec trois raies brillantes de plus, qui sont dues à la chaux incandescente; cela tient à ce que le charbon contient toujours un peu de carbonate de chaux.

3. — Intensité lumineuse de l'arc voltaïque.

L'*éclat* de l'arc voltaïque est excessivement vif : dans l'étude de son intensité lumineuse il faut distinguer cette qualité du *pouvoir éclairant*. L'éclairement d'un corps par une source de lumière dépend de trois circonstances,

à savoir, de la distance qui les sépare, de la surface de la source, de *son éclat intrinsèque*, qualité qui ne dépend que de la nature de la source. Si la distance augmente comme les nombres 1, 2, 3, etc., l'éclairement diminue comme les nombres 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, etc. Quand on veut comparer le *pouvoir éclairant* de deux lumières, on doit supposer que le corps éclairé soit placé à la même distance de chacune d'elles. Le *pouvoir éclairant* est l'éclairement à l'unité de distance; on prend pour corps éclairé une surface blanche telle qu'un écran de papier, une plaque de verre dépoli. Ce pouvoir est proportionnel à la surface lumineuse, toutes choses égales d'ailleurs. Ainsi une source formée par les flammes de quatre bougies éclaire évidemment plus qu'une seule bougie. On prouve la loi des distances en constatant à la vue que l'écran est également éclairé par les deux sources, lorsque la première est deux fois plus loin que la seconde. Car, si les deux sources étaient à la même distance de l'écran, la première l'éclairerait quatre fois plus que la seconde. Donc, en doublant la distance de la première, on produit un éclairement quatre fois moindre, ce qui ramène les deux sources à l'égalité. On mesure le *pouvoir éclairant* qu'on appelle encore *intensité relative* à l'aide des *photomètres*.

Les mêmes instruments servent à mesurer *l'éclat intrinsèque* ou *intensité absolue*. Il faut alors disposer les deux sources avec la même surface et prendre le pouvoir éclairant de l'une d'elles pour unité. L'*éclat* peut ainsi être défini le *pouvoir éclairant par unité de surface*.

Ces considérations préliminaires sont indispensables lorsqu'il s'agit de comparer la lumière électrique à celle du soleil, avec laquelle elle rivalise d'éclat. Il est bien évident qu'on ne peut dire la même chose de l'éclairement total que produit l'arc voltaïque et de celui que produit le globe solaire. Malgré son énorme distance, celui-ci éclaire toujours immensément plus que l'arc le plus gros qu'on puisse se procurer, parce que la surface

éclairante du soleil est immensément plus grande que celle de l'arc.

Dans l'étude photométrique que Masson a faite de l'étincelle, il comparait seulement les pouvoirs éclairants. Despretz a fait une recherche analogue sur l'arc voltaïque. Il mesurait simplement la distance à laquelle il devait s'éloigner de l'arc pour qu'il lui fût impossible de lire une page imprimée. S'il était obligé dans un cas de se placer à 5 mètres, par exemple, et dans un autre à 10 mètres, c'est que le pouvoir éclairant était dans le second cas quatre fois plus grand que dans le premier. C'est ainsi qu'il trouva que le pouvoir éclairant de l'arc voltaïque obtenu avec une seule série d'éléments de Bunsen croissait jusqu'à cent éléments, et restait le même quand on portait ensuite le nombre des éléments à six cents. Il compara aussi les arcs obtenus par six séries de cent éléments dont les surfaces croissaient comme les nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, et il trouva que le pouvoir éclairant était sensiblement proportionnel à la surface des éléments. Ainsi, supposons que la limite de visibilité de la page imprimée soit de 5 mètres avec une pile de cent éléments; si on prend une autre pile de cent éléments ayant une surface quadruple, la limite sera reculée à une distance de 10 mètres. Donc le pouvoir éclairant est devenu quadruple.

En rapprochant ces résultats de ceux que le même physicien a donnés relativement aux longueurs d'arc, on voit que l'arc le plus long n'est pas le plus éclairant. En général, la longueur dépend de la tension électrique, et celle-ci du nombre des éléments; le pouvoir éclairant dépend de la quantité d'électricité, et celle-ci de la surface des éléments. Mais les lois numériques de ces phénomènes ne sont pas encore bien connues.

Dans les expériences que nous venons de citer, il s'agissait des pouvoirs éclairants de divers arcs voltaïques comparés entre eux. On peut aussi les comparer à celui

d'une autre source de lumière. Ainsi M. Bunsen a trouvé qu'avec quarante-huit éléments un arc ayant 7 millimètres de longueur avait un pouvoir éclairant égal à cinq cent soixante-douze fois celui d'une bougie; ce qui veut dire qu'on eût obtenu le même éclairement avec cinq cent soixante-douze bougies.

MM. Fizeau et Foucault ont étudié l'éclat intrinsèque en le comparant à la lumière Drummond, qu'on obtient en lançant un jet d'oxygène à travers une flamme de gaz hydrogène sur un morceau de chaux, et aussi à la lumière solaire[1].

Pour cela ils isolaient deux cônes de rayons lumineux ayant le même angle et partant l'un d'un point de l'arc situé vers le pôle positif qui est le plus brillant, l'autre d'un point de la seconde source qu'il s'agissait de comparer. Les éclairements produits par ces deux points étaient donc indépendants des surfaces de l'arc et de la source. Il n'y avait plus qu'à les réduire à la même distance. Pour cela on faisait tomber ces cônes sur deux lentilles de même distance focale; ils formaient de l'autre côté deux points lumineux où était concentrée toute la lumière contenue dans chacun d'eux. Enfin, on recevait sur un photomètre les deux faisceaux partant de ces derniers points, et on cherchait à quelles distances relatives il fallait placer ces points pour produire sur un écran un égal éclairement. C'est ainsi qu'on a trouvé que l'éclat de l'arc était environ le tiers de celui du soleil; l'arc était produit avec deux séries parallèles d'éléments de Bunsen de quarante-six chaque. Cet éclat augmente peu avec le nombre des éléments quand ils ne forment qu'une seule série; il augmente beaucoup quand on augmente la surface en formant plusieurs séries parallèles.

Les expériences qui précèdent donnent une idée du

[1] *Annales de Chimie et de Physique.* 3e série. T. XI.

pouvoir éclairant de la surface lumineuse obtenue en faisant passer le courant d'une pile entre deux charbons conducteurs. Mais quels sont dans cette source les points les plus lumineux, les plus vivement rayonnants? Est-ce le charbon positif? est-ce le charbon négatif? est-ce, comme on l'admet assez ordinairement, l'arc voltaïque? Une expérience bien simple permet de résoudre la question. Quand on observe ces phénomènes, on est obligé de protéger l'œil au moyen d'un verre noir afin d'éviter les accidents graves que cette lumière éblouissante produit en agissant sur l'organe de la vue : choisissons un verre de teinte suffisamment foncée et nous pourrons éteindre complètement la lumière provenant soit du charbon négatif, soit de l'arc voltaïque, qui deviendront absolument invisibles, tandis que le charbon positif sera encore parfaitement visible et même très brillant. C'est donc à cette partie plutôt qu'à l'arc voltaïque qu'il faut rapporter l'origine de la lumière électrique. On peut facilement comprendre dès lors pourquoi l'arc voltaïque le plus long n'est pas le plus éclairant, ou bien encore comment on obtient des sources lumineuses très puissantes au moyen du courant électrique, sans qu'il y ait d'arc voltaïque, mais simplement par incandescence d'une baguette de charbon. (Voir plus loin la description de la lampe électrique système Reynier).

4. — Constitution de l'arc voltaïque.

Il résulte de tout ce qui précède que l'arc voltaïque est l'incandescence d'un jet de particules détachées des électrodes et parcourant les unes dans un sens, les autres en sens opposé, l'intervalle qui les sépare. Le milieu environnant ne paraît pas prendre une part active au phénomène; il offre simplement au jet un obstacle plus ou moins grand, ou bien il agit chimiquement sur la

matière incandescente, ce qui donne lieu à des effets secondaires. La production de l'arc exige une faible tension et une très grande quantité d'électricité. On se rend compte de la tension par le nombre des couples, c'est un fait acquis depuis Volta, et de la quantité par le poids du zinc combiné dans la pile avec les principes constituants du liquide ; ce poids croît avec la surface des éléments voltaïques. On peut comparer la pile à une batterie de Leyde de très grande surface qui serait alternativement chargée et déchargée avec une excessive rapidité. Par là on voit que la quantité d'électricité est beaucoup plus grande dans l'arc que dans l'étincelle explosive.

D'après M. Becquerel, la quantité d'électricité qu'une pile a produite, lorsque 4 milligrammes de zinc ont été dissous, est capable de charger une batterie de Leyde ayant deux hectares de superficie, de manière qu'elle donne une étincelle d'un centimètre.

L'énorme quantité d'électricité mise en jeu dans le circuit est employé à la conversion de l'énergie chimique en chaleur. De là résulte le rôle que joue la chaleur dans l'arc voltaïque. Elle désagrège les électrodes et facilite l'arrachement des particules électrisées. Cette manière d'agir du courant est analogue à ce qui se passe lorsqu'on chauffe artificiellement l'électrode positive ; on facilite alors la production de l'arc.

On peut attribuer à la même cause ce fait découvert par M. Leroux, que, si l'on interrompt le circuit voltaïque pendant un instant très petit, il n'est pas nécessaire de remettre les charbons au contact pour rétablir l'arc. L'arc s'éteint pendant l'interruption et se rallume de lui-même dès qu'elle cesse. La vive chaleur des électrodes aurait simplement pour effet de les rendre aptes à la décharge par étincelle, malgré le peu de tension de l'électricité. Remarquons que si la durée de l'interruption est inférieure à celle de la persistance optique, l'œil ne la distingue pas et que la lumière paraît continue.

Le courant agit encore d'une autre manière. Les modifications intimes que subit le conducteur de la pile, et qui le rendent aptes à tous ces phénomènes qu'on appelle les *effets du courant* existent dans le jet incandescent aussi bien que dans les autres parties du circuit. L'arc voltaïque est une portion de ce circuit jouissant de toutes les propriétés électriques des autres portions. On peut même amener graduellement une portion de circuit voltaïque à devenir l'arc, et constater que cette portion conserve toutes ses propriétés électriques pendant sa transformation graduelle. C'est ce qu'on observe dans une expérience curieuse de M. Matteucci. L'habile physicien italien étudiant l'arc produit entre deux cônes de fer, remarqua que, lorsqu'on écarte peu à peu l'une de l'autre les deux pointes d'abord mises au contact, un filet de métal liquide et incandescent apparaît d'abord, puis se rompt quand l'écartement atteint une certaine limite, et fait place à l'arc ordinaire. Ce qui se passe ici est exactement la même chose que si on introduisait dans le circuit une portion de matière ténue, telle qu'un fil très fin de métal. Nous avons expliqué dans l'introduction la vive incandescence qu'acquiert cette portion sous l'influence du courant.

On comprend maintenant pourquoi avec une pile de tension très faible on n'obtient pas l'arc voltaïque, en rapprochant simplement les deux électrodes sans les amener au contact. La tension étant insuffisante, l'étincelle ne peut jaillir dans l'intervalle, et le courant ne s'établit pas. Dans ce cas, il faut d'abord mettre les électrodes en contact, et si la quantité d'électricité que peut donner la pile est suffisante, l'arc s'établit dès qu'on éloigne un peu les deux pointes l'une de l'autre. En d'autres termes, l'établissement du courant doit précéder le phénomène lumineux.

La nécessité d'établir d'abord le courant, quand la tension de la pile est insuffisante se montre encore dans

une expérience de Daniell. Ayant mis les électrodes très près l'une de l'autre sans que l'arc se produisît, il fit passer entre elles une forte décharge de batterie de Leyde, immédiatement l'arc voltaïque s'établit et persista. Dans cette expérience, la batterie ayant eu pour effet de produire une tension électrique capable de projeter les particules des électrodes, et de fermer le circuit à l'aide de ces particules, le courant avait pu s'établir et précéder la formation de l'arc.

En résumé, on trouve dans l'arc, à un faible degré, les effets de la tension électrique qui existe sur les électrodes, effets qui le rapprochent de l'étincelle ordinaire; et à un très haut degré les effets de la distribution d'énergie, engendrée dans la pile, qu'on appelle le *courant*. L'étincelle dépend surtout de l'état des conducteurs de décharge et de celui du milieu environnant; l'arc dépend surtout de l'état du générateur d'électricité, et de celui des diverses parties du circuit.

Par conséquent s'il est vrai que le mouvement des particules de l'arc doive obéir aux lois qui régissent celui des particules de l'étincelle, il doit aussi obéir à celles qui dépendent du courant voltaïque. Il peut d'ailleurs se faire que ces deux sortes de mouvement suivent les mêmes lois, et que l'étincelle ne soit autre chose qu'un courant de courte durée. C'est ce que pourrait nous apprendre la comparaison des propriétés de ces deux formes de la lumière électrique. Mais, au point où nous sommes dans notre étude, toute conclusion définitive serait prématurée.

5. — Étincelle de rupture.

L'étincelle de rupture est celle qui apparaît lorsqu'on sépare les deux conducteurs d'une pile voltaïque. Elle a été beaucoup moins étudiée que les précédentes, bien que certaines particularités la rendent intéressante[1].

Lorsque le circuit est formé par un fil court, l'étincelle de rupture est en quelque sorte un élément d'arc voltaïque. Car cet arc s'obtient par une séparation lente des électrodes, qu'on arrête pour maintenir la continuité du circuit. Si cette séparation est opérée rapidement, l'arc jaillit pendant un instant très court et cesse dès que la distance est trop grande pour que les effets de tension continuent à se produire. L'étincelle de rupture est donc d'autant plus longue que la tension électrique est plus considérable. Il n'y a pas lieu d'en faire une étude spéciale, puisque sa constitution est la même que celle de l'arc.

Mais lorsque le circuit est très long et surtout lorsqu'il offre un grand nombre de circonvolutions, des faits nouveaux se présentent.

Henry observa le premier que l'étincelle était grosse et bruyante dans ces circonstances. Faraday rattacha ensuite ce phénomène au principe de l'induction qu'il avait découvert, et il lui donna le nom d'*extra-courant*. La cause en est dans l'action mutuelle des diverses portions du conducteur; car si on met dans le circuit une spirale de fil conducteur, l'étincelle de rupture grossit par le rapprochement des spires les unes contre les autres; elle grossit encore, lorsque le conducteur est enroulé autour d'un faisceau de fer, ce qui démontre l'action inductive

[1] *Annales de Chimie et de Physique*. 4e série. T. XVII. *Recherches sur les courants interrompus*, par M. Cazin.

de ce dernier. Nous supposerons dans ce qui suit que le circuit est formé par la pile et par un gros fil de cuivre recouvert de soie, enroulé sur une bobine de bois creuse, dans laquelle est placé un faisceau de fils de fer; ce qui constitue un électro-aimant. L'étincelle de rupture devient ainsi l'*étincelle d'extra-courant*.

Voici les principaux aspects qu'elle offre, lorsqu'on emploie une pile d'une vingtaine d'éléments Bunsen, et un électro-aimant d'une vingtaine de kilogrammes. Les effets sont d'ailleurs les mêmes quels que soient les appareils, ils ne diffèrent que par leur grandeur.

Supposons qu'on effectue la séparation brusque d'électrodes de cuivre, en les plaçant en croix, et faisant glisser l'une d'elles le long de l'autre, jusqu'à son extrémité; à l'instant où la séparation commence, on aperçoit entre les bouts des deux conducteurs une langue de feu verte, bordée de rose, qui atteint une longueur de plus d'un centimètre. Cette apparition lumineuse est accompagnée d'un bruit assez prolongé, analogue à celui d'un coup de fouet. L'effet est d'autant plus intense que le frottement des électrodes est plus énergique.

On reconnaît ici l'arrachement des particules du cuivre dont la vapeur incandescente donne une belle lumière verte, et dont la combustion dans l'air donne une flamme rose. Ce qui est dû à l'induction, c'est la longueur de l'étincelle et sa durée, dont la grandeur est en rapport avec le caractère du bruit qu'on entend; car en ôtant le fer de la bobine, on voit l'étincelle diminuer de longueur et le bruit devenir plus sec.

Avec d'autres métaux, on a des langues de feu diversement colorées suivant leur nature et toutes ces couleurs sont celles des arcs voltaïques qu'on produit avec les mêmes métaux.

Lorsque la séparation s'opère à l'aide d'une pointe de métal immergée dans le mercure, qu'on retire brusquement, l'étincelle est blanche, à cause de la présence du

mercure en vapeur, et elle a la forme d'un cône ayant son sommet à la pointe de métal.

Le bruit ne change pas de caractère, quand on renverse le sens du courant.

Le mercure ne tarde pas à se couvrir d'une couche pulvérulente, qui est le résultat de la condensation d'une abondante vapeur métallique.

En mettant de l'alcool sur le mercure, on voit l'étincelle diminuer de longueur, et le bruit est moins prolongé que dans l'air. En mettant de l'eau, le bruit devient encore plus sec. Le métal pulvérulent se dissémine dans le liquide et en trouble rapidement la transparence.

On rend le bruit tout à fait sec et crépitant, en faisant communiquer la pointe et le mercure respectivement avec les armatures d'une batterie de Leyde; l'étincelle prend alors l'aspect de la décharge de la batterie. On est ainsi conduit à penser que l'induction a pour effet de charger cette batterie, et qu'elle se décharge ensuite entre les deux électrodes; dès lors on se demande où était l'électricité développée, lorsque la batterie n'existait pas. Évidemment elle était sur les électrodes, s'étendant sur les deux moitiés du circuit, avec une tension décroissante, à partir du point de séparation.

Il est facile de prouver l'exactitude de cette assertion en isolant parfaitement le circuit, et faisant communiquer ses divers points avec le bouton d'un *électroscope*. Les feuilles d'or de l'instrument s'écartent vivement l'une de l'autre, au moment où la pointe sort du mercure, ce qui prouve qu'elles sont électrisées pendant un instant; de plus le signe de l'électricité est celui du pôle de la pile qui est du même côté que l'électroscope par rapport au point d'interruption; enfin l'écartement des feuilles d'or est d'autant moindre que le point du circuit qui communique avec l'électroscope est plus éloigné de l'interrupteur.

Ainsi se trouve expliquée la modification que l'in-

duction apporte à l'étincelle de rupture. L'action mutuelle des diverses portions du circuit et aussi celle qui a lieu entre ces portions et le fer qu'elles environnent, développent dans tout le circuit les deux électricités sous la forme statique; et la tension de ces électricités est assez forte à l'extrémité des électrodes pour allonger considérablement l'étincelle et accroître sa durée ainsi que son auréole.

Quant à l'explication de ces actions mutuelles, nous n'avons pas à nous en occuper ici; elle ne nous serait d'aucune utilité pour la connaissance de l'étincelle qui est le but de cet ouvrage.

Une expérience de Masson et Bréguet, celle où ils ont obtenu pour la première fois l'étincelle explosive à l'aide d'une pile de faible tension, confirme le raisonnement que nous venons de faire. Voici en quoi elle consiste :

Lorsqu'on établit un conducteur entre la pointe de platine et le mercure, on voit l'étincelle de rupture, celle qui jaillit au moment où la pointe sort du mercure, diminuer de grosseur et d'éclat, et la diminution est d'autant plus grande que le conducteur interposé, ou comme on dit, *dérivé*, est plus gros et plus court. En effet une partie de l'électricité statique développée au point d'interruption se décharge par ce conducteur, et cette partie est d'autant plus grande que la résistance du conducteur dérivé est plus petite; le reste se décharge par l'étincelle de rupture qu'elle renforce.

Coupons le conducteur dérivé et laissons un certain intervalle entre les deux extrémités devenues libres : Si la tension de l'électricité produite par l'induction est suffisante, une étincelle jaillira entre ces extrémités, et comme elle est le résultat de la décharge partielle à travers le conducteur dérivé, l'étincelle de rupture sera d'autant moins grosse que celle de dérivation sera plus intense. On peut dire que la quantité de lumière perdue par la première se retrouve dans la seconde. Toutes les circon-

stances qui diminuent l'une augmentent l'autre. C'est justement de cette manière que Masson et Bréguet ont fait leur expérience (fig. 7).

Les seules mesures qui aient été prises sur l'étincelle d'extra-courant sont celles que l'on trouve dans le mémoire cité plus haut. Elles sont relatives à la durée de cette étincelle.

L'étincelle éclatait dans l'obscurité devant un disque circulaire portant des perles équidistantes sur sa circonférence, et tournant avec une vitesse connue. On réglait cette vitesse, de sorte que les arcs brillants produits par les images des étincelles fréquemment réitérées eussent des longueurs égales aux intervalles obscurs. On calculait ensuite la durée de l'étincelle d'après la vitesse du disque et le nombre des perles, comme dans le procédé de M. Félici. Pour connaître la vitesse du disque, on appuyait une carte sur le bord d'une des roues de l'engrenage qui mettait le disque en mouvement, et on prenait l'unisson du son qu'on entendait, à l'aide d'un instrument de musique. Connaissant ce son, on trouvait dans les tables d'acoustique le nombre de ses vibrations par seconde; ce nombre divisé par le nombre des dents de la roue donnait le nombre de tours de cette roue pendant une seconde, et l'on passait au nombre des tours du disque, quand on avait compté les dents des diverses roues de l'engrenage.

C'est ainsi qu'on a trouvé que la durée de l'étincelle de rupture est proportionnelle à l'intensité du courant, qu'elle diminue quand on ôte le fer que nous avons supposé avoir été mis dans la bobine, qu'elle est deux fois moindre dans l'alcool que dans l'air, qu'elle diminue considérablement quand on fait communiquer les deux électrodes avec les armatures d'une batterie suffisamment grande.

Les arcs lumineux du disque tournant ont paru formés par une suite de points brillants, ce qui prouve la ressemblance de cette étincelle avec celle d'une batterie

de Leyde réunie à la bobine de Ruhmkorff. Cette observation confirme la théorie précédente.

La durée de l'étincelle, quand il y a addition d'une batterie à l'interruption, est du même ordre de grandeur que celle des étincelles ordinaires des batteries; elle ne dépasse guère quelques cent-millièmes de seconde. Mais quand on supprime la batterie, cette durée devient beaucoup plus grande; dans les expériences citées, elle atteignait quelques millièmes de seconde. A cette différence de durée correspond la différence des bruits qui accompagnent les étincelles; nous avons vu que le bruit était sec avec la batterie, et notablement prolongé quand on la supprimait. La durée du bruit peut ainsi servir à apprécier la durée de l'émission lumineuse.

Nous conclurons de cette étude que l'étincelle de rupture, modifiée par l'extra-courant, est une forme intermédiaire entre l'étincelle explosive des machines statiques et l'arc voltaïque. Elle participe de l'une et de l'autre; sa constitution est par cela même formellement indiquée.

La présence de l'arc voltaïque dans le circuit d'une pile nous donne un nouvel exemple de la conservation de l'énergie. Nous avons dans la pile une certaine quantité d'énergie chimique dépensée et dans tout le circuit une certaine quantité d'énergie calorifique produite. Y a-t-il égalité entre ces deux quantités, quand il y a apparition de l'arc, comme elle avait lieu avec un simple fil métallique incandescent? La réponse serait affirmative, si, dans le phénomène de l'arc, il n'y avait d'autre mouvement que celui qui se manifeste comme chaleur. Mais il n'en est pas ainsi; les électrodes projettent des parcelles de leur substance; ces parcelles acquièrent donc une certaine quantité d'énergie mécanique, qu'il faut prendre en considération. L'énergie dépensée dans la pile doit être égale à l'énergie calorifique du circuit aug-

mentée de l'énergie mécanique des particules projetées. M. Edlund, de Stockholm, a prouvé que les choses se passaient en effet de cette manière. Il faut tenir compte de cette transformation d'énergie dans tous les phénomènes où il y a étincelle électrique. Ainsi s'enchaînent admirablement toutes les modifications que subit la matière dans un système de corps électrisés, et cet enchaînement est entièrement conforme à la méthode expérimentale, parce qu'il ne repose sur aucune hypothèse.

CHAPITRE V

PROPRIÉTÉS DE L'ÉTINCELLE

Nous nous représentons l'étincelle électrique comme un conducteur gazeux dont les particules sont mises en mouvement par les forces électriques, et sont électrisées au moment où ces mouvements commencent. Elles peuvent donc agir sur les corps voisins et y produire certaines modifications, soit des déplacements visibles, soit des déplacements moléculaires dont nous ne voyons que le résultat final, à savoir : fusion, volatilisation, phosphorescence, combinaison ou décomposition chimique. La réaction des corps voisins sur la matière de l'étincelle peut déterminer aussi des changements dans son aspect. De là résultent de nombreux phénomènes que nous nous proposons d'étudier dans ce chapitre. Leur explication consiste à montrer qu'ils sont les conséquences rationnelles des principes fondamentaux précédemment établis. Il ne sera pas toujours possible de donner des explications complètes, soit parce qu'il faudrait recourir à des raisonnements mathématiques, soit parce que les faits eux-mêmes étant imparfaitement connus, on pourrait craindre une interprétation erronée. Dans ce cas la simple description du phénomène devra exciter le lecteur à essayer

ses propres forces, et à chercher à son tour l'explication omise.

1. — Actions des corps voisins.

Lorsque les conducteurs entre lesquels jaillit l'étincelle possèdent une certaine tension électrique dans tous les sens, comme cela a lieu avec la machine électrique ordinaire et la bobine de Ruhmkorff, les corps voisins se trouvent électrisés par influence; ils acquièrent une tension qui s'accroît rapidement quand on les approche de l'étincelle, et ils attirent la matière gazeuse incandescente. Ayant fait communiquer avec l'un des pôles de la bobine (celui dont la tension est la plus grande, quand on se sert de la petite bobine) la tige supérieure de l'œuf électrique raréfié, et avec le sol la tige inférieure, ce qui déterminait l'étincelle sous forme d'aigrette, M. Du Moncel vit la lueur quitter la boule inférieure et se diriger vers sa main, lorsqu'il touchait le verre de l'appareil. Dans ce cas, la tension de la main et de la portion de la paroi contiguë était plus grande que celle de la boule inférieure, celle-ci étant plus éloignée de la boule électrisée par la bobine.

On observe des effets analogues avec la lumière électrique dans un tube raréfié; lorsqu'on touche le tube, la lueur se concentre au point de contact. M. Riess a aussi constaté que l'approche d'un corps conducteur exerce une influence sur la lumière produite dans les tubes de Geissler à l'aide de la bobine d'induction. Quand on touche le tube avec une feuille d'étain tenue à la main, on entend un bruissement analogue à celui de l'eau qui est sur le point de bouillir, et on voit une foule de petites étincelles entre le verre et la feuille d'étain. Évidemment le verre est électrisé par les particules de l'étincelle, ce qui prouve

que les particules ont de l'électricité *libre* ou statique, dont le signe est celui de la surface extérieure du tube M. Riess a reconnu que le côté de l'électrode positive est électrisé positivement, et l'autre négativement.

Les corps mauvais conducteurs dévient l'étincelle d'une autre manière. Une lame de verre étant placée parallèlement à la ligne des conducteurs, on voit l'étincelle se briser en venant lécher une portion de sa surface (fig. 54-1). Lorsque la lame est placée perpendiculairement à la ligne des conducteurs, et qu'elle n'est pas trop large, l'étincelle la contourne (fig. 54-2). Ici la tension électrique se développe d'abord aux points A, B de la lame que viennent atteindre les deux branches de l'étincelle; puis elle se communique de proche en proche d'un point à l'autre, sans que les actions s'étendent au delà d'une petite portion du verre. Cette petite portion est la route ACB de l'étincelle le long de la lame; elle est la ligne de moindre résistance.

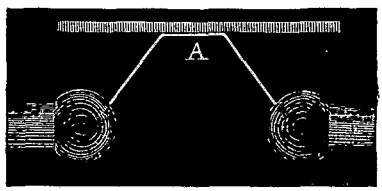


Fig. 54-1.

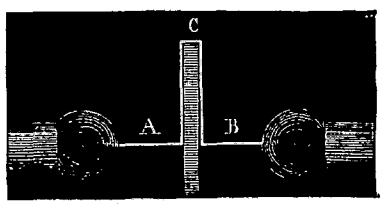


Fig. 54-2.
Déviation de l'étincelle par un corps mauvais conducteur.

De la tension qu'acquiert le verre sur le trajet de l'étincelle et de son contact avec les particules incandescentes résulte une altération superficielle que l'on peut constater après l'expérience. Si l'étincelle est très forte,

la trace de l'étincelle est visible; le verre semble dépoli. Si elle est faible, on projette l'haleine sur cette trace et la partie altérée se reconnaît par l'inégal dépôt d'humidité sur le verre. L'altération est un dépolissage de la surface, qui s'étend à une petite distance de la ligne suivie par l'étincelle. Ces traces s'appellent *figures roriques*. Elles ont été étudiées particulièrement par M. Peyré, par M. Wartmann sur le mica, où elles sont très régulières; M. Riess en a obtenu sur cette même substance, en la présentant à l'aigrette qui s'échappait d'une pointe électrisée.

Nous avons dit que le corps isolant acquérait la tension électrique en deux de ses points, ceux qu'atteignent les deux branches de l'étincelle déviée. On peut dire avec autant de justesse qu'il y a deux étincelles, jaillissant simultanément entre chacun des conducteurs et la lame de verre, et que la ligne lumineuse qui les joint le long de la surface de la lame est l'effet d'une décharge superficielle opérée entre les particules du verre et celles de la matière des conducteurs.

L'expérience du perce-carte prouve que tel est bien le rôle de la lame isolante (fig. 55). La carte est placée entre deux pointes de métal isolées. On fait communiquer l'une d'elles avec l'armature extérieure d'une bouteille de Leyde, et on approche de l'autre le bouton de cette bouteille. L'étincelle jaillit et la carte présente un trou du côté de la pointe négative. Les bords du trou sont relevés sur les deux faces de la carte; ce qui montre que la tension électrique existait sur ces deux faces, et que l'effet de cette tension est la projection des particules superficielles. On retrouve en même temps le fait déjà connu de l'inégalité de tension des deux électricités. La pointe négative ayant moins de tension que l'autre, son action sur l'air, véhicule de l'étincelle, s'étend dans un temps donné, moins loin que celle de la pointe positive. Aussi l'étincelle partie de la première est-elle plus courte que l'autre. C'est la résistance de l'air qui est cause de cette

différence. Aussi, quand on la diminue en faisant l'expérience dans l'air raréfié, on voit le trou se rapprocher du milieu de l'intervalle des pointes.

Au lieu de l'altération superficielle que nous avions dans les figures roriques, c'est ici une altération dans l'épaisseur dont le résultat est le trou percé dans la carte.

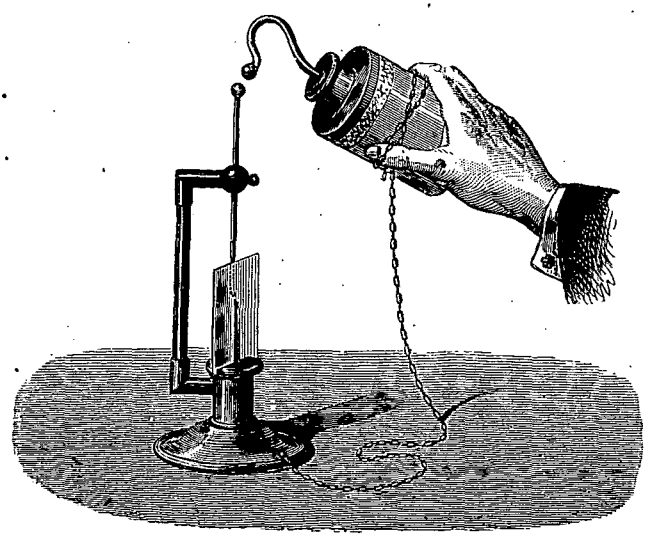


Fig. 55. — Perce-carte.

On voit qu'il est inexact de dire que l'étincelle perce la carte; ce langage peut rappeler le phénomène, mais il est loin de le représenter fidèlement.

L'expérience peut être répétée en grand, sans qu'elle présente aucun fait nouveau. On acquiert seulement une notion sur l'intensité des *effets mécaniques* de l'électricité. Ainsi avec la grande machine du musée Teyler on perce un livre de 192 feuillets. Avec la grande bobine de Ruhmkorff on perce des plaques de verre de plusieurs centi-

mètres d'épaisseur, et le trou sinueux indique que l'altération intérieure qui accompagne les deux étincelles a eu lieu suivant la ligne de moindre résistance. Si le verre était homogène, cette ligne serait droite ; mais cette condition n'est jamais remplie. Van Marum a fait passer la décharge d'une batterie de 15 mètres carrés à travers un cylindre de bois de 8 centimètres de hauteur et de diamètre, à l'aide de deux pointes métalliques distantes de 27 millimètres. Le bois fut brisé, et on évalue la force mécanique mise en jeu à celle de 3000 kilogrammes.

Il faut attribuer à la brusquerie de la décharge et au défaut de conductibilité les effets de rupture que produit l'électricité. Lorsque les deux conducteurs de décharge sont posés sur une lame de verre, une faible étincelle y trace simplement une ligne *rorique*. Si l'étincelle est assez forte, l'altération est plus profonde, et les particules se séparent brusquement dans toute l'épaisseur de la lame, le long de la ligne rorique; il y a une rupture complète.

C'est le même fait qu'on retrouve sous une autre forme dans la décharge à travers l'eau (fig. 56). Lorsque les fils conducteurs sont bien isolés à la surface par une couche de gutta-percha, et ne sont à nu qu'à leurs extrémités, on peut les plonger dans l'eau, et faire jaillir l'étincelle avec une forte batterie. L'eau est projetée, et le vase qui la contient est souvent brisé.

Il n'y a d'ailleurs pas de différence essentielle entre la décharge dans l'air et les précédentes. On peut dire que l'électricité perce l'air, l'eau, le verre, les substances isolantes, qui séparent deux conducteurs doués d'une tension suffisamment grande. Cela nous démontre indirectement que l'étincelle est formée par la matière des corps mauvais conducteurs qu'elle traverse, aussi bien que par celle des électrodes.

L'analogie entre le rôle de l'air et celui des autres substances isolantes existe encore, quand on considère les ef-

fets de rupture ou plus généralement de *commotion* qui accompagnent l'étincelle. On a des exemples de la com-

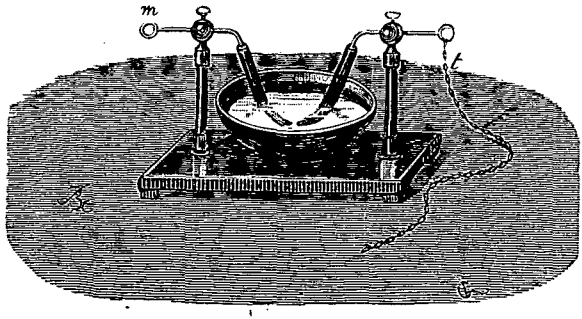


Fig. 56. — Étincelle dans un liquide.

motion dans l'air avec le *thermomètre de Kinnersley* et le *mortier électrique*.

Dans le premier de ces instruments (fig. 57), les boules de décharge sont dans un cylindre de verre, au bas duquel est ajusté un tube de verre vertical. On met de l'eau dans le cylindre; elle monte dans le tube à un certain point. Lorsque l'étincelle jaillit entre les deux boules, on voit le niveau de l'eau s'élever pendant un instant dans le tube latéral, puis retomber.

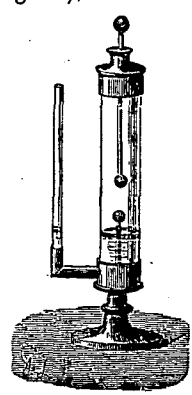


Fig. 57. — Thermomètre de Kinnersley.

Le mortier (fig. 58) est en ivoire; les conducteurs de décharge sont des fils métalliques qui traversent ses parois; on le ferme avec une bille. On a ainsi une petite quantité d'air emprisonnée dans la cavité. Lorsque l'étincelle jaillit, la commotion de l'air projette la bille au dehors.

La commotion se produit aussi dans les corps bons

conducteurs de l'électricité, quand ils détournent l'étincelle. C'est ce qui explique les empreintes qu'on obtient avec la décharge. Posez sur une feuille de papier une médaille recouverte de plombagine de façon que la poudre soit dans les creux seulement ; puis disposez les conducteurs de la décharge assez près du bord de la médaille ; au lieu d'une seule étincelle jaillissant entre les conduc-

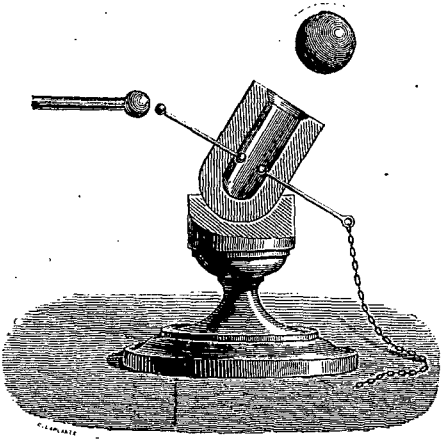


Fig. 58. — Mortier électrique.

teurs vous aurez deux étincelles jaillissant entre la médaille et chacun des conducteurs. Après cela, enlevez la médaille et vous verrez une empreinte sur le papier.

M. Karsten a observé une autre espèce d'empreintes, à la production desquelles concourent sans doute la commotion du conducteur et celle de l'air. Une médaille bien nettoyée est posée sur une lame de verre, et celle-ci est étendue sur une lame métallique isolée. On dispose cet assemblage entre les conducteurs de la décharge de façon que l'étincelle contourne la lame de verre. En ôtant ensuite la médaille, et projetant l'haleine sur le verre, on

distingue l'empreinte. Ici le rôle de l'air consiste à modifier la couche imperceptible de substance organique qui se trouve habituellement sur le verre; cette substance se rassemble par suite de la commotion de l'air aux points de contact du verre et de la médaille, c'est-à-dire à ceux qui correspondent au relief de la médaille : on peut dire que la commotion nettoie le verre au-dessous des creux. Lorsque l'humidité de l'haleine rencontre la surface ainsi modifiée, elle se dépose en petites gouttelettes sur les parties grasses, et s'étale en couche continue sur les autres parties. De là résulte une différence d'aspect qui fait apparaître l'image de la médaille.

On peut varier les expériences précédentes d'une infinité de manières, et leur explication repose sur les mêmes principes. On se sert en général de la bobine de Ruhmkorff, à cause de la rapidité avec laquelle les étincelles se succèdent, et de la quantité d'électricité qu'elles mettent en jeu. Nous en citerons quelques-unes des plus brillantes.

M. Gassiot a interposé une lame de verre entre les deux électrodes dans l'air raréfié. Dans ce cas l'aigrette contourne le verre et il semble qu'une nappe de feu ruisselle sur le bord de la lame. Il a rendu le phénomène plus frappant en mettant sous le récipient de la machine pneumatique un vase de verre, tapissé intérieurement d'étain (fig. 59). Une tige métallique traverse la tubulure supérieure de la cloche et descend jusqu'au fond du vase. On fait communiquer cette tige avec l'un des pôles de la bobine et la plaque de métal qui porte la cloche avec l'autre pôle. Quand l'air est suffisamment raréfié, l'étincelle jaillit de la feuille d'étain à la plaque extérieure, et il semble que le verre soit incessamment rempli d'un feu liquide qui déborde de tous côtés.

M. du Moncel ayant appliqué des feuilles d'étain AB, HG (fig. 60) sur deux lames de verre CD, EF, plaça ces lames parallèlement, l'étain en dehors, de façon que leur

distance fût de 2 millimètres environ. Puis il fit communiquer les feuilles d'étain respectivement avec chacun des pôles de la bobine. Il vit une pluie de feu, de couleur bleue, briller entre les deux lames de verre ; des grains de poussière métallique, que l'on introduisit entre ces lames, oscillèrent en imitant les balles de sureau de la grêle électrique. Lorsque l'une des feuilles d'étain AB

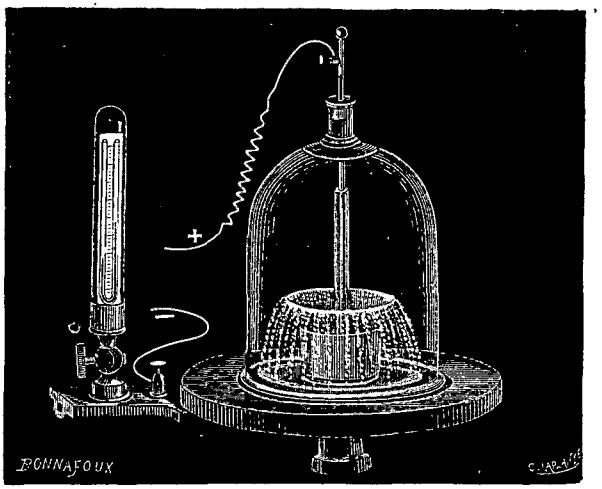


Fig. 59. — Nappe de feu dans l'air raréfié.

est plus petite que l'autre, elle s'entoure d'une auréole bleue magnifique ; en la découpant on obtient un dessin noir sur un fond lumineux, qui est d'un très bel effet.

M. Grove pressa une feuille de papier imprimé entre les deux lames de l'appareil précédent ; après la décharge, il fit apparaître les lettres sur la surface du verre qui touchait le côté imprimé, en y projetant l'haleine. C'est une variante de l'expérience de Karsten.

Le voisinage de la flamme d'une bougie ou d'une

lampe à alcool modifie l'étincelle, parce que la décharge électrique suit toujours le chemin de moindre résistance,

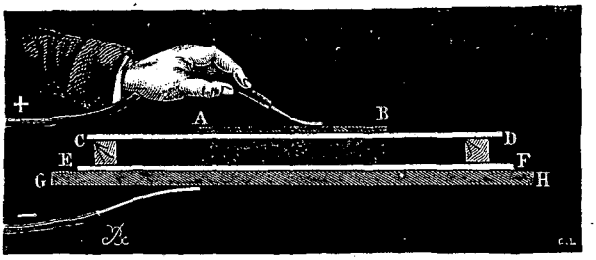


Fig. 60. — Pluie de feu dans l'air raréfié.

et que l'échauffement comme la raréfaction diminue la résistance des gaz.

Quand les électrodes sont au milieu de la flamme

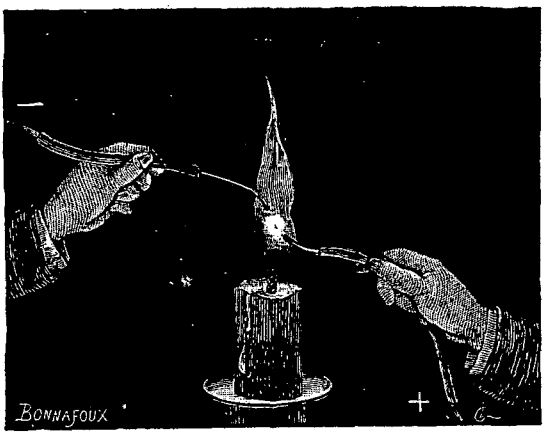


Fig. 61. — Étincelle dans une flamme.

(fig. 61), l'étincelle forme une boule de lumière blanche. Quand on les place sur le bord de la flamme, l'étin-

celle se recourbe pour passer par cette flamme, bien que son trajet se trouve par là allongé.

On doit à M. Adolphe Perrot de curieuses observations sur le déplacement de l'étincelle d'induction par l'approche d'un corps bon ou mauvais conducteur[1].

L'étincelle étudiée était celle de la petite bobine de Ruhmkorff. Nous avons vu qu'on y distinguait deux parties inégalement lumineuses, le trait de feu et l'auréole, et que la production du trait de feu exigeait plus de tension que l'auréole. On conçoit que le voisinage d'un corps détermine des actions différentes sur ces deux parties de l'étincelle, à cause de leur inégale condition, et que ces actions les séparent complètement dans certaines circonstances.

Voici quelques exemples de cette séparation :

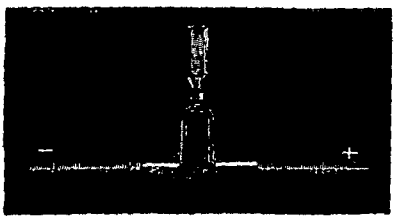
En approchant de l'étincelle une tige de verre, on voit le trait de feu se porter à sa rencontre, et lécher sa surface, tandis que l'auréole ne paraît pas se déplacer (fig. 62—1). Nous retrouvons un fait cité plus haut, que nous avons expliqué par la tension du conducteur gazeux, et par celle que l'influence développe sur le corps voisin. La nouvelle expérience nous apprend seulement que la dissemblance de tension est très grande entre les deux parties de l'étincelle, de façon que l'effet de l'une est négligeable devant l'autre.

Lorsque l'étincelle jaillit entre 2 fils de métal parallèles, le trait de feu apparaît aux points où la tension est la plus grande, par conséquent il n'est pas habituellement au milieu de l'auréole. En introduisant une tige de verre entre les deux électrodes, on voit comme précédemment le trait de feu s'y porter, et, en déplaçant la tige, on entraîne ce trait à sa suite, sans que l'auréole se déplace. Cette expérience est au fond la même que la précédente (fig. 62—2). Le trait de feu est transporté dans la figure à droite, près de la baguette de verre.

1

2

3



4

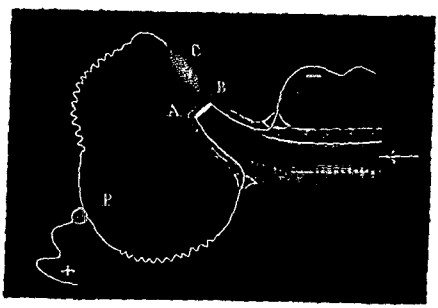


Fig. 62. — Séparation de l'auréole et du trait de feu.

Introduisez dans l'étincelle les deux extrémités d'un fil de métal tenu par un support isolant, vous verrez le trait de feu se porter sur les extrémités du fil, et disparaître dans leur intervalle. Ceci est l'effet de l'interposition de tout corps conducteur entre les électrodes. On a deux étincelles simultanées au lieu d'une seule, et la décharge se fait à travers le corps. Mais ce qui caractérise la nouvelle expérience, c'est que l'auréole ne se comporte pas de la même manière. Elle continue à remplir l'intervalle des électrodes, pourvu toutefois que cet intervalle soit suffisamment petit (fig. 62—3).

On peut conclure de cette expérience qu'il existe entre le trait et l'auréole une dissemblance de tension relativement à la direction. La tension des particules du trait semble les diriger toutes dans le même sens, ce qui fait qu'elles se portent ensemble sur le corps extérieur ; celle des particules de l'auréole semble au contraire les diriger dans des sens différents, ce qui les empêche de céder, au moins en partie, à l'influence du corps extérieur.

Si ce raisonnement est exact, on peut forcer les particules de l'auréole à se diriger sur un même point d'un conducteur, et alors elles se comporteront comme celles du trait. C'est justement ce que M. Perrot a obtenu dans une autre expérience (fig. 62—4).

Nous connaissons le phénomène de l'insufflation de l'étincelle. Il sépare nettement le trait de l'auréole. Nous allons le voir rassembler dans la même direction les particules incandescentes.

Un tube de verre plat est effilé à son extrémité et recourbé. On a soudé dans le verre deux fils de platine A et B, dont les extrémités intérieures aboutissent à une petite distance de la pointe recourbée, et laissent entre eux un petit intervalle. On fait communiquer l'un des fils B avec le pôle négatif de la bobine, et l'autre fil A avec le pôle positif P. Puis on ajoute à ce dernier pôle un fil conducteur dont l'extrémité libre C est placée vis-à-vis de la

pointe du tube de verre. Lorsqu'on lance un jet d'air continu dans le tube, à l'aide d'une soufflerie, on voit l'auréole quitter le trait ; celui-ci jaillit entre les deux bouts des fils de platine A et B, tandis que l'auréole rejoint l'extrémité du conducteur auxiliaire C. On s'assure aisément que le courant de la décharge suit les deux voies PA, PC, comme s'il y avait deux sortes d'électricité distinctes, celle qui suit le trait de feu et celle qui suit l'auréole.

L'explication mécanique, que nous venons de donner, des phénomènes découverts par M. Perrot est conforme aux notions que nous avons acquises sur la constitution de l'étincelle. Dans le trait il y a un mouvement de particules orienté dans une direction déterminée, comme si elles oscillaient parallèlement le long de la ligne de moindre résistance qui réunit les deux électrodes. Dans l'auréole, comme dans l'aigrette, le mouvement des particules n'est plus orienté de la même manière ; elles semblent se distribuer par files indépendantes qui s'étendent dans des directions diverses à partir des électrodes.

En restant dans des termes généraux, nous pouvons espérer qu'une telle explication contribue au progrès de nos connaissances sur l'électricité. On ne peut la préciser davantage qu'en faisant quelque hypothèse sur la nature des mouvements dont il est question.

L'arc voltaïque ne paraît pas influencé par l'approche d'un corps ordinaire. C'est pour cela qu'on dit que l'électricité voltaïque a très peu de tension. Ayant adapté aux extrémités du fil d'un galvanomètre des fils de platine insérés dans des tubes de verre, M. Matteucci plongea ces fils dans l'arc, et vit le galvanomètre indiquer un courant. Cette expérience est analogue à celle de M. Perrot (fig. 62—3). C'est ce qu'on appelle la dérivation du courant. Mais M. Matteucci remarqua que la partie centrale et très éclatante de l'arc ne disparaissait pas entre les deux fils de platine : ce qui s'explique par la puissance directrice

que possède l'électricité développée dans un circuit voltaïque.

Il y a une gradation marquée dans les propriétés de l'étincelle que nous venons de passer en revue. Avec les machines à frottement, l'action sur les corps extérieurs est considérable ; la tension électrique s'exerce dans toutes les directions, avec une égale intensité, en chaque point du conducteur. Avec la bobine d'induction, l'action extérieure est moindre ; la plus grande tension s'exerce dans la direction du fil conducteur. Avec la pile voltaïque l'action extérieure est insensible ; toute la tension s'exerce dans la direction des électrodes. Cette gradation prouve que la constitution de toutes les étincelles est la même, que les particules matérielles qui y produisent la lumière obéissent aux mêmes forces, et que les différences observées sont dues à l'inégale distribution du mouvement dans les particules. Le passage de l'état statique à l'état dynamique est une orientation graduelle de ces mouvements.

2. — Action d'un aimant.

Rappelons deux propriétés fondamentales des aimants. D'abord ils agissent sur tous les corps, attirant les uns qu'on appelle *paramagnétiques* et repoussant les autres qu'on appelle *diamagnétiques*. Le fer est le type des corps de la première classe ; le bismuth celui des autres. Ensuite les aimants exercent sur les conducteurs, qui sont le siège d'un courant électrique des actions découvertes par Ampère, qu'on appelle *électro-magnétiques*.

Nous pouvons nous attendre à retrouver ces deux sortes d'actions dans les changements que l'approche d'un aimant détermine dans l'étincelle. Les particules incandescentes étant ou paramagnétiques ou diamagnétiques subiront l'attraction ou la répulsion de l'aimant ; en outre, la

chaîne conductrice qu'elles forment, étant le lieu d'un courant électrique soit temporaire, soit continu, se comportera comme une portion de courant, et subira l'action attractive, répulsive ou rotative de l'aimant. Tels sont en effet les caractères de tous les phénomènes que nous allons étudier dans ce paragraphe.

Après la découverte d'Œrstedt, Arago avait soupçonné l'action des aimants sur l'arc voltaïque : c'est Davy qui le premier la constata. L'arc voltaïque était produit dans l'air raréfié, et il atteignait une longueur de 10 centimètres. Quand on approchait de l'œuf électrique un puissant aimant, l'arc était attiré ou repoussé avec un mouvement rotatoire, suivant la position du pôle de l'aimant et le sens du courant.

M. de la Rive plaça sur l'un des pôles d'un puissant électro-aimant une plaque de platine, et au-dessus de cette plaque une pointe de même métal, et il fit jaillir entre elles l'arc voltaïque. Quand on aimante l'électro-aimant ainsi disposé on entend un sifflement, et il faut rapprocher la pointe de la plaque pour que l'arc continue, la plaque étant positive. Si la plaque est négative, l'arc est projeté vers les bords de la plaque et se rompt avec un bruit sec analogue à celui d'une décharge de bouteille de Leyde.

Avec une plaque et une pointe d'argent, les particularités de l'expérience sont très remarquables. Voici comment M. de la Rive les décrit[1]. « Quand la plaque est positive, la portion de la surface qui se trouve au-dessous « de la pointe présente une tache en forme d'hélice qui « semble indiquer que le métal fondu dans cette portion « a éprouvé un mouvement gyratoire autour d'un centre, « en même temps qu'il est soulevé en forme de cône. La « courbe en hélice est, en outre, dans toute sa longueur, « bordée de petites ramifications.....

[1] *Traité d'Électricité*, tome II, page 239.

« ..... Quand la plaque est négative et la pointe posi-
« tive, les traces sont bien différentes ; c'est un cercle
« d'un très petit diamètre d'où part une ligne plus ou
« moins courbe, qui forme comme une espèce de queue à
« la comète dont le petit cercle serait le noyau ; la direc-
« tion de la queue dépend du sens dans lequel l'arc a été
« projeté. »

M. de la Rive a aussi observé l'arc entre deux électrodes

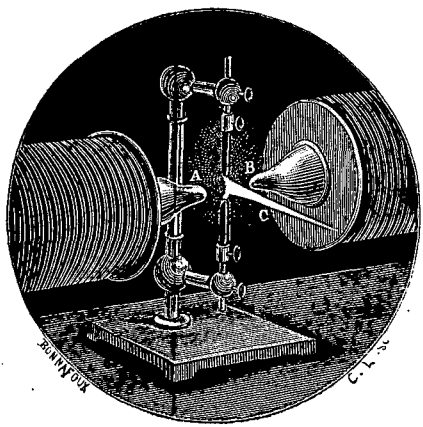


Fig. 63. — Action de l'aimant sur l'arc voltaïque.

de fer placées chacune dans une bobine, de manière à former deux électro-aimants. L'arc ne peut s'établir, quand le fer est aimanté, que si les électrodes sont très rapprochées l'une de l'autre. Les étincelles jaillissent bruyamment dans toutes les directions ; il semble que les particules se détachent avec peine des électrodes.

La meilleure disposition pour étudier les phénomènes de ce genre est celle qu'a employée M. Quet (fig. 63). Ce physicien plaça les électrodes de charbon entre les pôles rapprochés, A et B, d'un fort électro-aimant. Lorsque le

noyau de fer fut aimanté, l'arc prit la forme du dard que le chalumeau produit dans une flamme; sa longueur était dix fois l'intervalle des électrodes. On entendait un bruissement, et la projection pouvait être assez forte pour rompre l'arc; alors se produisait une forte détonation.

On répète aujourd'hui la même expérience en se servant de l'étincelle de la bobine de Ruhmkorff. On obtient

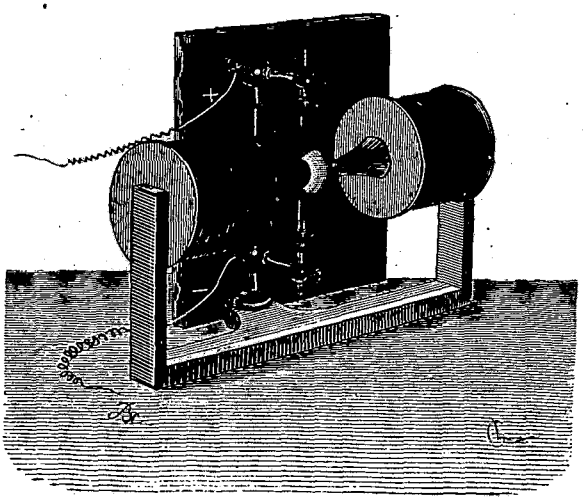


Fig. 64. — Action de l'aimant sur l'étincelle d'induction.

entre les deux pôles une nappe de feu demi-circulaire, perpendiculaire à la ligne des pôles et dans laquelle on distingue un grand nombre de traits brillants, qui jaillissent circulairement autour du centre de la nappe (fig. 64). Quand on change le sens du courant, la nappe change de côté. Il en est de même, quand on change les pôles de l'électro-aimant, en renversant le courant qui produit le magnétisme.

Ce renversement de la nappe lumineuse prouve qu'elle

est due à l'action électro-magnétique. Sans doute les particules incandescentes subissent l'action paramagnétique ou diamagnétique suivant leur nature, de même que celles d'une flamme de bougie que l'on place entre les pôles de l'électro-aimant, laquelle forme un dard perpendiculaire à la ligne des pôles. Mais la chaîne des particules se comporte ici surtout comme un conducteur gazeux traversé par le courant voltaïque, et l'explication du phénomène se trouve dans les lois d'Ampère.

Considérons une portion infiniment petite de la ligne droite qui joint les électrodes. Lorsque l'électro-aimant est à l'état naturel, les particules situées dans cette portion transmettent le courant électrique. Dès que l'aimantation est développée, il naît, d'après Ampère, une force perpendiculaire au plan qui passe par la petite ligne considérée et par un pôle de l'aimant; le sens de cette force est donné par la loi d'Ampère; elle a pour effet d'écarter les particules dans ce sens. L'autre pôle de l'électro-aimant ajoute son effet au précédent. Voilà comment les particules primitivement situées sur la ligne des électrodes sont distribuées après l'aimantation sur une ligne courbe passant par les extrémités de ces électrodes.

Comme le charbon est diamagnétique, ses particules sont repoussées par les pôles de l'électro-aimant, abstraction faite du courant qu'elles transmettent; l'action diamagnétique s'ajoute donc à l'action électro-magnétique. Si l'on emploie des électrodes de fer, substance paramagnétique, les particules de l'arc sont attirées par la force paramagnétique et l'action électro-magnétique est la même que précédemment; de là une différence entre la nappe lumineuse de l'arc obtenu avec les électrodes de charbon et celle que donnent les électrodes de fer; mais la différence n'est pas très grande, ce qui prouve que l'action électro-magnétique est prédominante.

Dans l'expérience de M. de la Rive, où les électrodes étaient de véritables électro-aimants, l'action électro-ma-

gnétique paraît moins intense que l'action paramagnétique; celle-ci retenant les particules du fer sur les électrodes, on se rend compte de cette manière des bruits singuliers que fait entendre l'arc voltaïque et des apparences lumineuses qu'il présente.

L'étincelle d'extra-courant se comporte comme l'étincelle d'induction, quand elle éclate dans le voisinage d'un aimant. Au lieu d'avoir la forme d'une flamme allongée, elle prend celle d'une nappe demi-circulaire, orientée conformément aux lois d'Ampère. Cette observation confirme l'analogie que nous avons constatée entre cette étincelle et les autres, en nous appuyant sur d'autres observations.

L'action d'un électro-aimant sur l'étincelle d'induction a été étudiée par un grand nombre de physiciens dans des circonstances variées. Nous compléterons l'étude que nous venons d'en faire dans l'air, en citant les récentes expériences que M. Trèves a faites dans divers gaz. La nature du gaz influe sur l'apparence de la nappe lumineuse, comme on pouvait le prévoir. M. Trèves a vu l'azote donner lieu à une nappe jaune d'or, sans les traits obscurs que présentent les autres gaz. Il est probable que le magnétisme du gaz joue un rôle dans ces phénomènes; car les particules gazeuses qui environnent l'étincelle ne sont pas dans le courant électrique, et il n'y a pas pour elles d'action électro-magnétique qui puisse prédominer, comme cela avait lieu pour les particules qui complètent le circuit de la décharge entre les électrodes.

Les plus intéressantes de ces expériences sont celles où l'on a fait usage des tubes de Geissler. Elles ont amené des découvertes inattendues. M. Plücker a commencé à observer l'effet de ces tubes en 1858. MM. Gassiot, de la Rive, Trèves les ont soumis ensuite à de nombreuses investigations. Voici les principaux résultats.

M. Plücker plaça perpendiculairement à la ligne des pôles d'un électro-aimant un tube de Geissler ayant en son

milieu un renflement sphérique [1]. Il vit la lueur électrique

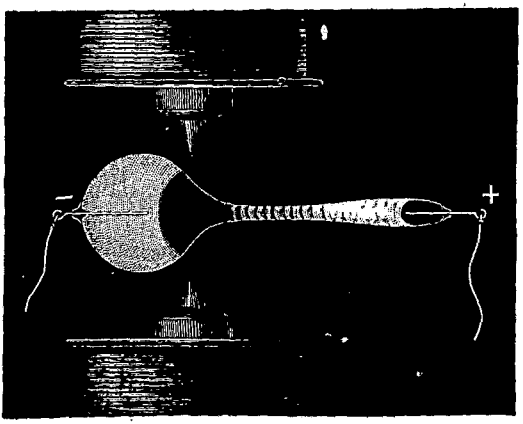


Fig. 65-1. — Action d'un aimant sur un tube de Geissler.

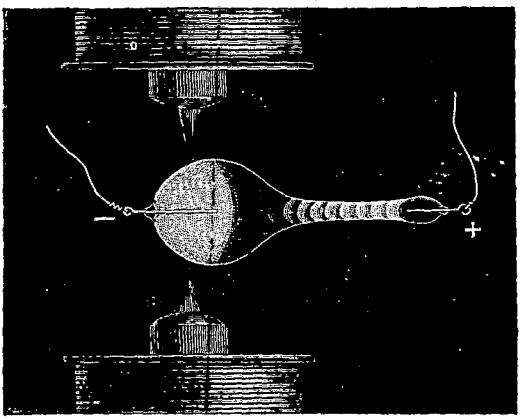


Fig. 65-2. — Action d'un aimant sur un tube de Geissler.

attirée ou repoussée, suivant le sens du courant d'induc-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome LIV.

tion et celui des pôles magnétiques. En plaçant le tube parallèlement à la ligne des pôles, il vit la lueur se briser en deux moitiés et se porter sur les deux côtés opposés du tube. Ces effets s'expliquent par les lois d'Ampère. Pendant ces expériences, M. Plücker remarqua que l'action magnétique produisait un changement de couleur dans la lumière du tube. Mais il ne poursuivit pas l'étude de ce changement.

Il soumit ensuite à l'action des pôles magnétiques la lueur qui environne l'électrode négative du tube, et qui

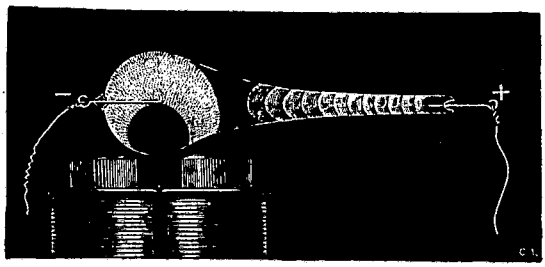


Fig. 65-3. — Action d'un aimant sur un tube de Geissler.

est séparée, comme on le sait, du reste de la lumière par un espace obscur. Les figures 65 représentent les formes que prit cette lueur dans diverses circonstances. Elles ont toutes un caractère commun. La lueur violette qui remplit tout le tube autour de l'électrode négative, lorsque l'électro-aimant est à l'état naturel, se concentre en une couche mince et plane sitôt que l'électro-aimant est rendu magnétique. Cette couche est parallèle à la ligne des pôles de l'aimant, et est limitée du côté de cette ligne par une courbe semblable à celle qu'on obtient dans l'expérience connue des *courbes magnétiques*, en saupoudrant de limaille de fer un carton posé sur un aimant.

Dans les deux premières figures, la direction du tube est perpendiculaire à la ligne des pôles, et l'extrémité

négative du tube est tournée à droite ou à gauche par rapport à cette ligne. Dans la troisième, le tube est parallèle à la ligne des pôles. La partie positive est remplie de lumière stratifiée dans les trois expériences.

M. Plücker a réussi à rattacher ce résultat inattendu à la théorie d'Ampère.

M. Trèves employa des tubes de Geissler, présentant une partie capillaire dans leur milieu (fig. 66), et s'attacha à observer les changements de couleur que M. Plücker avait entrevus.

Un tube de Geissler contenant de l'hydrogène raréfié était placé perpendiculairement à la ligne des pôles d'un énorme électro-aimant. Celui-ci étant à l'état naturel, l'étincelle est d'un bleu violacé dans les extrémités renflées, et d'un beau rouge dans la partie capillaire. Dès que le magnétisme est développé, le rouge disparaît et fait place à une lumière blanche : dès que le magnétisme cesse, le rouge reparaît.

Le spectroscope révèle un changement complet dans la structure de l'étincelle. La lumière blanche de l'hydrogène soumis au magnétisme donne un spectre avec une raie jaune brillante, et un renforcement dans le bleu et le violet.

En répétant la même expérience avec d'autres gaz, M. Trèves observa pour chacun d'eux des changements de couleur caractéristiques. Ainsi l'oxygène passa du blanc au rouge par l'action magnétique, l'azote du bleu pâle au bleu foncé, l'acide carbonique du blanc au bleu, etc. — L'aspect du spectre de ces diverses étincelles éprouvait des changements analogues. Les propriétés magnétiques du gaz raréfié que contient le tube jouent ici un rôle qui paraît prédominant. Ainsi on voit la matière lumineuse attirée vers la partie capillaire dans le tube à oxygène, et, au contraire, repoussée, refoulée vers les extrémités dans le tube à hydrogène. Or le premier de ces gaz est paramagnétique. Ces mouvements de la

matière incandescente déterminent des changements de densité dans la partie capillaire, qui correspondent aux changements de couleur.

De nouvelles recherches éclairciront ces questions, et nous feront mieux connaître les relations du magnétisme avec la lumière. Déjà Faraday avait observé que le magné-

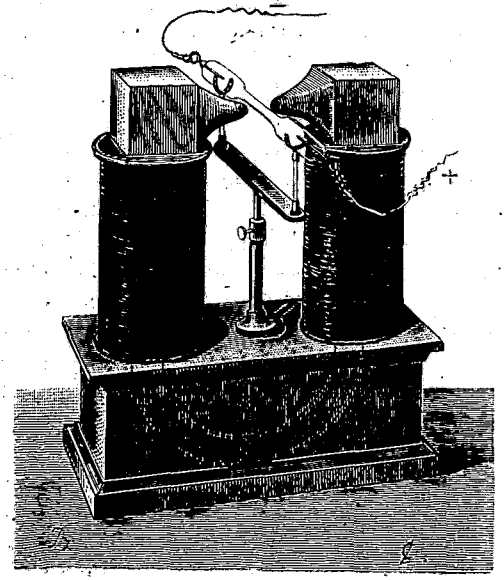


Fig. 66. — Changement de couleur de l'étincelle produit par un aimant.

tisme modifie certains effets lumineux; les découvertes de MM. Plücker et Trèves montrent son influence sous un nouvel aspect, et elles sont appelées à contribuer aux progrès de l'optique. Au point de vue de l'étude que nous poursuivons, elles confirment la théorie de l'étincelle, telle que nous l'avons établie dans les chapitres précédents.

M. de la Rive avait réussi, dès 1849, à démontrer par une expérience très frappante que l'étincelle dans les gaz raréfiés est un véritable conducteur gazeux, qui obéit à l'action électro-magnétique conformément aux lois d'Ampère. Cette expérience consiste à faire tourner l'étincelle autour d'un pôle magnétique d'une manière continue. Parmi les divers appareils que cet habile physicien a imaginés, celui qui est le plus répandu est le suivant (fig. 67).

Un ballon de verre, de forme ovoïde, renferme un cylindre de fer recouvert sur toute sa surface latérale d'une couche isolante très épaisse, formée de gomme laque et d'un tube de verre recouvert lui-même de gomme laque. Un anneau de cuivre entoure le cylindre par-dessus la couche isolante, à l'une de ses extrémités. C'est cette extrémité qui ferme la tubulure du ballon par laquelle le cylindre de fer est introduit, de façon que la base nue du cylindre soit au dehors, et que l'anneau communique avec la douille de cuivre qui est mastiquée sur la tubulure. Une seconde tubulure plus petite est munie d'un robinet, que l'on visse sur la machine pneumatique pour raréfier l'air; elle sert aussi à introduire de petites quantités d'un liquide volatil, tel que l'éther. Quand la raréfaction a été poussée le plus loin possible, on pose la base nue du cylindre sur un électro-aimant, en faisant communiquer le cylindre de fer et l'anneau respectivement avec les pôles de la bobine de Ruhmkorff. L'étincelle jaillit alors entre cet anneau et la base supérieure du cylindre, en formant un ou plusieurs jets recourbés. Lorsqu'on aimante le fer, ces jets tournent uniformément dans un sens qui dépend du sens de la décharge et de celui des pôles magnétiques. Le sens de la rotation est conforme aux lois d'Ampère.

On obtient plus facilement un seul jet lumineux, en faisant communiquer le cylindre de fer avec le pôle positif de la bobine. Quand il n'y a pas de vapeurs mêlées au

gaz, l'étincelle peut prendre la forme d'une nappe qui semble se déverser du sommet du cylindre en tournant

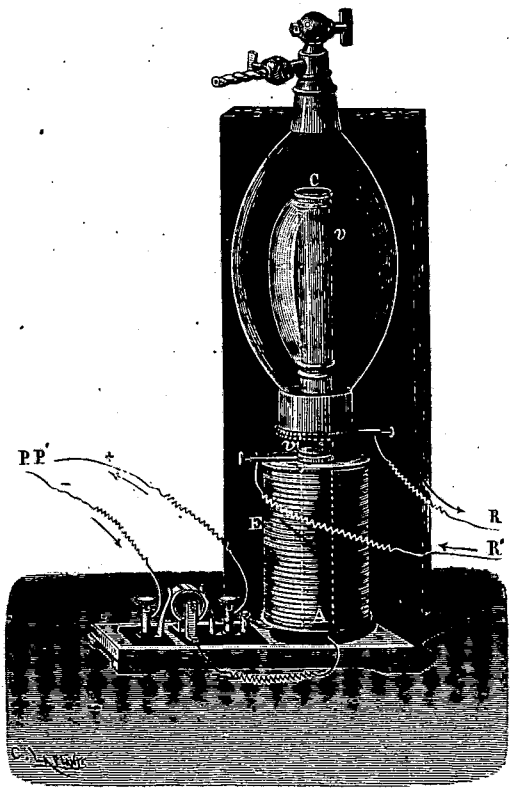


Fig. 67. — Rotation de l'étincelle par un aimant.

sur elle-même ; le degré de raréfaction influe beaucoup sur son aspect.

M. de la Rive a établi des rapprochements remarquables

entre ces phénomènes et les aurores boréales. Ces brillants météores sont sans doute dus à des décharges électriques qui s'opèrent à de grandes hauteurs dans l'atmosphère, entre les régions équatoriales et les régions polaires. Leurs couleurs, leurs mouvements singuliers, ont pu être imités par le célèbre physicien de Genève, à l'aide d'un appareil qui repose sur le même principe que le précédent.

Le lecteur qui a quelques connaissances de physique demandera sans doute, en voyant l'étincelle obéir aux actions électro-magnétiques, si elle n'obéit pas aussi aux actions électro-dynamiques. Ainsi l'étincelle d'induction et l'arc voltaïque sont-ils attirés ou repoussés par le fil conducteur d'un courant auquel ils sont parallèles, suivant que la décharge est de même sens que le courant ou de sens contraire?

La réponse affirmative n'est pas douteuse, bien qu'on n'ait pas, à ma connaissance, d'expériences directes sur ce sujet. M. Trèves a observé récemment l'attraction et la répulsion de deux arcs voltaïques parallèles, ce qui est exactement le même phénomène, puisque chacun des arcs est un conducteur de courant à l'égard de l'autre. L'analogie qu'Ampère a montrée entre les aimants et les courants est un guide infaillible relativement à ce genre de question.

On peut demander encore si la terre, qui se comporte comme un aimant à l'égard des aimants et des courants, n'agit pas aussi sur l'étincelle électrique. Nous avons une observation de Despretz qui répond affirmativement.

Ce physicien a reconnu qu'un arc voltaïque vertical a sa plus grande longueur lorsque l'électrode positive est en haut; avec le charbon l'arc atteignait 74 millimètres, et le sens du courant étant renversé, il ne dépassait pas

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome XXX.

56 millimètres. Si l'arc est horizontal et perpendiculaire au méridien magnétique, l'arc est le plus long quand l'électrode positive est à l'est; il atteignit 21 millimètres dans une expérience, et en renversant le courant, on le fit descendre à 16 millimètres La théorie d'Ampère rend compte de ces curieux effets. Dans le dernier cas, par exemple, l'arc voltaïque conduisant le courant de l'est à l'ouest est attiré par les pôles magnétiques terrestres, ce qui favorise le transport des particules incandescentes.

La variété des expériences que l'on peut imaginer et qui s'expliquent par les mêmes principes que les précédentes est infinie. Il est utile de ne négliger aucune particularité; car on peut découvrir des analogies inattendues entre les faits que l'on observe et d'autres phénomènes naturels, et être amené à leur explication. Ainsi M. Planté faisant usage d'une batterie de 400 couples secondaires, dont le courant temporaire équivalait à celui d'une pile de 600 couples de Bunsen, a fait récemment de très curieux rapprochements entre les trombes et les décharges électriques [1].

« On fait écouler une veine d'eau salée d'un entonnoir, muni d'un robinet communiquant avec le pôle positif de la batterie; le liquide est reçu dans une cuvette où plonge le fil négatif, et au-dessous de laquelle se trouve un électro-aimant. Dès que le circuit voltaïque est fermé, un filet lumineux, accompagné de quelques points brillants, apparaît dans la veine, à sa partie inférieure; des étincelles jaillissent avec bruissement à son extrémité, de la vapeur d'eau se dégage, et le liquide qui entoure le bas de la veine prend un mouvement gyratoire en sens inverse de celui des aiguilles d'une montre, si le pôle de l'électro-aimant est boréal, et dans le même sens si ce pôle est austral. »

On sait que les trombes ont un mouvement gyratoire

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 janvier 1876.

dont le sens est conforme à la règle précédente, suivant qu'elles se produisent dans l'hémisphère boréal ou dans l'hémisphère austral.

Il est donc possible que l'eau qui les forme soit le conducteur d'une décharge électrique, dans laquelle les nuages seraient électrisés positivement et le sol négativement, et que les pôles magnétiques terrestres déterminent la rotation. Ce serait la répétition en grand de l'expérience précédente.

3. — Chaleur de l'étincelle.

L'identité de la chaleur et de la lumière semblerait indiquer que l'étincelle électrique est toujours capable de produire les effets de la chaleur, et que les différences des phénomènes calorifiques dépendent seulement de l'intensité de la lumière. Une telle interprétation du principe est vicieuse. Sans doute un corps suffisamment chaud est lumineux. Mais l'intensité de la lumière dépend à la fois de la température du corps et de son état physique. Ainsi nous savons que la flamme de l'hydrogène est très chaude et très pâle ; qu'elle devient brillante quand est elle mêlée de particules solides, telles que celles du carbone. La proposition réciproque n'est pas plus exacte : un corps lumineux peut ne pas émettre de chaleur appréciable. De même un corps chaud n'émet pas nécessairement de la lumière. On distingue les divers rayonnements d'un corps par la *réfrangibilité* de leurs *radiations*, c'est-à-dire par la déviation que chacun de ses *rayons* éprouve en traversant un prisme. Les radiations les plus réfrangibles sont douées de l'activité lumineuse seule; les moins réfrangibles possèdent l'activité calorifique seule ; ceux qui sont d'une réfrangibilité intermédiaire possèdent les deux sortes d'activité.

Les phénomènes calorifiques de l'étincelle offrent donc un sujet d'étude intéressant, parce qu'ils doivent nous apprendre dans quelles circonstances ses particules acquièrent tel ou tel degré de réfrangibilité, qualité qui est une conséquence du mode de mouvement dont ces particules sont animées.

L'aigrette et la lueur de la machine électrique ordinaire ne produisent aucun échauffement appréciable dans les corps voisins. L'étincelle elle-même ne paraît pas rayonner la chaleur, d'après les expériences de M. Ed. Becquerel. Pourtant nous avons vu que cette étincelle enflamme l'éther, et il n'est pas de si petite étincelle qui ne puisse enflammer ce liquide, quand on prend quelques précautions. D'un autre côté une étincelle peut enflammer l'éther, l'alcool, la résine, sans enflammer la poudre à canon. Il y a donc une condition nécessaire à l'échauffement d'un corps par l'étincelle, indépendamment de sa température qui est très élevée, puisqu'il s'y trouve des parcelles de métal incandescentes. Cette condition est la durée. Plus la durée d'une étincelle est grande, plus elle échauffe les corps voisins. Ainsi on enflamme la poudre par l'étincelle d'une bouteille de Leyde, en interposant dans le circuit de la décharge une colonne d'eau, ce qui augmente sa durée.

L'inflammation est d'ailleurs un phénomène complexe qui ne donne pas une notion bien nette de la puissance calorifique d'une étincelle. Les combustibles sont ordinairement mauvais conducteurs de la chaleur; l'étincelle échauffe une petite portion de la substance et celle-ci brûle soit en se combinant avec l'oxygène de l'air, soit en subissant un nouvel arrangement chimique. L'éther est dans le premier cas; son carbone, son hydrogène et son oxygène se joignent à l'oxygène de l'air pour former de l'acide carbonique et de l'eau. La poudre à canon est dans le second cas; le carbone et l'oxygène qui s'y trouvent forment de l'acide carbonique, le soufre et le potas-

sium forment du sulfure de potassium et l'azote est mis en liberté.

On ne peut pas mesurer aisément les effets calorifiques de l'étincelle par des expériences de ce genre, et comme d'un autre côté l'effet thermométrique est inappréciable, l'étude de ces effets est très difficile. Le *thermomètre* de Kinnersley, que nous avons pris pour démontrer la commotion de l'air, accuse mieux la chaleur de l'étincelle. Si cette chaleur était insensible, le liquide projeté devrait retomber brusquement après la décharge électrique. Or on le voit revenir lentement à son niveau ordinaire. Il faut admettre que l'air renfermé dans l'appareil et traversé par l'étincelle s'est notablement échauffé, parce que le refroidissement d'un gaz exige toujours un certain temps.

Ces difficultés sont sans doute la cause du peu d'empressement que les physiciens ont montré à étudier avec détail la chaleur de l'étincelle. Le rôle important que cette chaleur joue dans les phénomènes de *dissociation* que M. Henri Sainte-Claire Deville a découverts ne peut manquer de donner lieu à de nouvelles recherches sur ce sujet.

Le principe de la conservation de l'énergie donne aussi de l'intérêt à ces recherches. Pendant la décharge d'une batterie, par exemple, il y a création d'une quantité de chaleur déterminée dans tout le circuit; cette quantité de chaleur présente certaines relations avec la quantité d'électricité disparue. Le principe nous dit que, si la chaleur est le seul effet de la décharge, l'énergie calorifique créée est égale à l'énergie électrique dépensée. Mais l'étincelle n'est-elle pas un phénomène à la fois calorifique et mécanique? La projection de la matière des conducteurs n'est-elle pas une création d'énergie mécanique dont il faut tenir compte? Déjà M. Edlund a constaté l'influence de cette quantité dans l'arc voltaïque; la même chose est à faire dans la décharge d'une batterie de Leyde.

La chaleur de l'arc voltaïque, est considérable, et comme on peut prolonger à son gré sa durée, les expériences offrent de grandes facilités. Néanmoins les lois relatives à cette chaleur sont peu connues, et l'on n'a guère observé que ses effets secondaires, tels que la fusion, la volatilisation des corps qu'on appelait réfractaires avant l'invention de la pile. Ces effets donnent lieu à de brillantes expériences qui nous apprennent que l'arc voltaïque est la plus intense de nos sources artificielles de chaleur.

Il suffit de plonger dans l'arc voltaïque une baguette d'une substance quelconque pour la voir disparaître en un instant. Quand on veut prolonger l'expérience, on prend pour électrode positive, qui est la plus chaude, un creuset de charbon, et on établit l'arc au fond du creuset, en y introduisant l'autre électrode, également en charbon. On peut jeter diverses substances dans ce creuset et les soumettre de cette manière à une température excessive. Despretz, avec sa pile de six cents éléments, fondait 250 grammes de platine en quelques minutes; il a pu volatiliser ce métal de manière à en couvrir une capsule de porcelaine de 10 centimètres de diamètre fixée au-dessus du charbon supérieur. Les résultats les plus remarquables de ses recherches sont ceux qui concernent le charbon et le diamant, deux variétés du carbone qui jusqu'alors étaient tout à fait réfractaires aux sources de chaleur connues.

La volatilisation du charbon se fait dans l'œuf électrique; on enlève l'air afin d'empêcher la vapeur de carbone de se combiner avec l'oxygène, et avec six cents couples disposés en six séries parallèles, on voit, dès que l'arc est établi, le charbon positif s'amincir, devenir blanc éblouissant; puis tout à coup un nuage noir s'élève, remplit le vase et se dépose en poudre noire sur ses parois. Bien souvent le vase est brisé dans cette expérience.

Pour la fusion, Despretz produisit l'arc dans un réci-

pient de fonte contenant du gaz azote comprimé à trois atmosphères (fig. 68).

Ce récipient avait environ dix litres de capacité, et il

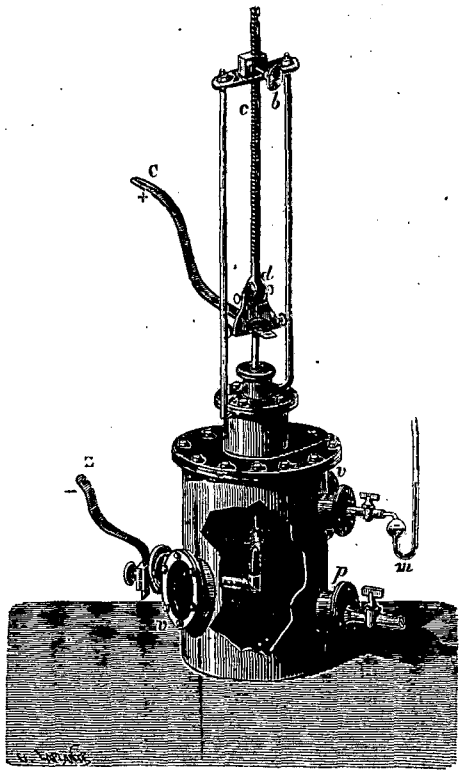


Fig. 68. — Fusion du charbon.

portait quatre tubulures. L'une latérale *p* servait à l'introduction du gaz ; l'autre laissait passer le conducteur Z du charbon inférieur, ayant la forme d'un creuset. Les deux

autres *v*, *v* étaient garnies de glaces afin qu'on pût voir ce qui se passait dans l'appareil. Le couvercle du récipient laissait passer la tige qui portait le charbon supérieur. Cette tige était isolée et fixée à l'extrémité d'une crémaillère *cd* qui servait à la faire monter ou descendre pour régler l'arc voltaïque.

Avec cet appareil, des poussières de divers charbons mises dans le creuset s'incrustèrent dans la paroi, comme l'eût fait un verre noir; les diamants se transformèrent en graphite, en grossissant beaucoup de volume, et donnèrent de petits globules fondus. Despretz prouva par ces mémorables expériences que le diamant n'est pas une cristallisation du carbone obtenue par la fusion ou par une volatilisation brusque. Comme on ne peut pas le faire cristalliser par dissolution, puisqu'il est insoluble dans tous les liquides connus, l'origine de la plus belle des pierres précieuses restait inconnue; il était impossible à l'homme de la reproduire artificiellement : la nature gardait son secret. Et pourtant la recherche d'un procédé pour préparer le diamant devait être depuis longtemps le sujet de mille tentations.

Despretz essaya un autre moyen; puisque la volatilisation brusque transformait simplement le charbon en graphite, il songea à la volatilisation lente. Il se servit de l'œuf électrique : l'électrode positive était formée par un cylindre de charbon de sucre, et l'électrode négative était terminée par un faisceau de fils de platine très fins.

Après avoir enlevé l'air, il fit jaillir l'étincelle de la bobine de Ruhmkorff, *pendant plus d'un mois*. Les fils de platine se couvrirent d'une couche noire très mince. On l'observa au microscope et on y distingua de petits cristaux dont l'éclat et la forme rappelaient le diamant. En mêlant cette poussière à l'huile, on put polir des rubis, ce qui ne se faisait jusqu'alors qu'avec la poudre de diamant. Despretz a-t-il fait la découverte du diamant artificiel? Le produit obtenu était en trop petite quantité

pour qu'on puisse avoir une conviction à ce sujet, et si c'est là bien réellement la solution du problème, elle ne peut guère exciter la tentation des industriels. Jusqu'à présent l'expérience de Despretz est restée dans le domaine purement scientifique ; c'est le premier jalon posé sur une voie que suivront sans doute de nouveaux chercheurs.

En 1865, M. Tyndall a fait en Angleterre des recherches précises sur les radiations de l'arc voltaïque[1], et il les a comparées à celles du soleil. Celles-ci avaient été étudiées pour la première fois avec quelque précision par William Herschell en 1800. Ce dernier fit passer un thermomètre dans les diverses parties d'un spectre solaire, et il vit que l'échauffement croissait rapidement de l'extrémité du violet où il était nul jusqu'au rouge. Il continua à observer le thermomètre, en l'avançant graduellement sur le prolongement du spectre au delà du rouge, et il reconnut que l'échauffement continuait à croître, jusqu'à ce que le thermomètre fût à une certaine distance du rouge, puis qu'à partir de cette position l'échauffement diminuait jusqu'à une distance du rouge égale à la longueur du spectre lumineux.

La science entrait donc en possession d'un fait nouveau d'une grande importance aussi bien pour la physique que pour l'astronomie. En le généralisant, nous dirons qu'une source de lumière émet non seulement des rayons capables de produire sur nos yeux la sensation optique et sur un corps quelconque les effets de la chaleur, mais encore des rayons *moins réfrangibles* que les précédents, qui sont purement calorifiques. Le degré de réfrangibilité est apprécié par la déviation que le prisme imprime aux divers rayons, et c'est un caractère spécifique pour chacun d'eux, qui lui donne une individualité. Ainsi le degré de réfrangibilité décroît depuis les rayons violets

1 *Les Mondes*, tome XII. 1866.

jusqu'aux rayons rouges et continue à décroître dans le groupe des rayons calorifiques et invisibles. Chacun de ces rayons a son degré de réfrangibilité particulier, qu'on mesure par son *indice de réfraction*. C'est pour cela que le passage à travers le prisme les sépare les uns des autres et étale un faisceau qui tombe en rayons parallèles sur le prisme en un faisceau divergent qui projette sur un écran le *spectre lumineux*, mais qui en réalité dépasse ce spectre du côté du rouge d'une largeur égale à

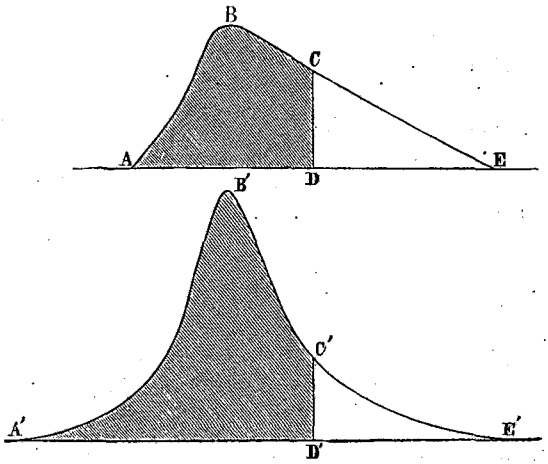


Fig. 69. — Spectres calorifiques.

la sienne. On appelle *spectre calorifique* l'étendue totale de la projection du faisceau.

Herschell représenta les résultats de ses expériences par un tracé graphique très simple (fig. 69). On partage une ligne DE en parties proportionnelles aux principales divisions du spectre lumineux. On peut alors marquer aisément sur cette ligne prolongée les positions successives que le thermomètre occupait par rapport à ces divisions. On élève ensuite en chaque point une perpendi-

culaire proportionnelle à l'échauffement qu'avait indiqué le thermomètre dans la position correspondante. Enfin on joint les sommets de ces perpendiculaires par un trait continu, et chaque point de ce trait représente approximativement l'échauffement qu'on eût observé, si le thermomètre eût été placé dans la position correspondante à ce point.

La figure ne représente pas la figure tracée par Herschell lui-même, mais une figure plus exacte, obtenue plus tard par M. Müller, de Fribourg, à l'aide de la *pile thermo-électrique* de Melloni, thermomètre d'une sensibilité extrême, à l'emploi duquel nous devons toutes les découvertes qui ont été faites depuis Melloni sur la chaleur rayonnante. Sur cette figure l'extrémité du violet est au point E, l'extrémité du rouge au point D, l'extrémité de la partie invisible au point A. Le point B représente le maximum de chaleur. On a ombré la portion ABCD qui correspond à la partie invisible du spectre total. On voit que la chaleur invisible émise par le soleil dépasse de beaucoup la chaleur visible.

M. Tyndall a étudié de la même manière le spectre de l'arc voltaïque, en prenant toutes les précautions nécessaires pour ne pas modifier par la disposition même de l'appareil la nature des rayons dirigés sur le thermomètre. L'arc était produit par des électrodes de charbon dans la boîte connue sous le nom de *Lampe électrique;* une lentille de *sel gemme* rendait parallèles les rayons et les dirigeait sur une fente étroite, derrière laquelle se trouvait une seconde lentille de la même substance. Cette lentille formait à une certaine distance une image nette de la fente. Près de cette lentille était un prisme de sel gemme qui déviait et *dispersait* les rayons. On recevait le spectre sur un écran portant une pile thermo-électrique de Melloni, et placé à la même distance du prisme que l'image dont on vient de parler. La pile étant graduellement amenée en divers points du spectre bien dé-

terminés, on notait pour chacune de ses positions la déviation de l'aiguille du galvanomètre : c'est cette déviation qui mesurait l'échauffement de la pile.

Le résultat moyen d'un grand nombre d'expériences est tracé sur la fig. 69 en A'B'C'E', d'après la méthode décrite pour le spectre solaire. « On voit, dit M. Tyndall, que l'in-« tensité du pouvoir calorifique augmente graduellement « de l'extrémité bleue à l'extrémité rouge du spectre et « que, dans la région des rayons obscurs au delà du rouge, « la courbe, s'élevant subitement, forme un pic escarpé et « massif, qui, par sa grandeur, fait paraître très chétive la « partie de la figure qui représente la radiation visible. »

La pile employée dans ces expériences était de 50 éléments de Grove. Il faut remarquer que la chaleur provenait non seulement de l'arc voltaïque, mais encore des charbons.

En comparant les deux figures, on voit que le rayonnement invisible du soleil mesuré par la surface ABCD est à peu près double du rayonnement visible, mesuré par CDE, tandis qu'avec l'arc voltaïque le rayonnement invisible A'B'C'D' vaut près de huit fois l'autre, C'D'E'. Si l'on fait passer le faisceau de l'arc à travers une couche d'eau d'épaisseur convenable, on met son rayonnement dans les mêmes conditions que celui du soleil ; ce qui s'explique par l'absorption que l'eau exerce sur les rayons obscurs. M. Tyndall pense que la grande différence des spectres électriques et solaires est due semblablement à l'absorption que l'eau atmosphérique exerce sur les rayons obscurs émanés du soleil. La différence des deux sources calorifiques devait être beaucoup moindre que celle qui est indiquée sur la figure. C'est sans doute ce qu'on vérifierait, si l'on étudiait le spectre solaire à de grandes hauteurs, sur le sommet d'une montagne élevée, parce que l'épaisseur de la couche aérienne traversée par les rayons solaires y serait moindre que dans la plaine.

N'avons-nous pas ici un exemple remarquable de l'enchaînement que la science établit entre les phénomènes les plus divers? Avant les recherches sur le rayonnement calorifique de l'arc voltaïque, rien ne nous faisait penser que le rayonnement émané du soleil pouvait être beaucoup plus étendu que celui qui arrive sur la terre. On savait bien que l'atmosphère éteignait une partie des rayons solaires; mais dans quelle proportion? L'astre qui détermine sur notre globe les mille transformations de la matière, qui est la source de tout mouvement, de toute activité terrestre, n'est-il pas incomparablement plus actif et plus puissant que nos sources artificielles de chaleur les plus intenses, que l'arc voltaïque lui-même? Et alors les rayons que nous découvrons dans cet arc peuvent-ils être absents dans le rayonnement solaire? Magnifique problème qu'il appartient à la physique de résoudre et dont la solution doit accroître nos connaissances sur la constitution de l'univers.

4. — Effets chimiques.

Un grand nombre d'effets chimiques occasionnés par l'étincelle sont dus à la chaleur seulement, et l'électricité n'y joue aucun rôle. Les mêmes effets se manifestent toutes les fois qu'on chauffe par tout autre procédé les substances qui les produisent.

Ainsi les parcelles incandescentes qui se détachent des électrodes de l'arc voltaïque peuvent se combiner avec le gaz environnant, suivant leur nature. Les électrodes de fer produiront dans l'air de l'oxyde de fer qui jaillit en étincelles, ceux de zinc donneront de l'oxyde de zinc, dont la poussière blanche s'élève en fumée; le charbon donnera de l'acide carbonique, ce qui explique pourquoi il s'use plus vite dans l'air que dans le vide. C'est ce genre

d'action qui rend *étincelante* la lumière de toute décharge électrique entre des conducteurs de fer. Lorsqu'on attache à l'un des conducteurs d'une pile ordinaire une lime d'acier, et qu'on frotte sur cette lime l'extrémité de l'autre conducteur, on voit jaillir une infinité d'étincelles. Ce sont les parcelles de fer qui, d'abord échauffées par l'étincelle de rupture, se sont combinées avec l'oxygène de l'air en dégageant à leur tour de la chaleur lumineuse d'origine chimique.

Outre les actions chimiques auxquelles donnent lieu les électrodes, la chaleur de l'étincelle agit sur le milieu fluide, à travers lequel elle éclate, et y occasionne des combinaisons si ce fluide est un mélange de substances douées d'affinité chimique. C'est surtout dans les mélanges gazeux que se passent les effets de ce genre.

Un mélange d'oxygène et d'hydrogène produit de l'eau, quand il est traversé par l'étincelle la plus faible; c'est l'expérience connue du pistolet de Volta, que Lavoisier a rendue célèbre en trouvant par ce moyen quelle était la *composition* de l'eau. Dans tous les appareils qui servent à ces expériences, on voit un récipient clos qui contient le mélange gazeux, et deux fils de métal, *e*, *g* (fig. 70), parfaitement isolés, qui traversent la paroi et laissent un petit intervalle entre eux dans l'intérieur du récipient. Ces fils servent de conducteurs à la décharge, qui est habituellement celle de la bobine de Ruhmkorff. Il faut que le récipient soit assez résistant, parce que la combinaison des deux gaz développe beaucoup de chaleur ; de là résulte un accroissement rapide de pression, qui diminue ensuite peu à peu, à mesure que la chaleur se dissipe au dehors. On conçoit combien

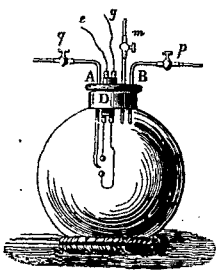


Fig. 70.
Synthèse de l'eau.

est considérable l'élévation de température pendant la combinaison, en remarquant que tout le mélange devient lumineux pendant un instant.

Voici ce qui se passe au moment où jaillit l'étincelle : une petite portion du mélange, au contact de l'étincelle, est fortement échauffée et se combine ; mais cet acte produit de la chaleur, qui échauffe la portion du mélange la plus voisine. Celle-ci se combine à son tour, échauffe la portion suivante, et ainsi de suite, de proche en proche, jusqu'à ce que tout le mélange ait subi l'action chimique. Ce raisonnement montre pourquoi on met le feu au mélange avec une seule petite étincelle, aussi bien si le volume est grand que si le volume est petit.

Lavoisier avait disposé son appareil (fig. 70) de façon que la pression ne pût s'élever notablement et que les gaz fussent sans cesse renouvelés, et combinés par petites portions successives ; un grand nombre d'étincelles se succédaient dans le récipient, celui-ci ayant été d'abord rempli d'hydrogène par le tube B ; on amenait l'oxygène par un tube A qui débouchait au-dessus de l'étincelle. La première bulle qui sortait se combinait avec l'hydrogène, puis les gazomètres continuant à amener respectivement les deux gaz dans les proportions voulues, les bulles suivantes se combinaient successivement. Lavoisier put préparer un litre d'eau par ce moyen.

Dans l'expérience du pistolet de Volta, le bouchon forme une partie peu résistante de la paroi ; cette portion cède, au moment de la combinaison chimique, et le gaz sort partiellement ; puis le refroidissement rapide de la partie restée dans l'appareil condense cette partie ; de là résulte une raréfaction qui détermine la rentrée brusque de l'air. Telle est la cause de l'*Explosion*.

Un mélange de deux gaz qui ont entre eux peu d'affinité ne peut se comporter comme le précédent. Dans ce cas une seule étincelle ne suffit pas ; mais une succession rapide d'étincelles détermine la combinaison graduellement. C'est

ce que Priestley, puis Cavendish ont réalisé avec l'air, qui est un mélange d'azote et d'oxygène, substances dont l'affinité réciproque est très faible; ce dernier fit passer les étincelles pendant huit heures entre deux surfaces de mercure séparées, dans un tube de verre recourbé (fig. 71), par une petite quantité d'air. Il vit le volume de cet air diminuer et constata la production de l'acide azotique ; fait important pour la physique du globe; car il nous

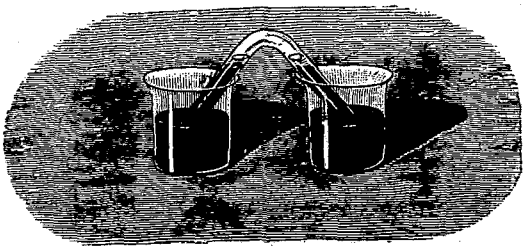


Fig. 71. — Expérience de Cavendish.

explique la présence de cet acide dans les pluies d'orage.

Récemment MM. Ed. Becquerel et Frémy ont étudié cette réaction dans de meilleures conditions et ils ont prouvé que les éléments de l'air donnent de l'acide hypoazotique. Leur appareil est un tube de verre fermé, plein d'air, et laissant passer deux fils de platine, qu'on met en communication avec les pôles de la bobine de Ruhmkorff (fig. 37). Au bout d'une heure, on voit des vapeurs rouges remplir le tube, ce qui est dû à la formation de l'acide hypoazotique. Si on laissait un peu d'eau dans l'appareil, elle détruirait cet acide et on aurait l'acide azotique comme dans l'expérience de Cavendish.

La pression du mélange exerce une influence sur la combinaison des gaz par l'étincelle. Grotthus a reconnu

que le mélange d'oxygène et d'hydrogène ne s'enflammait plus quand il était raréfié. Les lois de ces phénomènes, et aussi l'influence de la température initiale ne sont pas connues.

L'étincelle occasionne une seconde espèce d'action chimique dans le milieu environnant, lorsqu'il est constitué par un *gaz composé* tel que l'ammoniaque, les oxydes d'azote, l'acide chlorhydrique, les hydrogènes phosphoré, sulfuré, carboné, l'acide carbonique, etc. Mais il

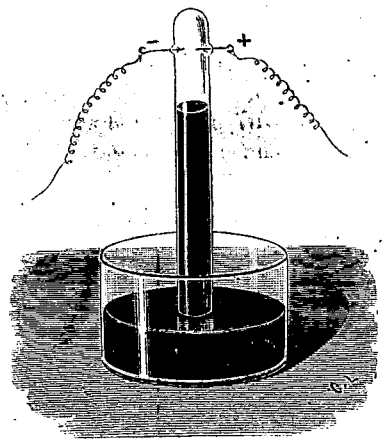


Fig. 72. — Décomposition du gaz ammoniac.

faut pour cela une longue succession d'étincelles. L'exemple le plus facile à vérifier est la décomposition de l'ammoniaque en ses éléments, azote et hydrogène. On se sert d'une cloche de verre (fig. 72) traversée vers le sommet par deux fils de platine, et qu'on remplit de gaz sur le mercure. En faisant passer les étincelles de la bobine de Ruhmkorff, on voit le volume gazeux augmenter peu à peu, jusqu'à ce qu'il ait doublé. Les dépôts de phosphore, soufre, carbone, indiquent nettement la

décomposition des gaz qui contiennent ces substances.

M. Grove a prouvé que ces décompositions chimiques sont dues à la chaleur de l'étincelle, en les réalisant à l'aide d'un simple fil de platine fortement chauffé au contact du gaz. Lorsqu'elles ne sont pas complètes, elles obéissent à une loi générale des corps composés que M. H. Sainte-Claire Deville a appelée *Dissociation*. Il s'établit un certain équilibre dans le mélange du composé inaltéré et des éléments que la décomposition a mis en liberté, de sorte que les proportions de ces derniers restent invariables: à mesure que les étincelles se succèdent dans le mélange, une partie des éléments se recombinent, tandis qu'une partie équivalente du composé se décompose.

Pour détruire cet équilibre, il faut séparer les produits de la décomposition, à mesure qu'ils apparaissent; c'est ce qui ne peut avoir lieu avec les appareils précédents.

En 1861, M. Adolphe Perrot a réussi à produire une décomposition complète de la vapeur d'eau, en opérant cette séparation [1]. L'eau était mise à l'ébullition dans un ballon à trois tubulures (fig. 73). Deux tubulures *a*, *h* laissaient passer les tubes de verre *cf*, *dl* chargés de conduire les gaz hydrogène et oxygène, respectivement dans les éprouvettes *e*,*e'*. A chacun de ces tubes était soudé un fil de platine, s'engageant dans le tube jusqu'à son extrémité inférieure. Les extrémités recourbées des tubes laissaient entre elles un intervalle *cd* de 2 millimètres environ, et les bouts des fils de platine étaient à l'intérieur à 2 millimètres de ces extrémités. On avait donc une étincelle de 6 millimètres entre les fils de décharge ; elle était produite par une bobine de Ruhmkorff. Le circuit du courant induit contenait un *voltamètre*, ou appareil destiné à mesurer l'intensité du courant. M. Perrot vit l'hydrogène se dégager seul au fil négatif, tandis que l'oxy-

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, tome LXI, 4e série.

gène se dégageait sur l'autre fil, et de plus la quantité de gaz obtenue était la même que si l'appareil eût été un voltamètre ordinaire traversé par un courant voltaïque d'intensité égale à celle du courant de la bobine.

Cette expérience nous apprend que l'étincelle d'induction n'agit pas seulement par la chaleur, mais que le courant électrique produit la décomposition de la vapeur

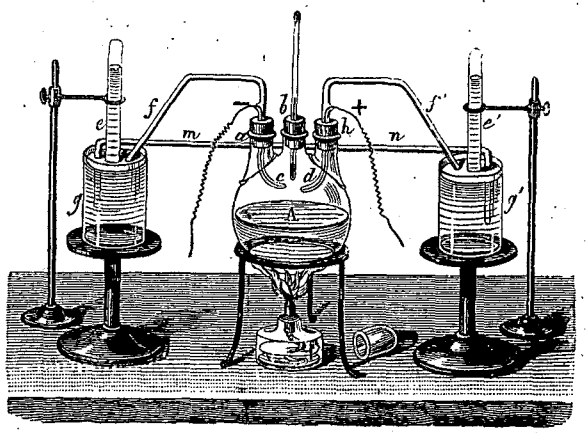


Fig. 73. — Décomposition de la vapeur d'eau.

d'eau, comme il le fait en traversant l'eau liquide. Ce genre de décomposition est appelée *électrolytique*.

En est-il de même des gaz ordinaires? C'est à l'expérience de nous l'apprendre, et la méthode de M. Perrot paraît excellente pour résoudre la question. C'est un sujet d'étude pour les chimistes.

En résumé, l'étude de l'étincelle dans les gaz nous montre quatre sortes d'actions chimiques, la combinaison de la substance des électrodes avec le gaz ou ses éléments, la combinaison calorifique des gaz mélangés, la *décomposition calorifique* des gaz composés, enfin leur *décomposition électrolytique*.

Il y a une cinquième sorte d'action qui jusqu'à présent n'a été observée que sur l'oxygène, mais qui probablement est générale.

En 1786, Van Marum trouva que l'oxygène traversé par un grand nombre d'étincelles électriques acquérait une odeur pénétrante, rappelant celle du phosphore et de l'acide hypoazotique. On remarque cette odeur dans l'air autour de toutes les machines qui donnent de fortes étincelles, et aussi après la chute de la foudre. Van Marum constata en outre que l'oxygène odorant oxydait rapidement le mercure froid, ce que ne fait pas l'oxygène ordinaire.

En 1840, M. Schœnbein, de Bâle, remarqua que l'oxygène dégagé dans le voltamètre par le courant voltaïque avait la même odeur et il appela *ozone* la substance qui jouissait de cette propriété. Ses recherches persévérantes, celles de MM. Marignac, de la Rive, Becquerel, Frémy, Andrews ont conduit à cette conclusion, que l'ozone est une modification de l'oxygène, de la nature de celle qu'on appelle en chimie *isomérie*. Son caractère principal est un pouvoir oxydant beaucoup plus considérable que celui de l'oxygène ordinaire. Ainsi il détruit les couleurs organiques; il décompose l'iodure de potassium, se combinant avec le potassium et mettant l'iode en liberté. Cette réaction a fourni un moyen de reconnaître la présence de l'ozone, quelque faible que soit sa quantité. On imprègne une bande de papier d'amidon et d'iodure de potassium. L'iode libre colore en bleu l'amidon, de sorte que le papier plongé dans un gaz qui contient de l'ozone prend une teinte bleue, dont l'intensité croît avec la quantité d'ozone renfermée dans le mélange. Ce moyen n'est malheureusement pas suffisamment caractéristique, parce que d'autres substances, telles que les vapeurs nitreuses, les exhalaisons des arbres résineux, un grand nombre d'essences bleuissent le papier imprégné d'amidon et d'iodure de potassium.

L'oxydation par l'ozone exige la présence de l'eau : la chaleur le détruit ; aussi convient-il d'employer à sa production des étincelles qui donnent très peu de chaleur, telles que les aigrettes. La meilleure disposition consiste à faire passer l'oxygène ou simplement l'air entre deux lames de verre, recouvertes extérieurement de substances conductrices que l'on fait communiquer avec les pôles de la bobine de Ruhmkorff. Nous avons vu que la lumière électrique apparaît, sous forme d'aigrette, entre les deux lames de verre, quand elles sont placées à une petite distance l'une de l'autre.

La question de l'ozone n'est pas encore complètement résolue ; elle donnera sans doute lieu à de nouvelles recherches qui permettront d'expliquer le rôle que joue l'électricité dans sa production.

Il arrive ordinairement que plusieurs des cinq sortes d'actions chimiques dont nous venons de constater l'existence se passent simultanément. Nous en avons un bel exemple dans les anneaux colorés que produit l'étincelle lorsqu'elle jaillit entre une pointe et une plaque de métal, et il est difficile de faire la part de chacune de ces actions.

Ces anneaux ont été observés, pour la première fois, par Priestley, avec les décharges d'une batterie de Leyde. Plus tard M. de La Rive obtint des effets analogues avec l'arc voltaïque. Nobili et M. Grove ont étudié particulièrement ces phénomènes. Voici les principales observations qui ont été faites par ce dernier :

L'étincelle d'une bobine d'induction jaillissait entre une pointe de métal et une plaque polie, de bismuth, de plomb, d'étain, de zinc, de fer ou d'argent. C'est avec ce dernier métal que l'effet est le plus intense. Nous supposons, dans notre description, qu'il s'agit de ce métal, et qu'il forme l'électrode positive. La distance de la pointe à la plaque était de 3 millimètres, au plus. Le milieu environnant était un mélange d'un volume d'oxygène

et de quatre volumes d'hydrogène sous la pression de 18 millimètres de mercure.

Il se produisit sur la plaque, en face de la pointe, une tache circulaire jaune, verdâtre au centre, bleue verdâtre sur les bords ; ensuite venait un anneau d'argent inaltéré, puis un anneau rouge cramoisi, passant à l'orangé sur le bord intérieur, et au pourpre foncé sur le bord extérieur. En partant d'une distance de $\frac{1}{2}$ millimètre et l'augmentant graduellement, on obtenait des anneaux de plus en plus grands.

On reconnaît dans ces apparences l'effet de la chaleur de l'étincelle, dont la forme est conique, comme nous l'avons vu précédemment, et celui de l'oxydation. La coloration des anneaux est due à la mince couche d'oxyde d'argent formée, qui se comporte à l'égard de la lumière comme la pellicule d'eau d'une bulle de savon. Cette oxydation est sans doute facilitée par la transformation de l'oxygène en ozone.

Quand on renverse le sens du courant, la tache disparaît; il ne reste qu'une petite altération due à la fusion; mais les anneaux colorés ne se montrent plus. Remarquons que, dans ce cas, la plaque étant négative attire l'hydrogène, comme dans la décomposition électrolytique, et que ce gaz décompose l'oxyde d'argent, pour reformer de l'eau avec son oxygène.

C'est en faisant ces expériences que M. Grove observa, à la même époque que M. Ruhmkorff, le phénomène de la stratification entrevu précédemment par M. Abria.

Lorsque l'étincelle jaillit à travers un liquide, les phénomènes qui se produisent sont analogues à ceux que nous venons d'examiner, sauf le cinquième genre d'action, dont on n'a pas d'exemple.

Les cas les plus intéressants sont ceux qui s'expliquent par la décomposition calorifique du liquide et par sa décomposition électrolytique. Cela suppose que le liquide est formé par une seule combinaison chimique et non

par un mélange, et que les électrodes n'ont pas d'action chimique sur ce liquide.

Vers 1790, Paetz et Van Troostwik décomposèrent l'eau par l'étincelle d'une bouteille de Leyde, en employant comme conducteurs de la décharge deux fils d'or très fin. Ils obtenaient ainsi sur chacun de ces fils des bulles gazeuses formées d'hydrogène et d'oxygène. Cette expérience fut répétée par Cuthberston, Pearson et en 1801 par Wollaston qui réussit à opérer la décomposition, sans bouteille de Leyde, avec l'étincelle d'une machine électrique ordinaire. Il enferma un fil de platine ayant $\frac{1}{30}$ de millimètre de diamètre dans un tube de verre, fondit l'extrémité de ce tube à la lampe, de sorte que le fil fût soudé hermétiquement, et usa à la lime l'extrémité fondue jusqu'à ce que le fil de platine apparût au milieu de la paroi de verre. Un tube ainsi préparé s'appelle *baguette de Wollaston*. Deux tubes semblables recourbés et contenant du mercure furent plongés dans l'eau, de façon que l'intervalle laissé entre les extrémités immergées fût de 3 millimètres. On plaça dans le mercure des fils de métal, communiquant respectivement avec la machine électrique et avec le sol, et quand la machine fut mise en mouvement, on vit les bulles gazeuses se dégager nettement au bout des fils. L'effet est dû ici à la chaleur de l'étincelle. Car il suffit de plonger dans l'eau un fil de platine incandescent, comme a fait M. Grove, pour voir apparaître des bulles, formées d'un mélange des gaz constitutifs de l'eau.

M. Grove a vu l'étincelle d'induction opérer à la fois la décomposition calorifique et la décomposition électrolytique de l'eau. Il se servait de baguettes de Wollaston, et il obtint autour de chaque pointe un mélange d'hydrogène et d'oxygène avec excès de l'un ou de l'autre de ces gaz. S'il n'y avait eu qu'une décomposition calorifique, le volume de l'hydrogène eût été double de celui de l'oxygène, parce que ce sont là les proportions dans les-

quelles ces deux gaz forment l'eau. Si l'on trouve à l'une des pointes un volume d'hydrogène plus grand que le double de l'oxygène, il faut admettre que les éléments d'une partie de l'eau ont été séparés par le courant électrique, que l'hydrogène de cette partie s'est dégagé à la pointe considérée, tandis que l'oxygène se dégageait à l'autre.

En soudant une petite plaque de platine au fil d'une des baguettes, M. Grove a vu les gaz se dégager seulement à l'autre baguette. Lorsque les fils de platine dépassaient les extrémités des baguettes, les gaz étaient séparés. Enfin avec deux baguettes terminées par des petites plaques de platine, il n'y avait plus de dégagement gazeux.

Il y a d'ailleurs avec l'étincelle d'induction une complexité du phénomène, qui tient à l'induction. Quand les étincelles se succèdent par le jeu de l'interrupteur, il se produit des courants alternatifs de sens contraire, de sorte que l'hydrogène et l'oxygène obtenus par l'électrolyse peuvent se trouver mêlés autour de la même électrode. Ajoutons à cela que l'oxygène se combine aisément avec l'eau pour former du *bioxyde d'hydrogène*, et nous aurons l'explication de la variété des effets que l'on peut observer suivant les circonstances. On élimine l'une des causes de complexité, en établissant dans le fil induit une solution de continuité, de façon qu'une étincelle jaillisse dans l'air; alors les gaz se trouvent mieux séparés, parce que l'étincelle ne laisse passer qu'un des deux courants, celui qui naît à l'ouverture du circuit inducteur.

L'étincelle de rupture opère aisément des décompositions calorifiques. M. Melly a décomposé ainsi l'alcool, les huiles, ce que Morgan avait déjà fait avec l'étincelle ordinaire, l'éther, l'huile de naphte, le sulfure de carbone, le chlorure de soufre, l'eau pure. Parmi les procédés qu'il a mis en usage, le plus ingénieux consiste à plonger dans le liquide une roue de métal, dentée, sur le contour de laquelle s'appuie un ressort de métal. La roue et le ressort communiquent respectivement avec les

pôles d'une pile. Quand on fait tourner la roue, le ressort cesse de la toucher dans l'intervalle de deux dents, et une étincelle de rupture jaillit : c'est un moyen très simple d'obtenir à la même place une succession rapide d'étincelles. Il se produit de la vapeur du liquide quand il est volatil ; c'est le premier effet de la chaleur : puis les produits de sa décomposition apparaissent tantôt sous forme de bulles, tantôt sous forme de poussière, suivant leur nature. Ainsi l'huile d'olive donne un mélange d'hydrogène et de carbure d'hydrogène, l'alcool et l'éther donnent un peu de charbon, le sulfure de carbone donne du charbon et du soufre, etc. Il faut que le métal de l'appareil soit sans action chimique sur les produits de la décomposition, si l'on veut les séparer. On se sert ordinairement du platine, excepté pour les chlorures. Dans ces expériences l'eau distillée donne lieu à un dépôt abondant de poussière de platine.

L'action électrolytique de l'étincelle se démontre très facilement par une expérience de Faraday. On met en contact sur une lame de verre un morceau de papier de curcuma, et un autre de tournesol bleu, imprégnés l'un et l'autre d'une solution de sulfate de soude. Puis on met en face du tournesol une pointe métallique communiquant avec le conducteur positif de la machine électrique et, en face du curcuma, une autre pointe semblable communiquant avec le conducteur négatif. Sitôt que la machine est en activité, on voit rougir le tournesol, ce qui indique la présence de l'acide sulfurique, et brunir le curcuma, ce qui indique la présence de la soude. Ainsi l'étincelle opère la décomposition du sel, attirant l'*acide* du côté de l'électrode positive et la *base* du côté de l'électrode négative.

On observe la plupart de ces actions chimiques en produisant l'arc voltaïque dans les liquides. Quand la pile est très puissante, une particularité remarquable se manifeste. Observée d'abord par Hare, Mackrell, Grove, elle

a été étudiée avec soin par M. Quet. Les électrodes d'une pile de 40 grands éléments de Bunsen étant plongées dans l'eau acidulée, et trop éloignées l'une de l'autre pour que l'arc s'établît, les fils de platine, qui servaient d'électrodes, parurent entourés d'une gaine lumineuse, violette du côté négatif, rouge du côté positif. La décomposition électrolytique était très faible, tant que durait cette lueur. Ce phénomène se rattache à ceux de la *caléfaction*. Quand un corps incandescent est plongé dans un liquide volatil, il se recouvre d'une couche de la vapeur de ce liquide, et cette vapeur empêche le contact du corps avec le liquide lui-même. Ici les gaz que l'action électrolytique met en liberté contribuent avec la vapeur à la formation de la couche isolante où se montre la lueur électrique.

M. Planté a observé plusieurs effets de ce genre avec sa pile secondaire de 400 éléments.

Dans tout ce qui précède, nous avons examiné les actions chimiques qui résultent du contact des corps avec l'étincelle. Il y a un autre mode d'action chimique, qui se manifeste à distance, et qu'on peut regarder comme une propriété des *radiations* émises par l'étincelle.

Quelque temps après l'expérience de Davy sur l'arc voltaïque, Brande reconnut que cette source lumineuse provoquait, comme le soleil, la combinaison du chlore et de l'hydrogène, et la décomposition du chlorure d'argent qui est le point de départ de la photographie. M. De la Rive réussit ensuite à photographier à la lumière électrique, comme on photographie au soleil. C'est une analogie de plus entre le rayonnement de l'arc et celui du soleil que nous devons ajouter à celle que nous a fait connaître la comparaison des pouvoirs calorifiques de ces deux sources. On sait que le spectre solaire s'étend, non seulement du côté du rouge, comme nous l'avons dit, mais encore au delà du violet, de sorte que la partie moyenne est seule visible. Les rayons *ultra-violets* ne sont ni visibles, ni calorifiques; mais ils possèdent l'activité chimique

au plus haut degré. Par eux une partie de l'énergie engendrée dans le soleil se transmet sur les corps planétaires sous la forme d'énergie chimique; ils y opèrent mille réactions chimiques dans les êtres vivants, particulièrement dans les végétaux, qui, on le sait, ne respirent que sous l'influence du soleil. Sous cette influence l'acide carbonique et la vapeur d'eau de l'atmosphère sont décomposés; le carbone et l'hydrogène se fixent dans les tissus et de cette manière l'énergie demeure emmagasinée, tant que ces tissus restent inaltérés. Vienne plus tard l'élaboration de ces tissus dans la nutrition des animaux ou leur destruction dans la combustion au milieu de nos foyers, nous retrouvons cette énergie sous forme de chaleur. Admirable exemple de la conservation de l'énergie, à laquelle les phénomènes les plus variés doivent leur harmonie!

Chaque étincelle électrique qui jaillit dans notre laboratoire dépense l'énergie de la même manière. Mais elle n'est pas perdue pour nous, elle se retrouve quelque part, dans les corps environnants, sous forme de chaleur ou d'action chimique. Si une plante vivait sous la protection d'un arc voltaïque, elle absorberait cette énergie, et si nous la prenions ensuite comme aliment, c'est en nous que cette énergie reparaîtrait, pour subir à notre gré de nouvelles transformations.

5. — Phosphorescence et fluorescence.

La phosphorescence est une propriété qu'on a attribuée pendant longtemps à un petit nombre de corps, et qui paraît être au contraire assez générale d'après les récentes recherches de M. Ed. Becquerel.

Elle se manifeste dans les circonstances suivantes :

Quand on met de la poussière de spath fluor sur du

mercure bouillant, ou même sur l'alliage de Darcet fondu au-dessous de 100°, elle émet une lueur verdâtre. D'autres substances se conduisent de même sous l'influence de la chaleur et émettent une lumière dont la teinte est spécifique pour chacune d'elles.

Le frottement produit sur certaines substances un effet analogue. Ainsi la dolomie émet dans cette circonstance une lueur rouge qui persiste pendant quelque temps. Deux morceaux de cristal de roche frottés l'un contre l'autre donnent aussi une lueur. La plupart des métaux ne produisent rien. On a naturellement comparé ces lueurs à celle que produit l'électricité. Mais l'électricité n'est pas la cause de la phosphorescence par le frottement. Car Dufay a montré que certaines substances acquièrent cette propriété sans devenir électriques, tandis que d'autres deviennent électriques par le frottement sans devenir en même temps phosphorescentes.

Canton avait vu l'insolation développer la même propriété dans le sulfure de calcium, qu'on appelait à cause de cela *phosphore de Canton*. L'azotate de chaux s'appelait, pour une raison semblable, *phosphore de Baudouin*. La craie se comporte de la même manière et M. Becquerel a vu dans cette propriété une cause possible des effets lumineux que les voyageurs ont remarqués sur les montagnes d'Afrique après le coucher du soleil. En 1858, M. Ed. Becquerel a montré qu'une foule de corps sont comme les précédents, lumineux dans l'obscurité, après avoir été exposés au soleil, et il a imaginé le *phosphoroscope*, qui permet d'*insoler* le corps pendant un temps connu, et de l'observer dans l'obscurité après un intervalle de temps connu aussi. Parmi les corps, les uns tels que ceux que nous avons cités luisent dans l'obscurité pendant plusieurs minutes ; les autres pendant un instant très court que M. Becquerel a vu être *inférieur* à $\frac{1}{5000}$ de seconde. La couleur de la lumière émise dans ces circonstances dépend toujours de la nature du corps.

On a aussi fait agir, au lieu de la lumière blanche du soleil, chacune des lumières simples que le prisme sépare, et on a vu la couleur de la phosphorescence rester *inférieure* en réfrangibilité à celle de la lumière excitante. Ainsi un corps impressionné par la lumière rouge ne peut émettre que des rayons rouges ; impressionné par la lumière orangé, il peut émettre des rayons rouges et orangés; par la lumière jaune, des rayons rouges, orangés et jaunes, etc. Il n'émet aucun rayon plus réfrangible que ceux qui ont causé l'excitation. Cette loi est une des plus importantes qui concernent la phosphorescence par insolation.

Les liquides et les gaz ne deviennent pas phosphorescents dans les circonstances précédentes.

La *fluorescence* peut être définie la propriété que possèdent certains corps d'émettre, quand ils reçoivent des rayons d'une réfrangibilité donnée, une lumière composée de rayons moins réfrangibles que les précédents. Par exemple une infusion d'écorce de marronnier d'Inde exposée aux rayons violets du soleil émet une lumière d'un bleu de ciel magnifique. Il suffit de projeter sur le vase de verre ordinaire qui la contient les rayons solaires, en interposant un verre violet, pour que le phénomène se produise.

Cette propriété était connue depuis longtemps, le père Kircher en parle; Gœthe cite justement l'écorce de marronnier. Mais c'est M. Stokes qui a montré qu'elle appartenait à diverses substances, et qui en outre a découvert la loi de la réfrangibilité. Cette loi est la même que celle de M. Ed. Becquerel sur la phosphorescence par insolation, et elle établit un lien entre ces deux phénomènes. Il résulte d'ailleurs de tous les faits connus qu'ils sont dus tous les deux à la même cause, et qu'ils constituent une seule propriété. On peut dire que la fluorescence est une phosphorescence par illumination de durée infiniment petite, et d'une intensité très grande.

Le lecteur peut se demander si les rayons invisibles ultra-violets sont capables de produire la fluorescence, et par conséquent de rendre certains corps lumineux, quand ils ont reçu l'impression de ces rayons invisibles. M. Stokes a en effet découvert ce phénomène avec la solution de sulfate de quinine dans l'acide tartrique. On fait l'expérience de la manière suivante.

On trace quelques caractères sur une feuille de papier blanc avec la solution; quand les traits sont secs on ne les distingue pas à la lumière du jour. On projette ensuite un spectre solaire sur la feuille, de façon que les caractères soient sur son prolongement au delà du violet; alors ils apparaissent nettement avec une couleur lavande caractéristique. Ainsi le sulfate de quinine excité par les rayons plus réfrangibles que le violet émet des rayons violets moins réfrangibles que les précédents, ce qui est bien conforme à la loi de Stokes.

Certains corps solides jouissent de la fluorescence. Ainsi un verre qui contient de l'urane donne une belle lumière verte quand il est excité par les rayons solaires bleus ou violets.

L'analogie de la lumière électrique avec la lumière solaire que nous avons déjà observée au point de vue de l'intensité, de l'action calorifique, et de l'action chimique, existe encore au point de l'action *phosphorogénique*. Les phénomènes que l'on observe sur les corps excités par les rayons solaires se produisent très bien quand on emploie les rayons de l'étincelle ou de l'arc voltaïque. L'étincelle convient particulièrement pour la phosphorescence : car, à cause de sa faible durée, on est dispensé de l'usage d'un appareil pour séparer l'excitation de l'observation dans l'obscurité. L'étincelle jaillissant dans la chambre noire à côté de la substance phosphorescente, on voit celle-ci luire, quand la lumière de l'étincelle a disparu, pourvu toutefois que la durée de la phosphorescence soit supérieure à la durée de l'impression optique.

Les coquilles d'huitres calcinées, pulvérisées avec du soufre, servent habituellement d'exemple, parce que l'effet est très durable. Il y a des changements de teintes, qui s'expliquent par l'inégalité de la durée pour les diverses espèces de rayons émis. En rangeant les substances suivantes dans l'ordre indiqué dans le tableau, on verra simultanément les principales couleurs spectrales ; mais elles n'auront pas toutes la même durée.

Bleu.	Spath fluor.
Vert.	Composés de l'urane.
Jaune.	Sulfate de quinine fondu.
Orangé.	Leucophane.
Rouge.	Composés de l'alumine.

M. Geissler, en préparant les tubes à gaz raréfiés destinés à la lumière électrique, observa par hasard la phosphorescence du gaz qui se trouvait dans quelques-uns de ces tubes. Ruhmkorff fit connaître à Paris cette propriété vers 1858 et M. Ed. Becquerel en fit l'étude. Il reconnut que l'oxygène mêlé de vapeur d'acide sulfurique donnait surtout lieu au phénomène. M. Morren à Marseille et M. Sarrasin à Genève ont fait de nombreuses recherches à ce sujet ; mais la difficulté de se procurer l'oxygène parfaitement pur a empêché jusqu'à présent de savoir quelle est la substance gazeuse qui est réellement mise en activité. L'air adhérent au verre des appareils suffit pour que l'oxygène se trouve mêlé d'une petite quantité d'azote et il semble assez difficile de s'en débarrasser. L'ozone joue un rôle important ; car nous savons qu'il se produit sous l'influence de l'étincelle, et M. Sarrasin a observé qu'en mettant dans le gaz raréfié de la poudre d'argent, substance qui détruit l'ozone, la phosphorescence n'avait plus lieu. Le rôle de la vapeur de l'acide sulfurique serait expliqué par la décomposition électrolytique de sa vapeur, transportant l'oxygène ozonisé à l'électrode positive, et, à l'appui de cette conjec-

ture, nous avons l'observation suivante de M. Morren relative à la distribution de la lumière dans le tube.

Lorsqu'on a fait passer dans le tube une série d'étincelles d'induction et qu'on arrête le courant, l'intérieur du tube possède une teinte d'un blanc vaporeux, semblable à un brouillard. Cette teinte ne se montre pas à l'électrode négative, elle s'évanouit peu à peu, comme toute lueur phosphorescente.

L'étincelle électrique produit la fluorescence, et tout le monde peut voir dans les cabinets de physique de charmants tubes de Geissler, aux formes les plus variées, les plus gracieuses, que la bobine de Ruhmkorff colore des nuances les plus vives et les plus inattendues. A la lumière du jour toutes les parties de ces tubes semblent incolores ; dès que l'étincelle les traverse dans l'obscurité, ces parties se distinguent par leurs couleurs. Voici les principaux faits qui se trouvent rassemblés dans ces curieux appareils.

Les solutions de certaines substances étant renfermées dans des tubes de verre, et ces tubes étant enveloppés ou traversés par des tubes contenant de l'air raréfié et des fils de platine servant d'électrodes, l'étincelle qui jaillit entre ces fils excite la fluorescence des liquides. La couleur verte s'obtient avec la racine de curcuma, le bois de Cuba; la couleur bleue avec le gaïac, l'écorce de marronnier d'Inde, l'écorce de frêne, le pétrole, le sulfate de quinine. Les tubes étant composés de diverses qualités de verre, dans lesquelles entrent l'urane, l'alumine, etc., on obtient la fluorescence verte, rouge, etc. Enfin la couleur même de l'étincelle ajoute son effet à tous les précédents ; elle dépend de la nature du gaz.

Les liquides fluorescents ne se comportent pas toujours de la même manière au soleil et à la lumière de l'étincelle. Ainsi l'extrait de menthe poivrée donne une couleur rouge à la lumière du soleil et à celle du magnésium en combustion ; il ne produit presque rien avec le

tube de Geissler. Il en est de même de la solution alcoolique du *rose de Magdala*.

Parmi les nombreuses expériences auxquelles se sont livrés les physiciens dans ces dernières années, nous signalerons encore une curieuse observation de M. Müller: le spectre de l'étincelle d'induction parut dix fois plus long sur une plaque de verre, que sur une feuille de papier blanc, les électrodes étant en zinc, et neuf fois, lorsque les électrodes furent en aluminium [1].

Les phénomènes que nous venons de décrire nous montrent un corps transmettant simplement aux corps environnants l'énergie qu'il a puisée dans l'étincelle, sans que cette énergie ait changé sa forme, qui est celle de la lumière. Mais les éléments de cette énergie ont subi une modification, qui correspond à la diminution de réfrangibilité des radiations. On peut comparer l'étincelle à un corps vibrant, qui produit un son, le corps phosphorescent aux cordes d'un piano, qui renvoient le son en le modifiant suivant leurs natures, leurs diamètres, leurs longueurs et leurs tensions. Quelques-unes restent immobiles ; les autres vibrent harmoniquement avec le corps sonore ; ce sont les plus longues et le son qu'elles font entendre est plus grave que le son excitateur. C'est l'air qui a transmis la vibration de la source aux cordes. C'est aussi l'air qui transmet la vibration composée des cordes à notre oreille. Telle est l'image de la fluorescence et de la phosphorescence par illumination.

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, tome XIII. 1868.

CHAPITRE VI

APPLICATIONS DE L'ÉTINCELLE

L'industrie a su tirer parti des propriétés de l'étincelle électrique, par exemple de l'instantanéité de son apparition au moment de la décharge, de la chaleur qu'elle développe, de l'intensité de sa lumière. Nous ne considérerons ici que les applications techniques, celles qui ont trouvé place dans les arts et dans les sciences appliquées, et nous laisserons de côté les nombreux usages qu'en en fait dans les laboratoires pour les recherches scientifiques. Nous passerons rapidement en revue ces applications dans l'ordre que nous venons d'indiquer.

1. — Appareils fondés sur l'instantanéité de l'étincelle.

Nous avons déjà vu qu'au milieu du dix-huitième siècle une expérience faite en Angleterre sur la bouteille de Leyde avait montré que la décharge par étincelle a une durée inappréciable, même avec un très long circuit. Il faut recourir au miroir tournant, comme l'a fait M. Wheatstone, pour observer quelque intervalle de temps entre

l'apparition de deux étincelles, dont l'une jaillit entre l'armature intérieure d'une bouteille non isolée et un fil conducteur isolé, et l'autre entre l'extrémité de ce fil long de plusieurs kilomètres et un conducteur communiquant avec le sol.

En 1794, Reiser imagina un télégraphe fondé sur cette propriété, et son système fut mis en pratique avec quelque succès par Salva en Espagne. Entre les deux stations étaient tendus des fils conducteurs parfaitement isolés, ce qui est une des difficultés de ce système ; chacun de ces fils portait une lettre à l'extrémité située à la station de départ, et à son autre extrémité était placée à une petite distance la même lettre de métal communiquant avec le sol. Quand on voulait désigner une lettre, on chargeait une bouteille de Leyde à la station de départ en la tenant à la main par l'armature extérieure, et on approchait du fil correspondant à cette lettre le bouton de l'armature intérieure. L'étincelle jaillissait simultanément aux deux extrémités du fil, et montrait à la station d'arrivée la lettre qu'on voulait désigner.

La découverte de la pile et celle de l'électro-magnétisme ayant amené l'invention d'un télégraphe beaucoup plus simple et plus sûr, le système de Reiser est tombé dans l'oubli. Il est juste de lui donner une place dans l'histoire de la télégraphie, parce que c'est la première tentative qui ait été faite en vue d'appliquer l'une des principales propriétés de l'électricité.

Vers 1858, M. Martin de Brettes, officier de l'artillerie française, a imaginé plusieurs appareils fort ingénieux, destinés à mesurer des intervalles de temps très courts, séparant le passage d'un mobile par des positions successives connues. Il avait surtout en vue la détermination exacte de la vitesse des projectiles lancés par les armes à feu ; mais la solution qu'il trouva lui suggéra beaucoup d'autres applications, dont les sciences appliquées peuvent tirer un parti avantageux.

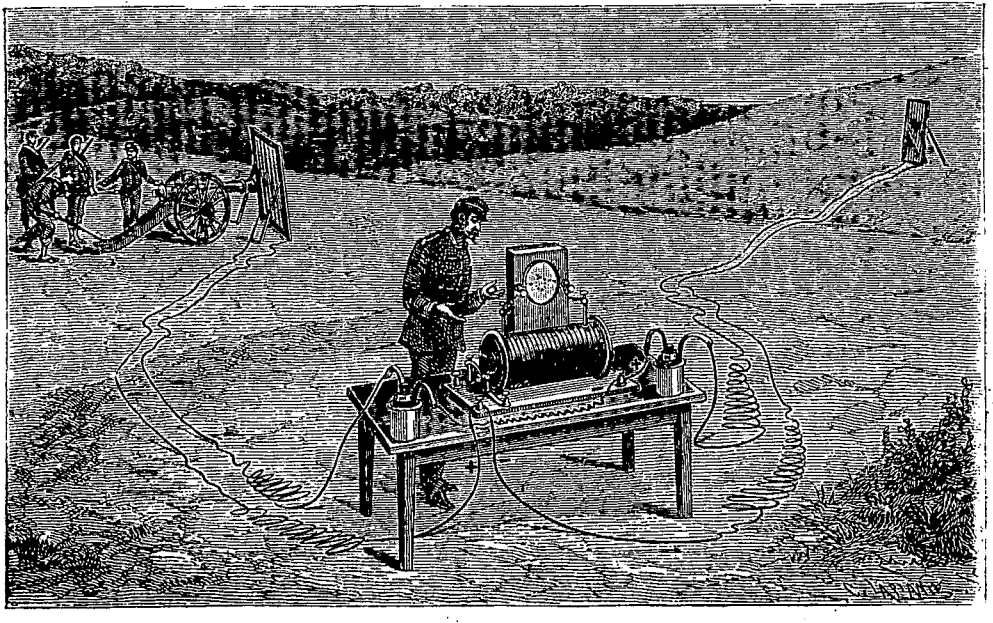


Fig. 74. — Vitesse d'un projectile.

La propriété de l'étincelle que ces appareils utilisent, indépendamment de l'instantanéité de la décharge, est celle que nous a fait connaître l'expérience du perce-carte.

Imaginons un disque de métal, revêtu sur un côté d'une feuille de papier et tournant uniformément autour de son centre. A une petite distance du papier se trouve une pointe de métal, fixe, communiquant avec l'un des pôles de la bobine de Ruhmkorff. Le disque de métal communique avec l'autre pôle par l'intermédiaire d'un ressort sur lequel il s'appuie constamment. Dès qu'une étincelle jaillira entre la pointe et le disque, un petit trou se produira dans le papier, et on pourra observer sa place à loisir, quand on aura arrêté le disque.

S'agit-il de mesurer la vitesse d'un projectile, voici comment on pourra opérer. On mettra sur la ligne que doit suivre le projectile une cible formée par un fil métallique, replié en zigzag, et fixé sur un châssis isolant (fig. 74); puis on formera un circuit voltaïque avec la cible, le fil inducteur de la bobine de Ruhmkorff et une pile de quelques éléments. Une seconde cible placée plus loin formera un second circuit semblable, disposé de façon que son courant neutralise l'action du premier sur le fer de la bobine. Quand le projectile rencontrera la première cible, il ouvrira le circuit correspondant, et l'autre mettant la bobine en activité, les étincelles se succéderont rapidement; on aura une suite de points marqués sur le disque tournant. Atteignant ensuite la seconde cible, le projectile rompra le second circuit et la bobine rentrera au repos; la ligne de points marqués sur le disque correspondra au passage du projectile entre les deux cibles et fera connaître sa durée. En divisant par cette durée la distance des cibles, on aura la vitesse moyenne du projectile.

Les appareils de M. Martin de Brettes ne sont pas identiques à celui que nous venons d'étudier, mais on y re-

trouve les mêmes principes. On peut les appliquer de diverses manières.

Nous donnerons une idée de l'extension qu'on peut

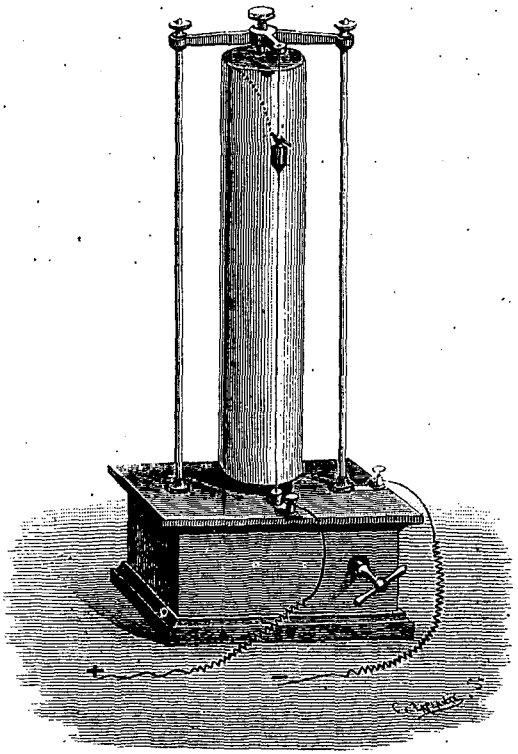


Fig. 75. — Appareil pour la chute d'un corps.

donner à l'*Indicateur par étincelle*, en résolvant cet autre problème : Inscrire le mouvement d'un corps pesant qui tombe librement.

Un cylindre de métal, recouvert d'une feuille de pa-

pier, est placé verticalement, et reçoit d'un mouvement d'horlogerie une rotation uniforme autour de son axe (*fig.* 75). Ce cylindre communique avec l'un des pôles de la bobine de Ruhmkorff, munie de son interrupteur à vibrations rapides. Le corps pesant est un petit cylindre de plomb, terminé en cône à sa partie inférieure ; il est traversé par un fil de cuivre isolé, tendu verticalement à une petite distance du cylindre, et muni d'une pointe de platine qui est très près de la feuille de papier ; ce fil communique avec le second pôle de la bobine.

Supposons que le corps pesant soit en repos, l'interrupteur fonctionnant : les étincelles vont se succéder rapidement entre la pointe et la surface du cylindre ; elles produiront une série de petits trous dans le papier, sur une circonférence horizontale.

Abandonnons le corps pesant à lui-même ; il tombera en glissant très légèrement le long du fil vertical, qui lui sert de guide, et la série de petits trous dessinera sur toute la hauteur parcourue une courbe *parabolique* qui résout le problème.

2. — Appareils utilisant la chaleur de l'étincelle.

Après l'invention de son électrophore, Volta imagina un appareil pour allumer une bougie à l'aide de l'étincelle électrique.

L'électrophore est placé dans le socle de l'appareil (*fig.* 76). Le gâteau de résine *r* a été électrisé par le frottement d'une peau de chat, et il conserve assez longtemps son électricité, si l'on entretient près de lui une substance qui absorbe l'humidité. Au-dessus du socle est un générateur d'hydrogène. Il est composé d'un flacon de verre A, muni d'un robinet de cuivre R, et d'un récipient de verre B qui sert à fermer le flacon ; le prolongement de

ce récipient est ouvert et descend jusqu'au fond de l'appareil. Un cylindre de zinc z est suspendu le long de ce prolongement, sans dépasser son extrémité inférieure. Quand on verse de l'eau aiguisée d'acide sulfurique dans le récipient, elle descend dans le flacon jusqu'à ce que son niveau atteigne le robinet, celui-ci étant ouvert. On le ferme alors, et le zinc se trouve plongé entièrement

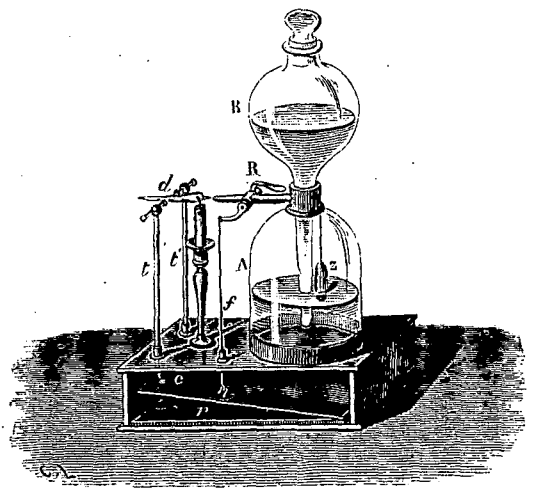


Fig. 76. — Briquet électrique.

dans l'eau ; de l'hydrogène se dégage, et fait monter l'eau du flacon dans le récipient B, jusqu'à ce que le zinc z soit complètement sorti du liquide. On a ainsi une petite provision de gaz hydrogène, possédant une pression supérieure à celle de l'atmosphère.

Si on ouvre le robinet, un jet de gaz sort; c'est ce jet qui doit allumer la bougie, après avoir été enflammé par l'étincelle.

Pour cela, le robinet est en face de deux pointes de métal dont l'une est isolée, et dont l'intervalle *d* est assez petit. La pointe isolée communique avec un conducteur vertical *tc*, également isolé, qui traverse la paroi du socle et aboutit à une petite distance du plateau métallique de l'électrophore. A la clef du robinet est attaché un cordon de soie *f* qui traverse la même paroi et soutient ce plateau. Quand le robinet est fermé, le plateau touche le gâteau de résine, et aussi une feuille d'étain collée sur le bord du gâteau, ce qui le fait communiquer avec le sol. Quand on tourne le robinet, on soulève le plateau, et on l'amène en contact avec le conducteur *ct* de la pointe isolée. Une étincelle jaillit entre les deux pointes, au milieu du jet d'hydrogène, et l'enflamme. Le jet, devenu incandescent, allume enfin la bougie.

Le *briquet à hydrogène* de Volta n'est qu'un appareil de physique; mais il est le premier exemple d'une utile application de la chaleur de l'étincelle. Après l'invention de l'éclairage au gaz, dû au français Lebon, on songea à l'allumage électrique des becs; mais c'est seulement après celle de la bobine d'induction que la question fut résolue d'une matière pratique. MM. du Moncel et Liais furent les promoteurs de ce procédé.

Imaginons un grand nombre de becs, munis chacun de deux pointes métalliques isolées (fig. 77), qui soient reliées entre deux becs par un fil de cuivre recouvert de gutta-percha, et supposons que les pointes extrêmes de la série soient mises en communication avec les pôles de la bobine de Ruhmkorff. Nous aurons ainsi un circuit présentant une solution de continuité à chaque bec. Voulons-nous allumer tous ces becs simultanément; il suffira d'ouvrir un robinet livrant passage au gaz, et de fermer le circuit inducteur de la bobine. Aussitôt les étincelles jaillissent à chaque solution de continuité, et enflamment le gaz du bec correspondant. On ouvrira ensuite le circuit inducteur, pour arrêter la production des

étincelles, et l'appareil sera prêt à fonctionner pour le rallumage suivant.

Cet ingénieux procédé a été fréquemment utilisé dans les amphithéâtres, lorsqu'on avait besoin d'éteindre momentanément les becs, comme cela a lieu à la scène et dans les cours de physique.

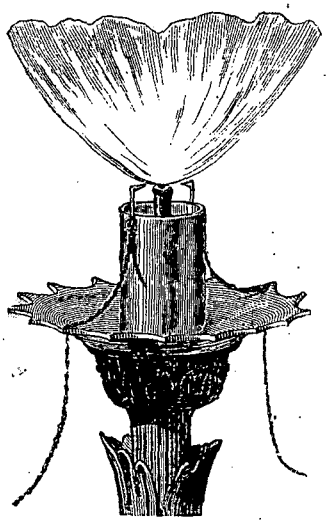


Fig. 77. — Allumage électrique.

On l'emploie également depuis plusieurs années pour allumer les appareils à gaz destinés à éclairer les salles d'assemblée, celle du Sénat par exemple. L'allumage se fait en quelques instants sans aucune interruption de la séance, au moyen d'une bobine Ruhmkorff actionnée par des piles Léclanché de grandes dimensions. Cette pile présente l'avantage de ne donner aucune émanation, d'exiger fort peu d'entretien et d'être, par conséquent, toujours prête à fournir le courant nécessaire.

Il y a une autre circonstance où l'allumage électrique est encore fort utile. C'est pour la production des signaux de nuit. Au lieu de hisser des fanaux au sommet d'un mât, ce qui exige une manipulation assez compliquée et peu rapide, il vaut mieux établir ces fanaux à poste fixe, et les allumer au moment voulu par l'étincelle. Cette application est due à M. Trèves, officier de la marine française.

L'éclairage des wagons de chemins de fer trouverait aussi dans ce procédé un avantage sérieux, et il est bien

à désirer que la routine n'entrave pas le développement d'une excellente application industrielle.

Nous trouvons une seconde application de la chaleur de l'étincelle dans une classe de moteurs à gaz, qu'on désigne habituellement sous le nom de moteurs Lenoir.

En 1801, Lebon, l'inventeur de l'éclairage au gaz, décrivait ainsi la machine à gaz, dans une addition à son brevet du 25 août.

« Dans le cylindre A s'opère la combustion du gaz inflammable, qui est introduit au moyen du tuyau B, tandis que l'air atmosphérique nécessaire pour la combustion y est refoulé par le tuyau C..... On sait qu'on peut déterminer l'inflammation par l'étincelle électrique même dans des vaisseaux fermés. On pourrait disposer une machine électrique qui serait mue par celle à gaz, de manière à répéter les détonations dans des instants dont l'intermittence pourrait être réglée et déterminée[1]. » L'idée d'appliquer l'étincelle électrique aux moteurs à gaz appartient donc à Lebon.

Nous arrivons à la principale application de la chaleur de l'étincelle, c'est l'inflammation des mines à grande distance. Les appareils employés sont surtout la bobine de Ruhmkorff, et, depuis 1867, le coup de poing Bréguet, qui est d'une installation plus facile, mais qui produit l'étincelle avec moins de sûreté.

C'est M. du Moncel qui eut le premier l'occasion de faire servir l'étincelle de la bobine de Ruhmkorff à l'inflammation de la poudre dans les mines. Avant 1854, le procédé en usage consistait à faire des trous dans le rocher, à y placer une fusée munie d'une longue mèche à laquelle on mettait le feu. La mèche se consume graduellement, et, quand la chaleur atteint la poudre, l'explosion a lieu. Ce procédé expose les ouvriers à un danger

[1] *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, 1861. Rapport de M. Tresca sur la machine Lenoir.

sérieux, soit parce que l'inflammation a lieu avant qu'ils aient eu le temps de s'éloigner, soit parce que, au contraire, elle a lieu trop tard, et que les ouvriers se sont déjà rapprochés. Ce dernier cas se présente le plus souvent, parce qu'on fait habituellement partir plusieurs mines ensemble, et qu'on ne peut savoir si toutes ont fait explosion simultanément.

Hare songea le premier à enflammer les mines à l'aide d'un fil de platine très fin, rougi par le courant voltaïque. Roberts imagina le premier appareil assez simple pour entrer dans la pratique. Mais la bobine de Ruhmkorff offrit une solution inespérée.

Voici dans quelles circonstances M. du Moncel la réalisa[1] :

On creusait à Cherbourg un bassin dans le roc, sur une longueur d'un kilomètre et une profondeur de 20 mètres. Quinze ans de travail par les procédés ordinaires n'avaient donné qu'un mince résultat, au prix d'une somme considérable. Le gouvernement eut recours à l'industrie privée et MM. Dussaud et Rabattu se mirent à l'œuvre. Ils firent usage de *mines monstres*, formées de cavités ayant 3 ou 4 mètres cubes de capacité, qu'on creusait au nombre de deux au fond d'un puits de 12 mètres de profondeur (fig. 78). La poudre était renfermée dans de grands sacs en gutta-percha, que l'on plaçait dans les cavités ; chaque sac contenait en outre une fusée d'explosion, qui terminait un tuyau flexible, rempli de poudre, qu'on appelle *saucisson*. Les saucissons ayant été amenés jusqu'à l'orifice du puits, on maçonnait la galerie inférieure, on remplissait de terre le puits.

Pour déterminer l'explosion, on faisait communiquer à la surface du sol les saucissons avec des traînées de poudre, aboutissant à un point central, où l'on mettait une mèche d'amadou : on allumait cette mèche, et le feu

[1] *Notice sur l'appareil de Ruhmkorff*, par M. du Moncel.

se communiquait par les traînées de poudre à chaque saucisson, puis de chaque saucisson au sac de poudre correspondant. Malheureusement, toutes les mines ne partaient pas, la chaleur ne se communiquant pas jusqu'aux cavités souterraines, et de plus, elles ne partaient pas à la fois, ce qui nuisait beaucoup à la vivacité de l'ébranlement. MM. Dussaud et Rabattu prièrent M. du Moncel

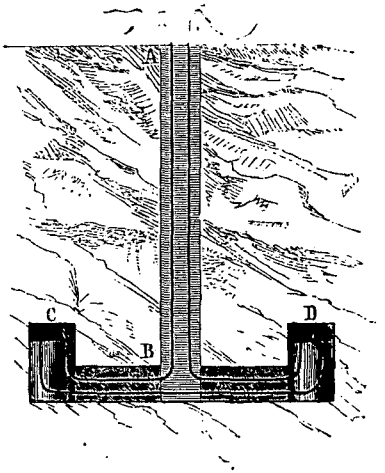


Fig. 78. — Mine monstre.

de tenter l'emploi de l'électricité. Les premiers essais furent faits le 1er septembre 1854. Six mines monstres éclatèrent à la fois. On n'entendit qu'une seule détonation, et plus de 50000 mètres cubes de rochers furent détachés ; ce qui représente une tranchée ayant 500 mètres de longueur, 10 mètres de largeur et 10 mètres de profondeur.

« L'effet de l'explosion des mines monstres, dit M. du Moncel, est tout à fait différent de celui des petites mines. Peu de fragments de petite pierre sont projetés en l'air ;

mais on voit le terrain se soulever comme une enveloppe qui se gonfle. Quand ce soulèvement a atteint 1 ou 2 mètres, des déchirures se forment de tous côtés, et la fumée, quelques instants comprimée, en s'échappant à travers ces fissures, donne à ces mines l'apparence d'un cratère volcanique en éruption. La détonation n'est pas extrêmement forte ; c'est un bruit sourd, qui semble venir de loin, et à la suite duquel se produit un petit tremblement de terre qui, du reste, ne se propage pas assez loin pour endommager les bâtiments dans le voisinage. »

Pour employer l'électricité à ces travaux gigantesques, on remplace la fusée d'explosion par une *amorce*, dans laquelle se trouvent une substance explosible et deux fils de platine dont les extrémités noyées dans cette substance laissent entre elles un petit intervalle. Ces fils sont mis en communication avec les pôles de la bobine d'induction par l'intermédiaire de fils de cuivre recouverts de gutta-percha. Ceux-ci remplacent les saucissons dont il était question plus haut, et les traînées de poudre à la surface du sol. Les difficultés principales qu'il a fallu surmonter sont la confection des amorces, et la disposition des conducteurs, quand on doit faire partir plusieurs mines à la fois.

Les amorces les plus employées avec la bobine de Ruhmkorff sont les fusées de l'ingénieur anglais Statcham. Leur découverte est due au hasard. Un câble sous-marin ayant été mis à l'essai, présenta une solution de continuité. M. Statcham aperçut des étincelles se succédant rapidement le long de l'enveloppe de gutta-percha, et il reconnut que cet effet était dû à l'empreinte du fil de cuivre sur la gutta-percha, qui constituait un corps médiocrement conducteur interposé entre les deux bouts du fil rompu. Comme la gutta-percha est imprégnée de soufre, le contact prolongé du cuivre y produit une pellicule de sulfure de cuivre, qui adhère à l'enveloppe du fil de métal. Quand ce fil seul est coupé, la pellicule reste sur la

gutta-percha et la solution de continuité n'est pas complète. Il est probable que la pellicule rougit par l'effet du courant et qu'il s'établit ensuite un petit arc voltaïque.

La fusée de Stateham présente une solution de continuité de ce genre. Il y a une échancrure dans l'enveloppe de gutta-percha et une interruption dans le fil. On met dans l'échancrure un peu de fulminate de mercure, de la poudre, et on dispose le tout dans une cartouche remplie de poudre. M. Stateham employait ses fusées à l'explosion des mines par la pile voltaïque. Ruhmkorff s'en servit ensuite avec sa bobine. L'étincelle ordinaire, nous l'avons vu, n'enflamme pas la poudre, à cause de son instantanéité. Grâce à l'invention de M. Stateham, cette première difficulté fut vaincue.

Avec le *coup de poing* Bréguet (fig. 12), on emploie un autre système d'amorces plus sûres que les précédentes. Elles ont été imaginées par M. Abel, officier du génie anglais. Deux fils de cuivre enveloppés de gutta-percha ont leurs extrémités nues et distantes d'un millimètre ; ils sont engagés dans une petite capsule d'étain qu'on remplit d'un mélange de chlorate de potasse, de sulfure de cuivre et de phosphure de cuivre. On fait communiquer ces fils respectivement avec les pôles de l'*exploseur*.

Quelles sont les dispositions adoptées pour enflammer simultanément plusieurs mines, à l'aide d'un seul appareil exploseur. On a songé naturellement à former un seul circuit comprenant la bobine induite, et les fils conducteurs isolés reliant chaque mine à la suivante, de manière qu'il y eût une solution de continuité dans chaque amorce ; l'étincelle doit jaillir à peu près au même instant à chaque solution de continuité. Mais on a reconnu par l'expérience qu'on ne pouvait faire partir par ce moyen plus de quatre mines à la fois, quand on emploie la bobine de Ruhmkorff. On a cherché d'autres moyens ; M. Savare, en France, a réussi à enflammer dix mines à la fois, à 700 mètres de distance. M. Verdu, en Espagne, a enflammé

six mines et il a conclu qu'on ne pouvait guère dépasser le nombre cinq. Veut-on faire partir vingt mines à peu près simultanément, on les divise en quatre groupes de cinq. Les cinq mines de chaque groupe sont reliées les unes aux autres, de manière à constituer un conducteur unique, interrompu à chacune des cinq amorces, ayant une de ses extrémités enfoncée dans le sol, et l'autre placée près d'un pôle de la bobine. On a ainsi quatre bouts de fil que l'on tient ensemble à la main, et avec chacun desquels on touche successivement le pôle de la bobine. A chaque contact, cinq mines font explosion et comme on peut faire cette manipulation en moins d'une seconde, les

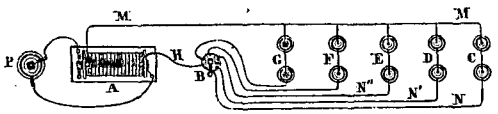


Fig. 79. — Explosion de plusieurs mines.

vingt explosions sont à peu près simultanées ; on n'entend guère qu'une seule détonation.

M. du Moncel a perfectionné cette méthode et sans entrer dans le détail de son commutateur, nous en ferons connaître le principe.

De l'un des pôles de la bobine A (fig. 79) part un fil M qui aboutit aux mines les plus éloignées C, et sur lequel sont embranchés les fils des autres groupes de mines, D, E, F, G. De l'autre pôle part un fil H qui aboutit à un axe métallique B, placé au centre d'un disque de verre ou de caoutchouc durci. Sur le contour de ce disque sont des pièces de cuivre saillantes, qui communiquent respectivement aux groupes C, D, E...., par l'intermédiaire des fils N, N', N''..... Enfin un ressort de métal peut tourner autour de l'axe B, en touchant successivement les pièces de cuivre qui font saillie sur le bord du

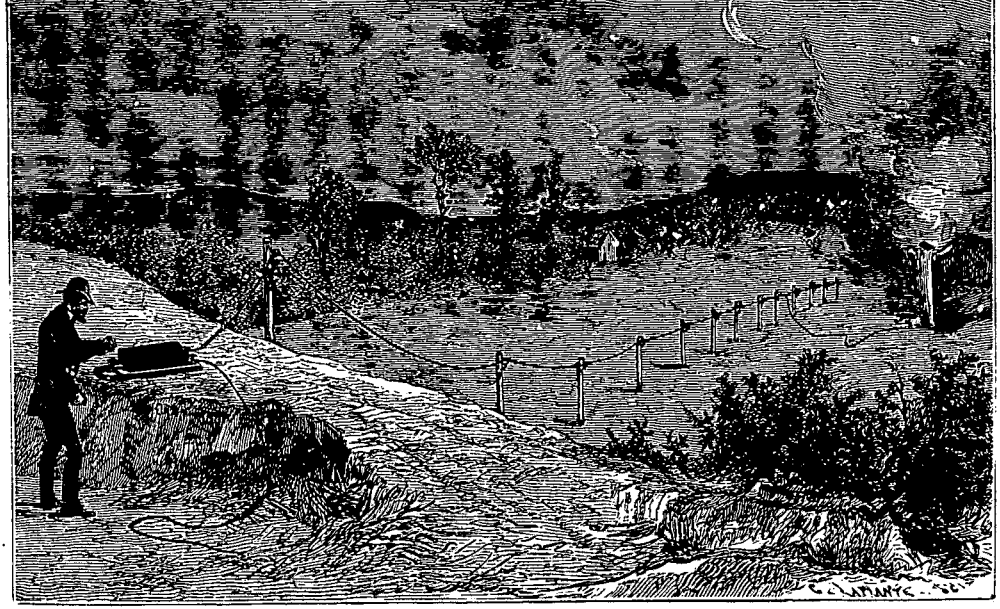


Fig. 80. — Explosion d'une mine par un fil télégraphique.

disque. D'après la disposition indiquée sur la figure, quand on fera tourner le ressort en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre, on enflammera successivement les groupes C, D, E..... Si la rotation est très rapide, les inflammations auront lieu à des époques très rapprochées, comme dans le système de M. Verdu.

A quelle distance peut-on produire l'explosion? Cette question a été étudiée en 1853 par M. Ruhmkorff et M. Verdu dans les ateliers de M. Herkmann, à Paris. On formait le circuit avec la bobine de Ruhmkorff et un long fil de cuivre recouvert de gutta-percha. On a donné à ce fil jusqu'à 26 kilomètres de longueur, et l'étincelle se produisait très bien : la pile était composée de deux éléments Bunsen. On a aussi essayé, dans cette série d'expériences, à remplacer la pile par une machine de Clarke, et on eut le même succès.

M. Bréguet, en 1868, a enflammé une amorce de Paris à Rouen en se servant de son exploseur et d'un seul fil télégraphique, les communications avec la terre étant établies comme le représente la fig. 80. En 1869, M. Francisque Michel a obtenu le même résultat entre Paris et Bordeaux. Ce sont de merveilleux résultats, qui assurent le succès de cette utile application de l'étincelle.

Les tristes nécessités de la guerre devaient trouver de nouveaux engins meurtriers dans ces terribles moyens de destruction. C'est la marine militaire qui paraît avoir employé les premières *torpilles* sous-marines. Ce sont des amas de poudre que l'on fait sauter pour anéantir les navires qui sont dans le voisinage. On s'en servit dès 1585 au siège d'Anvers [1], en 1628 au siège de la Rochelle. On distingue deux sortes de torpilles, les *automatiques*, qui sautent au moment où un navire les choque, et les *dormantes*, qui font explosion au gré du chef de service. Ces

[1] *Notice sur les appareils magnéto-électriques de Bréguet.* 1869.

dernières sont exclusivement électriques ; leur inflammation a lieu par les procédés que nous avons décrits.

Ces machines infernales ont une puissance extraordinaire. Voici ce que disait l'amiral Dahlgren, dans un rapport sur la perte d'un navire, pendant la guerre d'Amérique.

« Il y eut un choc, le bruit d'une explosion, un nuage « de fumée à bâbord, et en moins d'une demi-minute le « pont du navire était sous l'eau..... Cinq officiers et « trente-huit hommes furent sauvés, soixante-deux hom- « mes ou officiers ont disparu. Les survivants sont ceux « qui se trouvaient sur le pont. » M. Bréguet, auquel nous empruntons ces détails, raconte l'effet d'une torpille mise en expérience en 1866 dans la pièce d'eau du parc de Villeneuve-l'Étang. L'eau était soulevée jusqu'à une hauteur de 60 mètres ; mais la projection se faisait sur une petite étendue, de sorte qu'à une faible distance de l'explosion, on ne courait aucun danger. Un instant avant que l'eau fût arrivée à sa plus grande hauteur, une seconde projection soulevait une nouvelle masse d'eau à une moindre hauteur. On a même vu une troisième projection succéder à la seconde, à une hauteur moindre encore.

On emploie aussi l'étincelle électrique pour enflammer les fourneaux de mine ou *fougasses* que le génie dispose pour défendre l'approche d'une position retranchée, ou d'une enceinte fortifiée. La poudre est alors placée dans un trou profond et recouverte de pierres. Quand l'explosion a lieu, elle projette les pierres sur une grande étendue de terrain ; on couvre ainsi la colonne d'attaque d'une pluie de mitraille.

Nous voici bien loin des arts pacifiques, qui devraient être la seule préoccupation de l'humanité. Ah ! combien la science déplore le triste usage que tant d'hommes font des trésors qu'elle prodigue ! Puisse l'instruction répandre sur les peuples des flots de lumière, pour que leur entente fraternelle anéantisse de coupables ambitions.

Hommes instruits de toutes les nations, formez une sainte ligue, pour que le fruit de vos labeurs ne soit pas avili par un coupable usage ; que votre légitime autorité prévale dans le monde ; elle vous vient de Dieu et ne devrait servir qu'au bien-être de l'humanité.

3. — Éclairage électrique.

L'arc lumineux produit entre deux pointes de charbon soit par le courant voltaïque, soit par le courant magnéto-électrique nous offre un procédé d'éclairage incomparable, lorsqu'il s'agit d'éclairer à une grande distance. C'est aussi un excellent moyen, quand on veut éclairer temporairement un grand travail de nuit.

L'intensité de l'arc voltaïque doit être constante. Or l'usure des charbons accroit peu à peu sa longeur, et quand elle a atteint une certaine limite, l'arc s'éteint. Jusqu'à ce terme, l'intensité lumineuse va en diminuant. Il faut donc qu'un mécanisme particulier rapproche graduellement les charbons, à mesure qu'ils s'usent. En outre, le charbon positif s'use plus rapidement que l'autre; le mouvement doit donc être différent pour chacun des charbons. On appelle *régulateur* l'appareil qui porte les charbons et qui leur donne un mouvement capable de maintenir constantes la longueur et la position de l'arc.

C'est en 1848 que MM. Foucault, en France, Staite et Pétrie en Angleterre, construisirent les premiers régulateurs. Depuis cette époque MM. Archereau, Breton, Duboscq, Martin de Brettes, Liais, Serrin ont successivement imaginé diverses dispositions.

Ces appareils, excepté celui de M. Liais, sont fondés sur les propriétés des électro-aimants. Le courant qui produit l'arc lumineux passe dans le fil d'un électro-aimant,

qui agit par son magnétisme sur un organe mécanique chargé de mettre les charbons en mouvement. Lorsque l'arc augmente de longueur, le courant s'affaiblit, le magnétisme diminue ; l'organe mécanique rapproche les charbons, jusqu'à ce que le courant ait repris son intensité primitive. De la délicatesse et de la rapidité de ce mouvement dépend la fixité de la lumière.

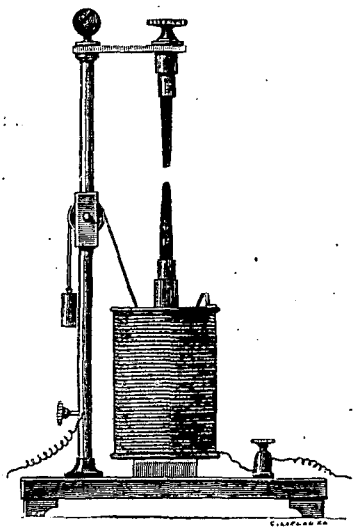


Fig. 81.
Régulateur d'Archereau.

Le plus simple des régulateurs, et par conséquent le plus facile à comprendre, est celui de M. Archereau (fig. 81). Le charbon supérieur est porté par une tige qui peut glisser et tourner au bout d'une traverse horizontale de cuivre. Le conducteur négatif de la pile communique avec cette traverse, qui est isolée. Le charbon inférieur est adapté au sommet d'un cylindre vertical, qui peut monter ou descendre suivant l'axe d'une bobine creuse, recouverte d'un fil de cuivre isolé. Le *canon* de la bobine est en cuivre, et il est maintenu fixe. L'un des bouts du fil aboutit au canon, et l'autre à une pince à vis, à laquelle on adapte le conducteur positif de la pile. De cette manière le charbon inférieur communique avec la pile par l'intermédiaire du cylindre mobile et du canon de la bobine qui se touchent toujours en plusieurs points, surtout si la bobine est très longue. Le

cylindre porte à son extrémité inférieure une poulie par laquelle il s'appuie sur un cordon, qui s'enroule sur une poulie fixe et est tendu par un poids. De cette manière le cylindre porte-charbon et le poids se font presque équilibre, et le charbon monte ou descend, sans que ce mouvement exige une force considérable; elle doit seulement vaincre le léger frottement du cylindre contre la paroi intérieure de la bobine. C'est le courant lui-même et l'action du contrepoids qui doivent opérer ce mouvement. Pour atteindre ce but, on a composé le cylindre de deux parties, l'une en fer, celle du haut, l'autre en cuivre, celle du bas. Le courant passant dans la bobine attire le fer et fait descendre le cylindre; dès que le courant cesse, le contrepoids relève le cylindre.

On comprendra sans peine le jeu de l'appareil. Pour le mettre en activité, on amène le charbon supérieur au contact du charbon inférieur, puis, en agissant sur le premier, on sépare les deux charbons. La position du cylindre central est celle que l'action de la bobine doit lui donner, lorsqu'elle est traversée par le courant ; cette position persiste donc après la séparation des charbons et l'arc lumineux s'établit. Le charbon inférieur s'use plus vite que l'autre puisqu'il sert d'électrode positive; dès que l'arc est devenu un peu plus long, le courant est un peu plus faible ; il n'attire plus le fer du cylindre avec autant de force ; le contrepoids n'est plus exactement équilibré et il fait remonter le charbon. Mais alors le courant se rétablit; la bobine retient le cylindre et l'empêche de continuer son mouvement ascensionnel. L'arc lumineux reste stationnaire, jusqu'à ce que l'usure soit assez grande pour que la même opération recommence.

On remarquera que le centre de l'arc s'élève graduellement à mesure que le charbon supérieur s'use. Il y a ainsi déplacement du foyer de lumière, ce qui dans certains cas est très incommode. On doit corriger ce défaut

en agissant sur le pignon du charbon supérieur. L'appareil n'est pas complètement automatique.

Les autres systèmes de régulateur réunissent, avec une perfection plus ou moins grande, les deux conditions que nous venons de signaler, à savoir la constance dans l'intensité de la lumière, et la fixité du foyer. Celui de M. Duboscq est le plus répandu ; mais il n'est pas complètement automatique : il faut un opérateur pour mettre les charbons en contact, les séparer ensuite. Cela n'a aucun inconvénient pour les expériences de physique ; il est même utile de changer à la main l'écartement des électrodes, lorsqu'on veut, par exemple, interposer diverses substances et projeter l'arc, ou le spectre de ces substances. S'il s'agit d'un éclairage continu, durant plusieurs heures, cet appareil offre un inconvénient sérieux : non seulement il faut qu'un opérateur exercé allume la lampe électrique, mais encore si par une diminution imprévue de l'intensité du courant l'arc s'éteint, il faut que l'opérateur remette les charbons en contact, les sépare et les règle de nouveau ; la nécessité de sa présence à côté de l'appareil rendrait cette sorte d'éclairage peu pratique. Construire un régulateur s'allumant de lui-même dès qu'on ferme le circuit, conservant invariable la longueur et la position de l'arc et enfin se trouvant toujours prêt à servir, en cas d'extinction accidentelle, sans que la main intervienne, tel est le problème du régulateur complètement automatique. Il a été résolu à Paris par M. Serrin et par M. Foucault.

Dès 1852, M. Serrin entreprit de dompter cette magnifique source de lumière, à laquelle on ne reprochait qu'une capricieuse variation d'intensité. Après de patien efforts, non seulement M. Serrin construisit un bon appareil, mais encore, ce qui était peut-être plus difficile, il obtint que son système fût adopté dans les services de l'État, particulièrement dans celui des phares. Dans un compte rendu de l'Exposition universelle de

1867[1], M. l'abbé Moigno l'appelle *l'homme de la lumière électrique*, de même que Cicéron disait *l'homme* de tel livre, de telle chose. On l'a vu conduire seul une véritable armée de régulateurs, qui fonctionnaient sans variations pendant des nuits entières.

L'appareil Serrin éclaire les phares du Havre depuis 1863; l'arc y est produit par les machines magnéto-électriques de Nollet. Il a servi aux travaux de nuit du fort Chavagnac, à Cherbourg, du chemin de fer du Midi, des réservoirs de Ménilmontant, des mines du Guadarrama en Espagne, etc. : c'est lui qui illumine brillamment nos fêtes de nuit. M. Brul, ingénieur du chemin de fer du nord de l'Espagne, a donné dans les *Mondes* d'intéressants détails sur le travail de nuit. Deux régulateurs de M. Serrin étaient placés sur la même colonne, afin qu'il n'y eût pas d'interruption dans l'éclairage. Quand les charbons de l'un étaient usés, on allumait l'autre instantanément. On disposait deux piles de cinquante éléments Bunsen; d'abord une seule fonctionnait, et quand elle commençait à s'affaiblir, on mettait l'autre en activité; à la fin on les réunissait en deux séries parallèles. La lumière éclairait avec profusion plus de cent ouvriers, sans blesser la vue par son intensité. Dix chantiers furent ainsi éclairés pendant cinq mois en 1863. L'économie de ce mode d'éclairage sur celui des torches était de 60 pour 100. Dans les galeries souterraines l'emploi de la lumière électrique présente des avantages considérables, parce qu'elle ne vicie pas l'air. C'est ainsi qu'on a eu recours à l'appareil Serrin dans les montagnes de Guadarrama avec le plus grand succès. Il est bien désirable que cet éclairage soit universellement adopté dans les mines, au double point de vue de la salubrité et de l'économie.

Voici comment est disposé cet ingénieux régulateur

[1] *Les Mondes*, tome XIV.

(fig. 82). Le charbon supérieur C est porté par un cylindre vertical B qui glisse à frottement doux dans un tube fixe, et qui est terminé à son extrémité inférieure par une crémaillère A. Le tube et le cylindre sont isolés et reçoivent l'un des conducteurs de la pile. La crémaillère engrène avec une roue dentée GF dont l'axe est relié par un cordon GH au bas de la tige métallique K qui porte le charbon inférieur. Le poids de la crémaillère, du cylindre B et du charbon supérieur C suffit pour faire descendre le système de ces trois pièces; alors la crémaillère fait tourner la roue GF et le cordon s'enroulant sur l'axe de cette roue fait monter le charbon inférieur K. L'appareil met ainsi lui-même les

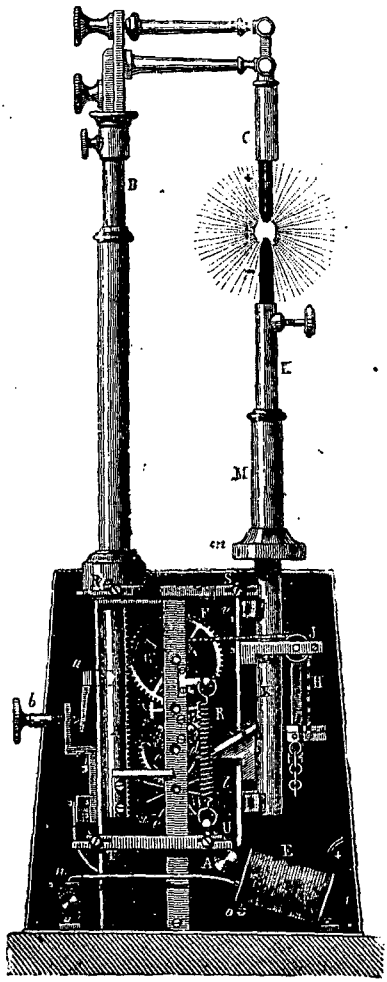


Fig. 82. — Régulateur Serrin.

charbons en contact. Le charbon inférieur communiquant avec le second pôle de la pile, le courant suit le chemin ABCK. Mais il passe aussi dans un électro-aimant E, dont l'armature a pour fonctions d'écarter les charbons pour produire l'arc lumineux, d'arrêter à temps l'écartement, et enfin de maintenir l'arc au même point, avec la même intensité. A cet effet l'armature de fer U fait partie d'un système de tiges articulées RSUT. La tige inférieure TU porte l'armature, et peut tourner autour d'un axe fixe T. La tige supérieure RS porte la tige du charbon inférieur K, qui est isolée, et en outre peut tourner autour d'un axe fixe R. La tige verticale SU, qui relie les deux précédentes, porte une pointe *d* qui aboutit à une petite distance d'une roue dentée, lorsque le courant ne passe pas. Cette roue peut transmettre son mouvement à la première roue F par un engrenage, de façon qu'un très petit déplacement de celle-ci entraîne un très grand déplacement de l'autre, lequel est rendu uniforme par un petit moulinet. Ajoutons enfin qu'un ressort *l* équilibre le poids du charbon inférieur et du système de tiges articulées, de façon qu'une force très légère puisse déplacer ce charbon dans un sens ou dans l'autre.

Dès que le courant passe, l'électro-aimant attire l'armature de fer U, et le système articulé entre en mouvement; la tige du charbon inférieur K s'abaisse, et tirant le cordon GH fait tourner la roue supérieure F, et monter la crémaillère A ainsi que le charbon supérieur C. Voilà donc l'arc établi; il faut que l'écartement s'arrête.

Pour cela la pointe *d* s'étant abaissée en même temps que le charbon inférieur vient s'engager entre deux dents de la roue inférieure et arrête le mouvement que celle-ci avait reçu de la roue supérieure F. Alors toutes les pièces de l'engrenage s'arrêtent, ainsi que les charbons.

Quand l'usure des charbons augmente la longueur de l'arc, le courant s'affaiblit graduellement; l'attraction de

l'armature U diminue; le ressort *l* fait remonter la tige TU, et par suite la tige US qui porte la pointe *d*; celle-ci cesse d'embrayer l'engrenage, et le poids du charbon supérieur et de son support ABC détermine sa descente, ainsi que l'élévation de l'autre charbon par l'intermédiaire de l'engrenage. Le rapprochement des charbons augmente l'intensité du courant; l'électro-aimant attire l'armature U, et la pointe *d* vient de nouveau embrayer la roue de l'engrenage. Tout s'arrête encore jusqu'à ce que l'usure des charbons donne lieu à la même série de mouvements.

Lorsqu'on emploie la pile voltaïque, l'usure des charbons est inégale; elle est la plus grande pour le charbon positif. Dans ce cas la roue supérieure F a un diamètre double de celui du petit treuil sur lequel s'enroule le cordon HG. L'expérience a montré que ce rapport était suffisant. Avec la machine magnéto-électrique, les charbons s'usent également, parce que chacun d'eux est alternativement positif et négatif, les courants induits n'étant pas ramenés dans le même sens par un *commutateur*. Dans ce cas la roue et le treuil ont le même diamètre, et les deux charbons se déplacent ensemble également.

Le régulateur Serrin rend de très bons services dans l'éclairage, lorsqu'il reste fixé verticalement; mais on ne peut l'incliner, et surtout le renverser, puisque le moteur est le poids du charbon supérieur et des pièces qui le portent. C'est un grave inconvénient dans certaines circonstances, par exemple sur un navire : lorsque la mer est très agitée, le mouvement des charbons ne peut être régulier. En outre on remarquera qu'au point de vue mécanique il est fâcheux d'employer l'électro-aimant à faire mouvoir une masse aussi grande que celle des pièces mobiles de l'appareil.

Le régulateur Foucault, construit dans ces dernières années par M. Duboscq, résout le problème d'une manière plus complète; il présente les avantages du pré-

cédent, sans en avoir les inconvénients. Au point de vue mécanique, c'est un appareil d'une rare perfection, comme toutes les productions de l'illustre physicien.

Les charbons sont portés par deux crémaillères D,H (fig. 83), parallèles et s'engrenant avec deux roues dentées, montées sur l'axe d'un barillet L' semblable à celui d'une horloge. On tend le ressort de ce barillet avec une clef, et si rien ne retient les roues, la tension du ressort les fait tourner de façon que les charbons se rapprochent l'un de l'autre. Nous avons ainsi un moteur indépendant, chargé du rapprochement des charbons. Il faut arrêter ce rapprochement au moment convenable. C'est ce que doit faire le courant lui-même. Pour cela ce courant passe dans le fil d'un électro-aimant E,

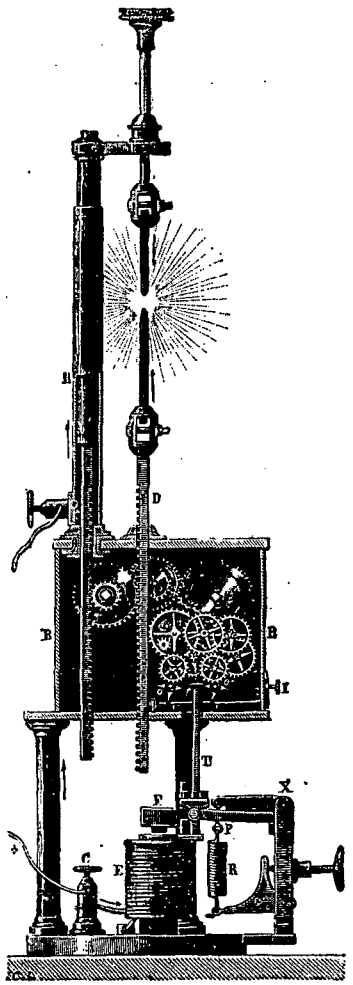


Fig. 83. — Régulateur Foucault-Duboscq.

placé au bas de l'appareil, dans la monture métallique qui porte les rouages B, dans la crémaillère D du charbon inférieur, dans le charbon supérieur et enfin dans le tube H qui est isolé. L'électro-aimant attire l'armature de fer F, laquelle entraîne dans son mouvement l'aiguille T. La tête *t* de cette aiguille vient alors buter contre les ailettes d'un petit moulinet O, mis en mouvement par le barillet L' par l'intermédiaire d'une série de roues dentées. Ces roues ont pour but de produire une rotation rapide du moulinet O, à l'aide d'une petite rotation du barillet. Ainsi se trouvent arrêtés la rotation du moulinet O, celle du barillet L', et enfin le rapprochement des charbons.

Jusqu'à présent ce mécanisme est celui de l'appareil primitif de M. Duboscq. Il fallait écarter à la main les charbons, pour régler leur position et leur distance. L'électro-aimant ne pouvait qu'arrêter leur rapprochement. Maintenant voici ce qu'y a ajouté Foucault.

Un second barillet L, contenant un ressort que l'on tend avec une clef comme le précédent, sert de moteur pour écarter les charbons l'un de l'autre. Pour cela la roue du barillet s'engrène avec une roue dentée qui transmet le mouvement aux roues dentées du barillet L', de sorte que celles-ci tournent en écartant les charbons. D'ailleurs ce barillet met aussi en mouvement un petit moulinet O', par l'intermédiaire d'une série de roues dentées ; et quand l'aiguille T vient buter contre les ailettes de ce moulinet, elle arrête son mouvement ainsi que l'écartement des charbons. C'est lorsque l'intensité du courant est devenue trop faible, à cause de cet écartement, que cette opération s'exécute, parce que l'électro-aimant attire moins fortement l'armature de fer F, et que le ressort R l'élève.

Voilà donc deux moteurs L, L', chargés respectivement d'écarter et de rapprocher les charbons, et c'est le courant lui-même qui règle la longueur de l'arc, en arrêtant par le déplacement de la tige T soit le rapprochement,

soit l'écartement. Mais comment réaliser l'indépendance de ces deux moteurs inverses, de façon que les mêmes

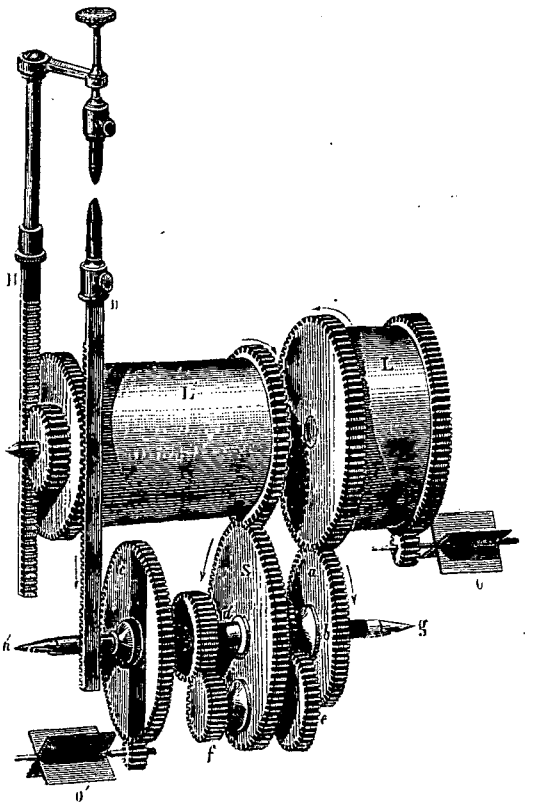


Fig. 84. — Roue satellite dans les régulateurs électriques.

roues dentées, celles du barillet L', obéissent soit à l'un, soit à l'autre des deux ressorts moteurs? Foucault a fait usage de la *roue satellite* d'Huyghens, placée en S et dont la fonction sera expliquée sur la figure 84.

Cette figure représente les barillets L, L′ en rapport avec la roue satellite S, les porte-charbon en rapport avec le barillet L′, et les moulinets O et O′ destinés à arrêter l'un ou l'autre des deux moteurs. Elle diffère de la figure 83 par la suppression des roues dentées intermédiaires, qui sont destinées à donner aux pièces mobiles une vitesse convenable, et qui ne sont pas nécessaires pour l'intelligence de la roue satellite ; on a aussi placé les parties de l'appareil dans une autre position, afin de les rendre visibles.

La roue satellite S est fixée sur l'axe *gh*, et porte deux pignons inégaux *e*, *f*, qui sont solidaires et mobiles autour d'un axe parallèle à *gh*. Ces pignons peuvent donc tourner autour de cet axe excentrique, et en outre leur axe commun peut tourner avec la roue S autour de la ligne *gh*. De chaque côté de cette roue, sont deux roues *a*, *c* auxquelles sont fixés respectivement les pignons concentriques *b*, *d*. Ainsi le système *ab* forme une seule pièce mobile comme une poulie folle autour de l'axe *gh* ; il en est de même du système *cd*. Le pignon *d* est identique au pignon *e*, et le pignon *b* identique au pignon *f*. Ce système jouit de la propriété suivante. Quand *ab* est fixe, les roues S, *c* peuvent tourner dans le même sens, les pignons *d*, *e* roulant respectivement sur les pignons *f*, *b* ; ces deux roues ont d'ailleurs des vitesses différentes. Quand *cd* est fixe, les roues S, *a* peuvent tourner en sens opposés, avec des vitesses également différentes.

Supposons que le moulinet *o′* soit arrêté, de façon que la roue *c* soit fixe, et que le ressort L soit tendu. En se détendant il fait tourner la roue du barillet L dans le sens de la flèche. Ce mouvement se transmet à la roue *a*, et la roue S tourne en sens contraire ; elle transmet le mouvement à la roue du barillet L′ et les crémaillères écartent les charbons l'un de l'autre.

Supposons au contraire que le moulinet *o* soit arrêté ; c'est alors la roue *a* qui est fixe, et si le ressort L′ est

tendu, il fait tourner la roue S dans un sens opposé à celui de la flèche marquée sur la figure ; la roue *c* tourne dans le même sens que la roue S et le moulinet *o'* entre en mouvement. En même temps, les crémaillères D, H rapprochent les charbons l'un de l'autre.

Ainsi se trouve très ingénieusement réalisée l'indépendance des deux moteurs.

La disposition de l'armature de l'électro-aimant est encore une des ingénieuses particularités de ce régulateur (fig. 83). Il ne faut pas que le mouvement de l'aiguille T soit saccadé, si l'on veut que les variations de la longueur de l'arc voltaïque se succèdent régulièrement. Si l'armature F et l'aiguille T n'avaient d'autre appui que l'axe de rotation, ils oscilleraient sans cesse sous l'action alternative du ressort qui les équilibre et de l'électro-aimant. Voici comment Foucault a remédié à cet inconvénient :

Le ressort R qui équilibre l'armature F est fixé à sa partie inférieure à une pièce que l'on peut faire tourner autour d'un axe à l'aide d'une vis, afin d'allonger ou de raccourcir le ressort, suivant l'intensité du courant. La partie supérieure est attachée à une pièce X mobile autour d'un axe, et présentant une face courbe ; cette face s'appuie sur le levier rectiligne qui porte l'armature F et l'aiguille T. C'est donc par l'intermédiaire de la pièce X que le ressort équilibre l'armature.

Supposons que l'intensité du courant diminue, l'attraction de l'armature par l'électro-aimant placé au-dessous diminue, et le levier P s'abaisse un peu, sollicité par le ressort. Le point de contact de ce levier avec la pièce courbe X se déplace graduellement, de sorte que sans changer notablement sa tension le ressort agit sur un bras de levier moindre ; la courbe est telle que les changements de ce bras de levier suffisent pour maintenir l'équilibre de l'armature et du ressort, sans qu'il y ait aucune secousse.

Dans certaines circonstances, on est obligé de modifier considérablement l'intensité du courant, afin d'augmenter ou de diminuer l'éclairage. Supposons par exemple qu'on ait besoin de l'augmenter.

On obtiendra ce résultat en augmentant la surface des éléments de la pile, par la disposition en séries parallèles. Mais alors l'intensité du courant augmentant beaucoup, l'attraction de l'armature F par l'électro-aimant ne sera plus équilibrée par le ressort R. M. Duboscq a ingénieusement résolu cette difficulté. L'armature F a la forme d'un cylindre tournant autour d'un axe excentrique. Pour rétablir l'équilibre du ressort et de l'armature, il suffit de faire tourner celle-ci, de manière qu'elle s'éloigne des pôles de l'électro-aimant ; l'attraction magnétique devient plus petite, et le ressort suffit pour l'équilibrer, sans que rien soit à changer dans le régulateur.

Ajoutons pour terminer cette description que l'une des roues qui conduisent les crémaillères porte-charbon se meut à la main, indépendamment du barillet L', ce qui est nécessaire quand on a besoin d'ajuster le foyer lumineux à diverses hauteurs.

Le fonctionnement du régulateur a lieu de la manière suivante (fig. 83) :

Les ressorts étant montés, et l'armature réglée de façon que l'aiguille T retienne les deux moulinets *o*, *o'*, on met les charbons en contact. Puis on fait passer le courant. Immédiatement l'armature F est attirée, la tête de l'aiguille T lâche le moulinet de droite et le barillet L opère l'écartement. Le courant diminuant alors graduellement, l'attraction de l'armature décroît, le ressort antagoniste R détermine le retour de la tête vers le moulinet de droite, et bientôt celui-ci se trouve arrêté. L'arc est donc établi. Peu à peu les charbons s'usent; le positif, situé en bas, s'use environ deux fois plus vite que l'autre. L'arc s'allongeant, le courant diminue d'intensité;

l'attraction de l'armature décroît, et le ressort continue à rapprocher la tête *t* vers le moulinet de droite. C'est ainsi que le moulinet de gauche finit par être mis en liberté. Le barillet L' entre aussitôt en action, et les charbons se rapprochent avec les vitesses convenables pour que le milieu de l'arc conserve sa position. Le rapprochement est accompagné d'un accroissement d'intensité du courant, par suite d'une augmentation dans la force attractive de l'électro-aimant, l'aiguille T se meut vers le moulinet de gauche et finit par l'arrêter.

Si par une cause quelconque l'intensité du courant augmentait, le moulinet de droite se trouverait mis en liberté et le barillet L opérerait l'éloignement des charbons, afin de rétablir l'intensité primitive.

Veut-on exhausser le point lumineux, il suffit d'élever à la main le porte-charbon supérieur, en tournant la roue dentée L' qui le commande; alors l'autre charbon le suit par l'action du barillet L'. Si on veut abaisser le foyer on tourne dans l'autre sens, et c'est le barillet L qui écarte le charbon inférieur. Cette dernière manipulation est tout à fait impossible avec l'appareil Serrin : il faut élever ou abaisser tout l'appareil.

Nous venons de décrire les parties essentielles du régulateur Foucault. Mentionnons encore quelques perfectionnements que M. Duboscq y a ajoutés, pour faciliter son usage, par exemple pour pouvoir faire passer le courant dans les charbons aussi bien de haut en bas que de bas en haut, pour faire marcher les deux charbons avec la même vitesse, ce qui est le cas du courant des machines magnéto-électriques. Ainsi construit, cet appareil doit être appelé le *régulateur Foucault-Duboscq;* car si Foucault l'a amené à un degré inespéré de perfection par l'addition du barillet L, de la roue satellite et du levier articulé de l'armature, une moitié, celle qui contient le barillet L', n'est autre chose que le régulateur Duboscq primitif.

C'est en 1864, que Foucault a réalisé son régulateur. Déjà à cette époque celui de M. Serrin commençait à se répandre dans l'industrie, et il est juste de reconnaître qu'il a puissamment contribué à mettre en évidence les avantages de la lumière électrique.

Depuis que ces pages ont été écrites dans la première édition de l'*Étincelle électrique*, en 1876, des essais très nombreux ont été faits en vue de modifier ou de simplifier les régulateurs électriques. Le lecteur, curieux de connaître les principaux systèmes inaugurés dans ces derniers temps, les trouvera décrits dans l'*Éclairage électrique*, publié dans la « Bibliothèque des Merveilles » par M. le comte de Moncel. Nous nous bornerons à dire que pour la constance et la fixité du point lumineux, les régulateurs de Foucault-Duboscq et de Serrin méritent toujours le premier rang.

Deux autres solutions de la question de l'éclairage par l'électricité ont d'ailleurs été données : nous voulons parler des bougies électriques et des lampes à incandescence.

Vers la fin de l'année 1876, M. Jablochkoff, renonçant à la disposition ordinaire des charbons en prolongement l'un de l'autre, eut l'idée de les placer parallèlement en ayant soin de les séparer par une matière isolante susceptible de se fondre ou de se volatiliser lors du passage du courant.

Si l'on emploie un courant ordinaire continu, une difficulté se présente : elle résulte de l'inégale usure des charbons entre lesquels jaillit l'arc voltaïque. On chercha d'abord à surmonter cet obstacle en prenant des électrodes d'inégales dimensions, le charbon positif ayant un diamètre à peu près double de celui du charbon négatif. Le brûleur fut alors composé d'une enveloppe cylindrique d'amiante dans laquelle étaient disposés les charbons noyés dans la matière isolante. Le tout avait la forme d'une bougie; d'où le nom de *bougie électrique* donné au brûleur Jablochkoff.

Il était facile de prévoir que le charbon de plus petit diamètre s'échaufferait beaucoup plus que l'autre : aussi rougissait-il sur une grande longueur. Il fallut renoncer à l'inégalité des diamètres des charbons et employer une machine à courants alternatifs, de sorte que chacun des charbons étant alternativement positif et négatif, l'usure était aussi rapide pour l'un que pour l'autre : on emploie aujourd'hui la machine Gramme (fig. 28). En outre, l'amiante utilisé comme corps isolant fut remplacé d'abord par le kaolin et ensuite par du plâtre, substance bien plus facile à travailler.

Fig. 85. — Bougie Jablochkoff.

La bougie Jablochkoff, telle qu'on l'emploie aujourd'hui dans l'éclairage public ou dans celui des grands magasins se compose donc de deux charbons (fabrication E. Carré) de 25 centimètres de longueur et de 4 millimètres de diamètre (fig. 85). Ils sont isolés l'un de l'autre par une bande solide de 2 millimètres d'épaisseur et de 3 millimètres de largeur entre les charbons : on l'obtient en gâchant avec de l'eau un mélange de plâtre de sculpteur et de sulfate de baryte réduit en poudre fine. A leur partie inférieure, les charbons sont pourvus d'une sorte de tube de cuivre qui leur sert d'organe de communication pour les mettre en rapport avec le circuit et une ligature M, faite avec une pâte solide à base de silicate de potasse ou autre substance agglomérante, enveloppe la partie inférieure des deux tubes et relie le tout de manière à empêcher les charbons de se séparer de leur cloison isolante. L'extrémité des charbons est taillée en pointe, et pour permettre l'allumage, les deux pointes étaient, dans l'origine,

réunies par une aiguille de plombagine *a* retenue au moyen d'une bande de papier d'amiante *ab*. Aujourd'hui on se contente d'imprégner l'extrémité de la couche isolante d'un enduit formé de plombagine et de gomme.

Pour l'usage les bougies sont placées, la pointe en haut, dans une monture ou chandelier, qui peut recevoir plusieurs bougies destinées à être brûlées successivement : le tout est enveloppé d'un globe (fig. 86) en verre opalin ou craquelé qui diffuse la lumière, mais qui malheureusement en absorbe une forte proportion, quelquefois jusqu'à 45 pour 100. Enfin, grâce à l'addition d'un large condensateur, un certain nombre de ces brûleurs peuvent être placés dans un même circuit; ce qui permet d'obtenir plusieurs foyers lumineux à l'aide d'une seule machine et donne, par conséquent, une première solution du problème de la division de la lumière électrique.

Les bougies Jablochkoff ont eu un grand succès et ont rendu certainement de grands services : en raison de l'absence de tout mécanisme régulateur, elles ont pu être appliquées à l'éclairage public et ont provoqué, en même temps qu'un engouement général pour la lumière électrique, des études sérieuses sur ce sujet.

Il faut reconnaître cependant qu'elles sont loin d'être l'idéal du luminaire électrique. La lumière émise éprouve des variations continuelles d'intensité et de couleur : elle varie d'intensité parce que l'appareil repose sur un principe faux, la constance d'écartement des charbons supposant la constance absolue de la source d'électricité ; les changements de couleur sont dus à la présence des sels calcaires dans l'arc voltaïque, d'où résultent des éclats d'une teinte rougeâtre désagréable. Les extinctions des bougies sont fréquentes et leur rallumage impossible : pour qu'il n'y ait pas interruption de lumière, il faut qu'une autre bougie du même globe s'allume au moment de l'extinction, ce qui n'a pas toujours lieu. Comme source de lumière électrique isolée,

elles n'ont aucune valeur : on ne peut, en effet, em-

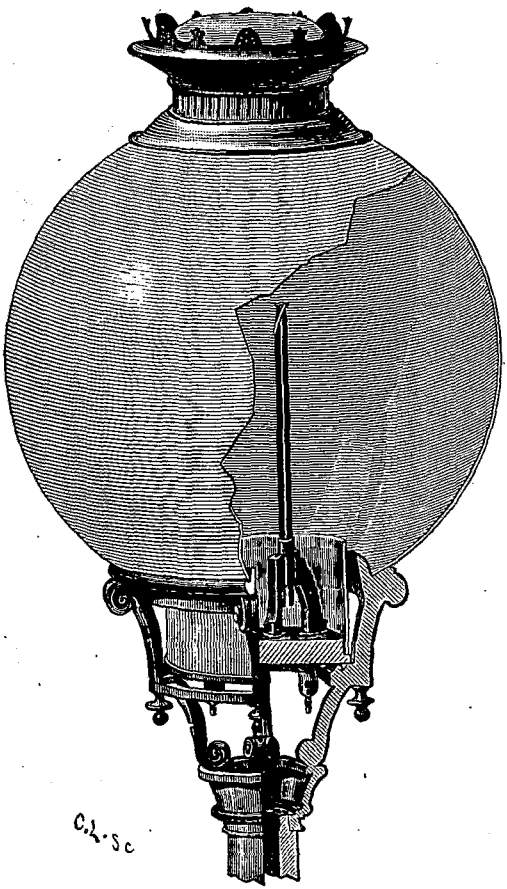


Fig. 86. — Bougie Jablochkoff montée dans un globe.

ployer dans leur construction que des charbons de petite dimension, et par suite on ne saurait utiliser avec elles

les sources puissantes d'électricité qui exigent des charbons de 2 centimètres de diamètre. Enfin l'arc lumineux de la bougie change de position à mesure qu'elle s'use et ne pourrait par suite être employé dans les appareils qui exigent un point lumineux fixe, par exemple dans les phares ou dans les instruments à signaux.

M. Jamin a donné aux bougies électriques une autre disposition qu'il a fait connaître par une communication à l'Académie des sciences, le 28 avril 1879. Les deux charbons placés parallèlement ne sont séparés par aucune substance isolante : ils sont simplement fixés dans des tubes métalliques qui permettent d'y amener le courant et l'on force l'arc voltaïque à se produire à l'extrémité des charbons par l'emploi d'un système fondé sur le principe de l'attraction exercée par un courant sur un autre courant qui lui est parallèle. A cet effet, on force le courant qui passe dans les charbons à circuler dans un cadre directeur (fig. 87) dont le plan coïncide avec celui qui passe par les axes des deux charbons. Ce cadre a 40 centimètres de longueur, 15 centimètres de largeur et une épaisseur très faible afin de ne pas gêner l'émission de la lumière : il est recouvert de 15 à 20 tours de fil ; les flèches tracées sur la figure indiquent le sens dans lequel le courant parcourt le cadre

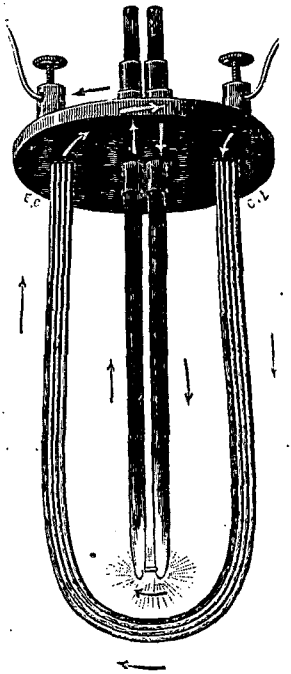


Fig. 87. — Bougie Jamin.

ou les charbons. On voit que l'attraction réciproque des deux circuits doit retenir l'arc voltaïque mobile à l'extrémité libre des charbons, le plus près possible du circuit directeur.

Les charbons sont fixés de haut en bas : la disposition inverse présente cet inconvénient que le courant d'air ascendant déterminé par la chaleur aurait pour effet d'entraîner l'arc voltaïque dans le sens où il est attiré par le courant et pourrait, par suite, le diviser, c'est-à-dire souffler la bougie et l'éteindre. L'allumage du brûleur et l'entretien de la lumière sont ainsi rendus plus faciles, et la bougie suspendue à un plafond est dans les meilleures conditions pour répandre sa lumière de tous côtés.

Plusieurs modifications ont déjà été apportées par M. Jamin à cette première disposition. Aujourd'hui son brûleur présente la forme suivante (fig. 88). Le cadre directeur contient plusieurs groupes (ordinairement trois) de deux charbons chacun destinés à être brûlés successivement et placés tous dans le plan du cadre. L'un des charbons de chaque groupe, celui de gauche, par exemple, est fixe; les tubes qui portent ceux de droite sont articulés à leur base et réunis ensemble à un mécanisme composé d'un morceau de fer qu'un électro-aimant peut attirer et d'une barrette dont le poids fait incliner les charbons mobiles. Chacun de ceux-ci peut, sous l'action de l'électro-aimant, s'écarter de son compagnon jusqu'à la distance la plus convenable pour la production de l'arc voltaïque et, sous l'action de la barrette, s'en rapprocher jusqu'à ce qu'il y ait contact pour l'un des groupes. Ce contact aura lieu pour la bougie la plus longue ou pour celle dont les pointes sont le plus rapprochées.

Le courant électrique, après avoir traversé le circuit directeur, arrive à la fois aux trois charbons mobiles et peut revenir indifféremment par les trois charbons fixes;

il passe entre ceux qui se touchent et les allume. Aussitôt l'aimantation se produit dans l'électro-aimant, les trois couples de charbons s'écartent à la fois, deux restant froids et l'arc voltaïque s'étalant dans le troisième. Il persiste tant qu'il y a de la matière à brûler, maintenu aux pointes par l'action du courant directeur et y revenant aussitôt si une cause étrangère l'en écarte. Si le

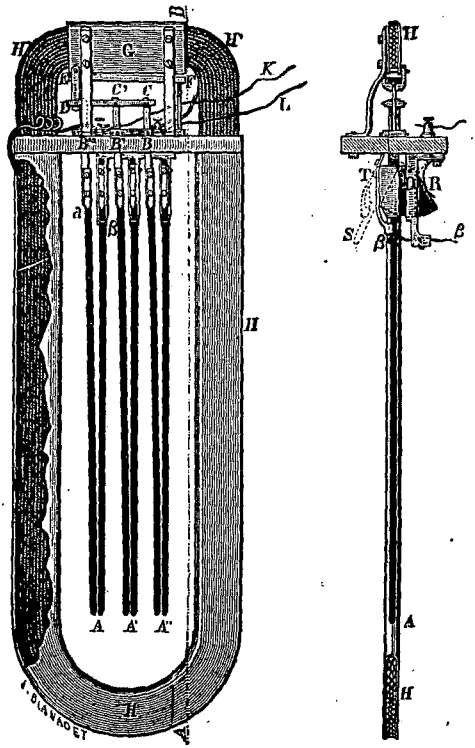


Fig. 88. — Bougie Jamin : nouveau modèle.

courant s'arrête, le poids de la barrette agit et le contact se rétablit; s'il passe de nouveau, les charbons se rallument et s'écartent comme la première fois. Aussi l'allumage est automatique, instantané, et de plus peut se renouveler à volonté, ce qui n'a pas lieu pour la bougie Jablochkoff. Il est vrai que le mécanisme est plus compliqué.

Il nous reste à faire connaître au moins en principe un dernier système d'éclairage électrique dans lequel il n'y a plus, à proprement parler, ni étincelle, ni arc voltaïque. Il est simplement l'application des lois que nous avons exposées dans le paragraphe 5 de l'introduction : « Incandescence par le courant voltaïque ».

Lorsqu'une portion d'un courant voltaïque présente une plus faible section et une conductibilité moindre que le reste du circuit, la chaleur qui s'y développe par le passage du courant peut en élever considérablement la température et la porter à l'incandescence. Si donc deux gros charbons, constituant les électrodes d'une pile ou d'une machine magnéto-électrique, sont réunis par une baguette de charbon de petite longueur et de faible section, il est certain que cette dernière devra s'échauffer fortement et pourra, avec un courant d'intensité donnée, arriver jusqu'à l'incandescence et émettre alors une lumière extrêmement vive. Afin de s'opposer à la combustion dans l'air du charbon incandescent, on avait d'abord songé à renfermer ce système dans un globe de verre clos où l'on aurait pu soit faire le vide, soit empêcher le renouvellement de l'air. Les résultats n'ont pas été bons : les petites baguettes ne brûlaient pas, mais elles se brisaient fréquemment par le passage du courant. Il faut donc laisser le charbon se consumer dans l'air : la lumière en devient plus éclatante; et il suffit pour l'entretenir que la petite baguette de charbon soit poussée dans le sens de sa longueur afin que la partie incandescente soit remplacée au fur et à mesure de sa combustion.

Un certain nombre de lampes fondées sur ce principe ont déjà été construites par MM. King, Lodyguine, Konn, Bouliguine, Sawyer-man, Reynier, Varley, Werdermann, Trouvé, Ducretet, Edison. Les principales sont celles de M. Reynier et de M. Werdermann.

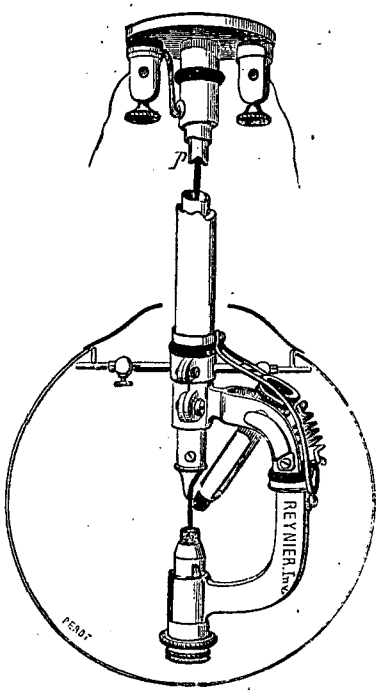


Fig. 89. — Lampe à incandescence. Système Reynier.

Nous donnons (fig. 89) le dessin des dernières dispositions adoptées par M. Reynier. La petite baguette de charbon est contenue dans une sorte de tube, où elle peut se mouvoir verticalement de haut en bas sous l'action d'un poids *p* qui descend avec elle. Elle s'appuie par son extrémité inférieure contre un gros charbon communiquant à l'un des pôles de la pile : un autre gros charbon auquel aboutit le second pôle s'appuie latéralement sur la baguette qui devient incandescente sur toute la portion de sa longueur comprise entre le contact latéral et le contact en bout. L'appareil est généralement suspendu à un plafond ; mais on peut aussi le placer horizontalement : dans ce cas le poids *p* doit être remplacé par un ressort qui agit sur la baguette mobile et la fait progresser.

Les lampes Reynier permettent d'obtenir des sources de lumière variant en intensité de 1 à 20 becs Carcel, suivant les dimensions des charbons employés : elles n'exigent qu'une faible puissance électro-motrice ; on a pu, en effet, en faire fonctionner cinq avec le courant d'une seule pile de 30 éléments Bunsen : elles se prêtent mieux que tous les autres appareils connus jusqu'ici à la division de la lumière électrique ; une machine Gramme à courants continus, type d'atelier (fig. 27), peut, avec une force motrice de 3 chevaux-vapeur, fournir le courant nécessaire à 10 ou 12 lampes Reynier, représentant chacune 10 becs Carcel ; c'est une consommation de 1/3 de cheval par lampe : ajoutons enfin que ce brûleur donne sans aucun régulateur un point lumineux de position constante très propre à être employé dans les appareils à signaux.

On peut, par ce qui précède, juger des progrès énormes de la science électrique dans ces dernières années et l'on voit combien l'auteur avait raison d'écrire en 1876 : « Sans doute, le dernier mot n'est pas dit sur les applications de l'arc voltaïque ; mais déjà aujourd'hui l'industrie en a pris possession, et la voie des perfectionnements est largement ouverte. »

Il y a une autre application de l'étincelle à l'éclairage, plus modeste que les précédentes, mais digne du plus grand intérêt ; car elle a pour but de soustraire les malheureux ouvriers des houillères aux terribles dangers du *feu grisou*.

Dans la houille sont logées de petites cavités contenant des hydrocarbures gazeux. Quand la pioche du mineur détache les blocs, les parois de ces cavités sont brisées, et le gaz se mêle avec l'air, en formant un mélange explosif. L'approche d'un corps incandescent détermine l'explosion du mélange qui produit d'affreux ravages dans les galeries souterraines. Davy avait imaginé, en Angleterre, une *lampe de sûreté*, qui fut perfectionnée en-

suite par divers ingénieurs. Mais elle ne fonctionne sans danger qu'entre les mains d'ouvriers très soigneux et très prudents. Étant composée d'une lampe à huile ordinaire et d'une enveloppe métallique qui empêche la flamme d'échauffer le mélange explosif, elle exige que cette toile soit toujours en très bon état et qu'il n'y ait de communication entre l'intérieur et l'extérieur que par les mailles de la toile. C'est en quelque sorte le foyer et l'aliment d'un incendie, séparés l'un de l'autre par une cloison fragile.

On a imaginé de substituer à la lampe de Davy un simple tube de Geissler, rendu lumineux par l'étincelle d'une petite bobine de Ruhmkorff. La pile est formée d'un seul couple; elle est renfermée avec la bobine dans un étui que l'on porte en bandoulière (fig. 90), et le tube lumineux peut être tenu à la main et dirigé au gré de l'ouvrier, ou bien placé le long de l'étui, qui ressemble alors à une lampe ordinaire. Avec cet appareil, on n'a plus de foyer d'incendie. L'étincelle brille sans chaleur appréciable dans un tube complètement clos et vide d'air. Si la paroi est brisée par accident, l'air rentre, et l'étincelle ne jaillit plus; l'inflammation du grisou est impossible. Sans doute la clarté n'est pas très vive, c'était l'inconvénient de la première lampe de Davy; mais ne vaut-il pas mieux s'y soumettre au profit de la sécurité?

Nous avons passé en revue les principales applications de l'étincelle électrique, surtout celles qui ont reçu la sanction de la pratique. Déjà, dans l'état actuel de la science, elles occupent un rang honorable dans l'industrie. Leur importance ne peut que s'accroître dans l'avenir. Jusqu'à présent la lumière électrique est empruntée à la pile voltaïque et aux machines magnéto-électriques; c'est-à-dire qu'elle dérive de l'action chimique ou du travail mécanique. Indépendamment des perfectionnements que la pile et les machines de Nollet, de Wild, de

Gramme, sont susceptibles de recevoir, n'y a-t-il pas d'autre source d'électricité encore inexploitée? L'atmosphère terrestre est un réservoir inépuisable de cet agent. Ne peut-on espérer que la découverte de Franklin domptant la foudre et la rendant inoffensive, soit complétée par

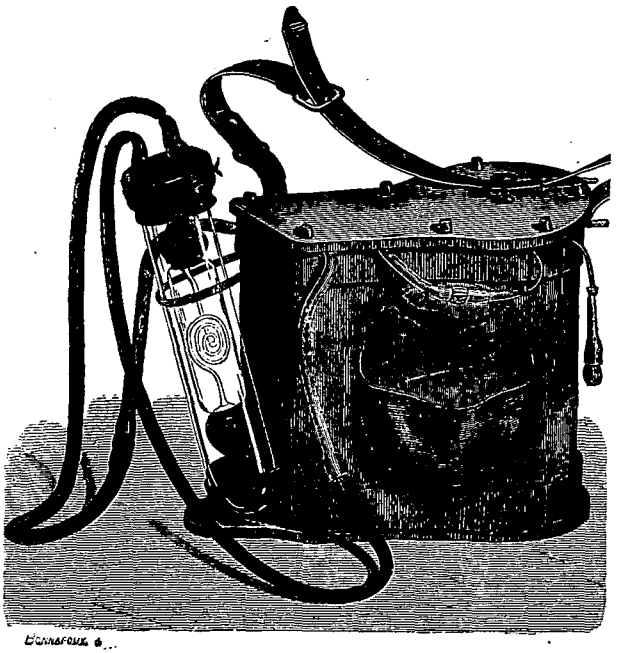


Fig. 90. — Lampe électrique de sûreté.

quelque nouveau génie, trouvant le moyen de la rendre utile, de lui faire produire de puissants courants, charger d'immenses batteries de Leyde? Et alors l'arc étincelant aura sa source gratuite dans l'atmosphère; c'est aussi dans cet immense réservoir que la télégraphie et l'art des moteurs électro-magnétiques puiseront la force dont ils ont besoin.

L'enveloppe gazeuse de notre globe, à laquelle nous empruntons l'action chimique qui nous fait vivre par la respiration, et celle qui alimente nos foyers, nous offre dans son électricité une source féconde de lumière et de force motrice que l'homme n'a pas encore su utiliser. Que la contemplation des merveilles de l'univers enhardisse sa pensée, que son labeur incessant agrandisse son domaine! Qu'une communication incessante avec la nature soit pour lui la source pure des joies terrestres et le souverain remède de ses misères!

FIN

TABLE DES GRAVURES

1. Spectroscope. 21
2. Spectre du carbone 22
3. Arc voltaïque. 26
4. Découverte de la bouteille de Leyde. 35
5. Décharge de la bouteille de Leyde. 37
6. Induction volta-électrique. 44
7. Étincelle par l'extracourant 48
8. Machine hydro-électrique d'Armstrong. 52
9. Multiplicateur électrique de Bertsh 57
10. Machine électrique de Carré. 60
11. Machine électrique de Holtz. 62
12. Exploseur de Bréguet 68
13. Bobine de Ruhmkorff. 71
14. Petite bobine de Ruhmkorff 75
15. Principe de la machine magnéto-dynamique. 80
16. Machine magnéto-dynamique de Nollet ou machine de l'Alliance 83
17. Électro-aimant de Siemens et Halske 85
18. Machine magnéto-dynamique de Siemens et Halske. . . . 86
19. Multiplicateur magnéto-dynamique de Wilde. 89
20. Machine magnéto-dynamique de Ladd. 91
21. Principe de la machine Gramme 92
22. . . . . idem 93
23. . . . . idem 94
24. . . . . idem 95
25. Anneau de la machine Gramme 96
26. Machine Gramme à aimant Jamin 97
27. Machine Gramme à électro-aimants. 98

28. Machine Gramme à courants alternatifs. 99
29. Aigrette positive 104
30. . . . idem 105
31. Aigrettes positive et négative 106
32. Trait de feu sinueux et trait ramifié. 107
33. Étincelle composée. 109
34. Étincelle dans l'air raréfié. 112
35. Autre apparence dans l'air moins raréfié. 113
36. Étincelle dans le vide barométrique. 114
37. Tube vide 115
38. Étincelle dans divers gaz 116
39. Stratifications 117
40. Bouteilles de Leyde en cascade. 125
41. Tube à gaînes pour l'étincelle dans les gaz 135
42. Photomètre électrique. 139
43. Rotation d'un tube de Geissler. 145
44. Miroir tournant 151
45. Théorie du miroir tournant 154
46. Étincelle oscillante de Feddersen. 156
47. Principe du chronoscope à étincelles 158
48. Chronoscope à étincelles. 161
49. Tourniquet électrique. 168
50. Planétaire électrique 170
51. Stratification des poussières. 172
52. Volatilisation d'un fil de soie doré 176
53. Projection de l'arc voltaïque. 183
54. Déviation de l'étincelle par un corps mauvais conducteur. 209
55. Perce-carte 211
56. Étincelle dans un liquide 213
57. Thermomètre de Kinnersley 213
58. Mortier électrique 214
59. Nappe de feu dans l'air raréfié. 216
60. Pluie de feu dans l'air raréfié 217
61. Étincelle dans une flamme 217
62. Séparation de l'auréole et du trait de feu. 219
63. Action de l'aimant sur l'arc voltaïque. 224
64. Action de l'aimant sur l'étincelle d'induction. 225
65. Action des aimants sur un tube de Geissler 228-229
66. Changement de couleur de l'étincelle produit par un aimant 231
67. Rotation de l'étincelle par un aimant 233
68 Fusion du charbon 240
69. Spectres calorifiques 243
70. Synthèse de l'eau. 247

71. Expérience de Cavendish 249
72. Décomposition du gaz ammoniac. 250
73. Décomposition de la vapeur d'eau 252
74. Vitesse d'un projectile. 269
75. Appareil pour la chute d'un corps 272
76. Briquet électrique 274
77. Allumage électrique 276
78. Mine monstre 279
79. Explosion de plusieurs mines. 282
80. Explosion d'une mine par un fil télégraphique 283
81. Régulateur d'Archereau. 288
82. Régulateur Serrin 292
83. Régulateur Foucault-Duboscq 295
84. Roue satellite dans les régulateurs électriques. 297
85. Bougie Jablochkoff 303
86. Bougie Jablochkoff montée dans un globe. 305
87. Bougie Jamin. 306
88. Bougie Jamin : nouveau modèle 308
89. Lampe à incandescence, système Reynier 310
90. Lampe électrique de sûreté 313

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

1. — LOIS ET THÉORIES

Les deux électricités. — Les fluides électriques. — L'unité des forces physiques. — La matière éthérée. 1

2. — INCANDESCENCE PAR LES ACTIONS MÉCANIQUES

Les corps échauffés deviennent lumineux. — Briquet dans le vide. — Comment le frottement produit le feu. — Conversion de l'énergie de mouvement en énergie de chaleur. — Identité de la chaleur et de la lumière. — Conservation de l'énergie. 9

3. — INCANDESCENCE PAR LES ACTIONS CHIMIQUES

Combinaison chimique. — Affinité. — Analogie des actions chimiques et des actions mécaniques. — Ce qu'est une flamme. — Coloration des flammes. — Ondulations sonores et ondulations lumineuses 15

4. — ANALYSE SPECTRALE

Spectroscope. — Opinions anciennes sur le feu. 20

5. — INCANDESCENCE PAR LE COURANT VOLTAÏQUE.

Courant voltaïque. — Distribution de la chaleur dans le circuit de la pile. — Arc voltaïque. — Conservation de l'énergie créée dans la pile par l'affinité chimique 23

CHAPITRE I

Historique de l'étincelle électrique

Thalès. — Gilbert. — Otto de Guericke. — Grey, précurseur de Franklin. — Dufay. — Tabouret isolant. — Béatification électrique. — Inflammation par l'étincelle. — Bouteille de Leyde. — Machines électriques. — Expériences du mont Shooter. — Électrophore. — La foudre. — Pile de Volta et expérience d'Oerstedt. — Arc voltaïque de Davy. — Faraday, découverte de l'induction. — Masson, production de l'étincelle à l'aide d'une pile. — Bobine de Ruhmkorff. — Machine hydro-électrique d'Armstrong.. — Multiplicateur électrique de Holtz. 29

CHAPITRE II

Appareils produisant l'étincelle électrique

PREMIÈRE CLASSE. — ÉTINCELLE EXPLOSIVE

Machines à frottement. — Multiplicateurs électro-statiques. — Machines de Piche, Bertsh, Carré, Holtz. — Appareils d'induction magnéto-électrique. — Appareils d'induction volta-électrique. — Bobine de Ruhmkorff 54

DEUXIÈME CLASSE. — ARC VOLTAÏQUE

Piles voltaïques. — Éléments de Bunsen, Warren de La Rue, Gassiot, Planté. — Machines magnéto-dynamiques de Nollet, Siemens et Halske. — Multiplicateurs magnéto-dynamiques de Wilde, Ladd. — Machine Gramme : systèmes divers. . . 77

CHAPITRE III

Constitution de l'étincelle explosive

1. — APPARENCES DE L'ÉTINCELLE

Décharge électrique. — Lueur. — Aigrette. — Trait de feu. — Étincelles composées. — Décharge obscure. — Étincelle dans les gaz raréfiés. — L'étincelle ne se produit pas dans le vide.

— Stratifications. — Influence des conducteurs. — Carreau magique. — Étincelle avec les solutions salines, avec les corps mauvais conducteurs. — Distance explosive. — Énergie électrique dépensée dans une décharge. — Cascade de bouteilles de Leyde. 102

2. — ANALYSE SPECTRALE

Auréole de l'étincelle d'induction. — Raies brillantes du spectre. — Effets des conducteurs. — Du gaz interposé. — Spectres cannelés. — Spectres linéaires. — Analogie du son et de la lumière. 126

3. — INTENSITÉ LUMINEUSE

Photométrie électrique 138

4. — DURÉE DE L'ÉTINCELLE

Disque à secteurs noirs et blancs. — Rotation d'un tube de Geissler. — Méthode de Felici. — Miroir tournant de Wheatstone. — Photographie de l'étincelle composée. — Chronoscope à étincelles. — Durée de la décharge. 143

5. — CONSTITUTION DE L'ÉTINCELLE

Explication des diverses formes de l'étincelle. — État du milieu gazeux. — Projection de la substance des conducteurs. — Considérations générales sur le mécanisme de l'électricité. . 167

CHAPITRE IV

Constitution de l'arc voltaïque

1. — ASPECT DE L'ARC

Projection d'une image de l'arc. — Double transport de la substance des électrodes. — Longueur de l'arc. — Forme des électrodes. — Influence du milieu. — Influence des électrodes. — Stratifications. — Bruit de l'arc 181

2. — ANALYSE SPECTRALE DE L'ARC

Raies brillantes des électrodes. — Analogie de certaines raies brillantes avec les raies obscures du spectre solaire. — Le milieu gazeux ne produit pas de raies; 190

3. — INTENSITÉ LUMINEUSE

Pouvoir éclairant. — Éclat intrinsèque — Lois du pouvoir éclairant. — Comparaison de l'arc voltaïque et du soleil. 192

4. — CONSTITUTION DE L'ARC

L'arc voltaïque consomme beaucoup d'électricité. — L'arc est une portion gazeuse du circuit. — Comparaison de l'arc voltaïque et de l'étincelle explosive 196

5. — ÉTINCELLE DE RUPTURE

Extracourant. — Aspect de son étincelle. — Effet d'une batterie de Leyde. — Production de l'électricité statique. — Étincelle de dérivation. — Lois de la durée de l'étincelle d'extracourant. — Conservation de l'énergie dans un circuit voltaïque. 200

CHAPITRE V

Propriétés de l'étincelle

1. — ACTION DES CORPS VOISINS

Action d'un conducteur sur l'étincelle dans l'air raréfié. — Figures roriques. — Perce-carte. — Comment on perce un bloc de verre. — Étincelle dans un liquide. — Mortier électrique. — Empreintes produites par l'étincelle. — Le feu liquide. — Pluie de feu. — Étincelle dans une flamme. — Séparation de l'auréole et du trait de feu. — Dérivation dans l'arc voltaïque 207

2. — ACTION D'UN AIMANT

Les aimants ont deux genres d'action. — Changement de forme de l'arc voltaïque. — De l'étincelle d'induction. — De l'étincelle d'extracourant. — Action sur un tube de Geissler. — Analyse spectrale de l'étincelle modifiée par l'aimant. — Rotation de l'étincelle d'induction. — Les aurores boréales. — Attraction et répulsion de deux arcs voltaïques. — Action de la terre. — Analogie des trombes et des décharges électriques 222

3. — CHALEUR DE L'ÉTINCELLE

Diversité des radiations calorifiques et lumineuses. — Inflam-

mation par l'étincelle. — Conversion du charbon en diamant. — Spectre calorifique de l'arc voltaïque. — Sa comparaison avec celui du soleil 236

4. — EFFETS CHIMIQUES

Effets de la chaleur. — Pistolet de Volta. — Synthèse de l'eau. — Actions explosives et actions lentes. — Décomposition des gaz. — Dissociation. — Décomposition de la vapeur d'eau par l'étincelle d'induction. — Action électrolytique. — Ozone. — Anneaux colorés. — Décomposition des liquides. — Baguettes de Wollaston. — Lueur des électrodes dans un liquide. — Radiations chimiques de l'étincelle 246

5. — PHOSPHORESCENCE ET FLUORESCENCE

Diverses sortes de phosphorescence. — Fluorescence. — Radiations invisibles. — Actions phosphorogéniques de l'étincelle. — Phosphorescence des gaz raréfiés. — Les tubes de Geissler. — Ondulations lumineuses 260

CHAPITRE VI

Applications de l'étincelle

1. — APPAREILS FONDÉS SUR L'INSTANTANÉITÉ DE L'ÉTINCELLE

Télégraphe de Reiser. — Appareils chrono-électriques. — Indicateur par étincelles 267

2. — APPAREILS FONDÉS SUR LA CHALEUR DE L'ÉTINCELLE

Briquet électrique. — Allumage électrique. — Signaux de nuit. — Moteurs à gaz. — Mines monstres. — Amorces électriques. — Inflammation simultanée de plusieurs mines. — Une explosion de Paris à Bordeaux. — Torpilles. 273

3. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Le premier régulateur. — Régulateur Serrin. — Régulateur Foucault-Duboscq. — La lumière électrique dans l'industrie. — Division de la lumière électrique. — Bougie Jablochkoff. — Bougies Jamin. — Lampe à incandescence de Reynier. — Lampe de sûreté. — Une source inépuisable d'électricité. 287

1116. — Typographie Lahure, rue de Fleurus, 9, Paris.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES GRANDS FROIDS

PAR

ÉMILE BOUANT

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE NORMALE

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 31 VIGNETTES

PAR TH. WEBER

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1880

Droits de propriété et de traduction réservés

INTRODUCTION

Nous estimons d'habitude l'état calorifique d'un corps par l'impression qu'il produit sur la main. Le corps nous semble chaud ou froid suivant qu'il donne de la chaleur à la main ou qu'il lui en enlève. Mais le jugement que nous portons ainsi est incomplet et sujet à bien des erreurs. Il nous suffira de le montrer par quelques exemples.

Plongeons la main droite dans un vase rempli d'eau très froide, la gauche dans un second vase rempli d'eau très chaude. Après quelques instants d'attente, sortons les mains du liquide et plongeons-les toutes les deux à la fois dans de l'eau tiède : nous la trouverons chaude à la main droite, froide à la gauche.

Voici, rapprochées l'une de l'autre, une plaque de cuivre et une de bois : la main, étendue de façon à s'appuyer sur les deux plaques, trouve la première beaucoup plus froide que la seconde, quoiqu'elles soient certainement toutes les deux dans le même état calorifique. C'est que le cuivre, qui conduit bien la chaleur, refroidit la main beaucoup plus rapidement que ne le fait le bois.

Je suis dans la campagne, exposé au froid le plus vif, je retire mon gant et j'applique ma main sur mon visage. Mon visage est glacé, la main me semble chaude; je la pose sur ma poitrine, qui est chaude, la main me semble glacée.

Lorsqu'il s'agit d'apprécier le degré de chaleur ou de

froid de l'air, que nous ne pouvons toucher directement, les erreurs sont encore plus faciles. L'impression produite sur l'organisme entier dépend alors de mille circonstances : de notre état de santé ou de maladie, des vêtements qui nous couvrent, de l'endroit d'où nous sortons... De plus, la sensation ne laissant aucune trace, il est absolument impossible de comparer le froid éprouvé à deux époques différentes, si peu éloignées qu'elles soient.

Aussi, dès le dix-septième siècle, les savants ont-ils senti le besoin d'imaginer un instrument précis, susceptible de nous renseigner exactement sur le froid et le chaud, susceptible en même temps de traduire par des nombres l'état calorifique des divers corps avec lesquels on le met en contact : cet instrument se nomme le thermomètre. Après maintes transformations, il est arrivé à la disposition que nous allons indiquer.

Dans une petite boule de verre munie d'un col très long et extrêmement étroit, *a*, on introduit un liquide, alcool ou mercure; puis on ferme le col à la lampe.

Si nous plongeons le petit appareil ainsi construit dans de l'eau chauffée, nous remarquerons que le liquide s'élève de plus en plus dans le col à mesure que l'eau devient de plus en plus chaude. C'est qu'il se produit une augmentation de volume sous l'action de la chaleur : cet effet se nomme dilatation.

Qu'on enlève le feu, nous verrons le niveau baisser peu à peu, pour revenir à la hauteur primitive quand le refroidissement sera complet.

De là il faut conclure : d'abord, que le liquide augmente de volume en s'échauffant, diminue de volume en se refroidissant; ensuite, qu'à chaque état calorifique

du liquide correspond un volume déterminé, de telle sorte que le niveau dans la tige reviendra le même chaque fois que l'appareil sera placé dans les mêmes conditions de chaleur.

Nous pouvons donc, en marquant une graduation sur la tige, définir les divers états calorifiques par les numéros en face desquels s'arrêtera le liquide dans chaque cas.

Pour que les indications ainsi obtenues soient comparables entre elles, il suffit de faire des conventions auxquelles chacun se conformera.

Les conventions universellement adoptées aujourd'hui sont fondées sur les faits suivants : 1° Le thermomètre, plongé dans la glace fondante, c'est-à-dire dans la glace placée depuis plusieurs heures dans une pièce chauffée, s'arrête à un niveau fixe qui ne dépend ni de l'origine de la glace, ni du froid extérieur, ni de la chaleur de l'appartement. En ce point, on place l'origine de la graduation, le degré zéro. 2° Le même appareil, placé dans la vapeur d'eau bouillante, monte beaucoup plus haut par suite de la dilatation, et finit par s'arrêter à un nouveau point fixe, indépendant de l'eau choisie et du feu qui la fait bouillir. Ce second point fixe détermine le centième degré de la graduation.

L'espace compris entre les deux points fixes est divisé en cent parties égales, et l'on a le thermomètre dit centigrade. La division est prolongée au-dessus de 100 degrés pour les chaleurs plus fortes que celle de l'eau bouillante, au-dessous de zéro pour les froids plus grands que celui de la glace fondante.

Un thermomètre gradué d'après ces principes étant placé dans un lieu déterminé, le liquide qu'il renferme s'élèvera jusqu'à une certaine division : le numéro de

cette division est ce que l'on nomme la température du lieu.

Exemples : Dans une chambre, le mercure du thermomètre s'arrête en face de la division 12; on dit que la température de la chambre est de 12 degrés centigrades au-dessus de zéro, et cette température s'écrit + 12°. Dehors, au contraire, le mercure s'arrête en face de la division 8 au-dessous du zéro; on dit que la température est de 8 degrés centigrades au-dessous de zéro, et cette température s'écrit — 8°.

Bien d'autres conventions avaient été successivement adoptées avant celle que nous venons d'indiquer. Maintenant encore on se sert en certains pays de graduations nommées graduation Fahrenheit, graduation Réaumur. Nous n'en exposerons point les principes, parce qu'elles sont actuellement presque complètement abandonnées. Du reste, pour éviter toute confusion, nous rapporterons, dans le courant de cet ouvrage, toutes les températures à la graduation centigrade.

Le liquide contenu dans le thermomètre est tantôt du mercure, tantôt de l'alcool; mais, les bases de la graduation étant toujours les mêmes, la température indiquée dans chaque cas est la même, quel que soit le liquide choisi. Le mercure est le plus souvent employé pour mesurer les hautes températures; mais comme il a l'inconvénient de se solidifier à la température de — 40 degrés, on le remplace par de l'alcool quand on veut étudier les froids excessifs.

LES GRANDS FROIDS

LIVRE PREMIER

LES EFFETS DU FROID

CHAPITRE PREMIER

ACTION DU FROID SUR L'HOMME.

Quand il se transporte du pôle à l'équateur, l'homme observe des températures bien diverses. Pendant ce long parcours, tout change autour de lui. A l'équateur il voit, accompagnant la chaleur extrême, des jours égaux aux nuits, une végétation luxuriante, une flore et une faune nombreuses, des orages effroyables, des pluies torrentielles, des cyclones dévastateurs. Dans les régions froides, ce sont des jours de plusieurs mois, des nuits presque sans fin, à peine quelques animaux et quelques plantes; au lieu de forêts, des amas de glaces éternelles, les pluies remplacées par des neiges, les orages par des aurores boréales.

Pour ne citer que les points extrêmes de l'échelle thermométrique, M. Duveyrier a observé dans le pays des Touaregs une chaleur de +67°.7 à l'ombre, tandis qu'à Nijni-Kdinsk, en Sibérie, on a eu à supporter un froid de —62°.5. Ce qui

donne un écart total de 130 degrés. A ces deux températures si éloignées l'une de l'autre l'homme peut vivre, et la chaleur de son corps est sensiblement la même dans l'un et l'autre pays. Ce n'est qu'à cette condition, du reste, qu'il résiste à des climats si dissemblables, car la mort arrive très rapidement dès que la chaleur du corps s'écarte de quelques degrés en plus ou en moins de sa température normale, qui est de + 38 degrés.

Comment cette température de notre corps peut-elle ains demeurer stationnaire? Comment l'homme ne s'échauffe-t-il pas, de même que les substances inanimées, quand il est dans un milieu chaud? Comment ne se refroidit-il pas quand il est plongé dans une atmosphère glaciale?

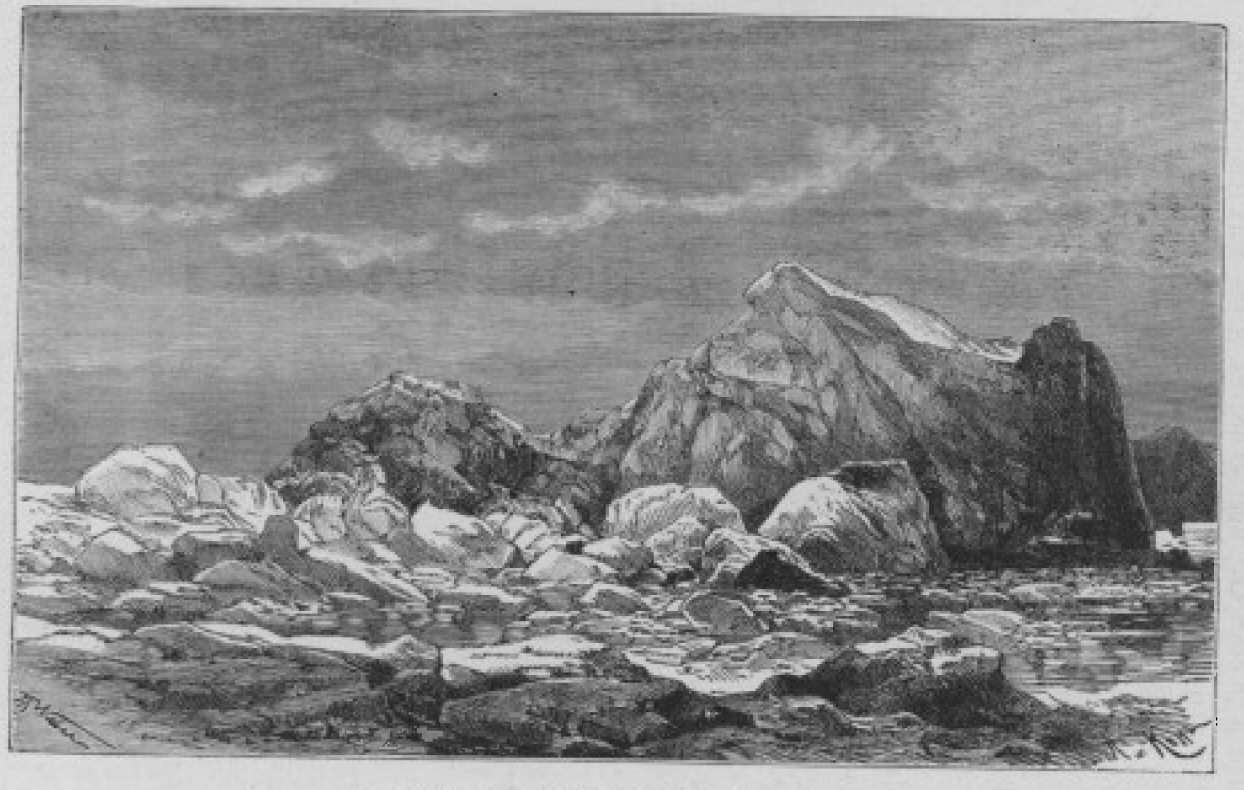
Il semble d'autant plus difficile de s'expliquer la résistance à la chaleur que, nous le savons, notre corps est le siège d'une combustion incessante, la respiration, produisant à chaque instant une quantité de chaleur considérable. Comment dès lors concevoir que, chauffés intérieurement, plongés à l'extérieur dans un milieu à température élevée, nous ne nous échauffions pas très rapidement?

Il n'en est rien pourtant. C'est que l'homme, pour se défendre, a plusieurs moyens à sa disposition.

D'abord, l'habitant des pays chauds mange peu, et par suite respire peu. L'ennemi intérieur, foyer qui ne peut s'éteindre complètement, ne produit que la quantité de chaleur strictement nécessaire à l'entretien de la vie. Nous n'avons à lutter que contre le réchauffement extérieur.

Pour nous protéger, nous avons d'abord les vêtements, tout aussi propres à arrêter le chaud que le froid. Ces mêmes étoffes qui, pendant l'hiver, empêchent la chaleur de sortir des corps, empêchent aussi dans les régions chaudes, et de la même manière, la chaleur extérieure de pénétrer jusqu'à nous.

Outre les vêtements, cuirasse passive qui se laisserait traverser à la longue, nous avons l'évaporation, source active de



Au lieu de forêts, des amas de glaces éternelles....

froid répandue sur toute la surface de la peau, défense bien autrement efficace.

Chacun sait que l'évaporation d'un liquide produit du froid, et un froid souvent considérable. Qui n'a vérifié, en effet, que si on se mouille en été les mains et le visage, on éprouve bientôt une sensation de fraîcheur délicieuse due à l'évaporation de l'eau. Quelques gouttes d'éther, liquide très volatil, versées sur la main déterminent par leur évaporation un froid quelquefois assez intense pour amener l'insensibilité.

C'est au moyen du froid produit par l'évaporation du gaz ammoniac liquéfié qu'on arrive actuellement, dans l'appareil Carré, à obtenir la glace industriellement à très bas prix pendant l'été.

Eh bien, la surface de la peau est constamment, mais surtout pendant l'été, le siège d'une évaporation considérable. C'est elle qui garantit notre corps d'une élévation de température qui ne tarderait pas à lui être funeste. Quand le danger devient plus grand, les glandes sudoripares produisent abondamment un liquide qui ruisselle sur le corps. Cette sueur, par son évaporation rapide, maintient l'équilibre de température nécessaire à notre existence.

L'action combinée des vêtements et de l'évaporation de la sueur est telle, que nous pouvons supporter non seulement des températures de 62 degrés, mais des températures de 120 degrés, 130 degrés, de beaucoup supérieures à celle de l'eau bouillante. Pour n'en citer qu'un exemple, en 1874, neuf observateurs pénétrèrent dans une chambre chauffée à 128 degrés et y demeurèrent huit minutes. Dans cette chambre on avait placé, à côté des observateurs, des œufs qui ne tardèrent pas à bouillir, un bifteck qui fut rapidement cuit, de l'eau qui entra presque immédiatement en ébullition.

Cependant ces défenses ne sont efficaces que si la grande chaleur ne se maintient pas trop longtemps; et elles deviennent insuffisantes pour toute température un peu supérieure à

38 degrés qui serait longtemps prolongée. Ainsi, l'abbé Gaubil rapporte que, du 14 au 23 juillet 1743, par une température soutenue de 40 degrés, 11 400 personnes moururent de chaud dans les rues de Pékin.

Quand il s'agit de se garantir du refroidissement, le problème semble plus facile; et, en effet, la protection peut être plus efficace.

C'est que le foyer intérieur de la respiration compense en partie les pertes causées par le rayonnement de notre corps dans un air trop froid. Aussi notre premier moyen de lutter contre le froid est dans l'activité plus grande que prend la respiration. Cette activité sera encore exaltée par le mouvement, l'exercice continuel, qui est comme le courant d'air qui avive la combustion.

L'exercice, en effet, a pour action de déterminer une circulation plus active du sang, un renouvellement plus rapide de l'air qu'il renferme, et de doubler dans certains cas la somme de chaleur qui se produit au dedans de nous. Mais, de même qu'un courant d'air violent n'activera le feu que si le combustible ne manque pas, de même l'exercice n'activera la respiration d'une manière permanente que si nous fournissons au sang des matériaux susceptibles d'être brûlés. De là la nécessité d'une alimentation abondante quand on a à lutter contre le froid, et tout aussi bien d'une alimentation convenablement choisie. Les viandes, les substances grasses surtout, devront être mangées en abondance.

Les habitants des régions polaires sont doués d'un appétit féroce; ils mangent, ou plutôt ils dévorent une quantité prodigieuse d'aliments, parmi lesquels les huiles et les graisses, éminemment propres à produire de la chaleur, sont prépondérantes.

Des vêtements appropriés sont tout aussi indispensables. Les matières d'origine animale, soie, laine, poils, ont la propriété de conduire mal la chaleur, c'est-à-dire de s'opposer au

passage de la chaleur à travers elles. Un vêtement de laine ou de fourrure empêchera donc la chaleur du corps de se perdre à l'extérieur. Les vêtements, à eux seuls, lorsqu'ils sont assez abondants et assez fourrés, joints à une bonne alimentation, suffiront à défendre du froid.

Les habitants des climats tempérés peuvent se contenter d'étoffes de laine; ceux des régions polaires doivent y joindre les peaux d'animaux. Tous les voyageurs au pôle Nord se sont préoccupés des vêtements chauds à donner aux gens de leur équipage, et il est curieux de voir quels soins ont présidé à la confection des objets d'habillement des équipages de la *Germania* et de la *Hansa*, qui ont exploré les côtes du Groenland en 1869 et 1870.

Pendant les froids de l'hiver, l'évaporation cutanée se produit encore, quoique bien faiblement, et tendrait à nous refroidir. Dans les climats rigoureux, on peut empêcher cette évaporation en répandant sur le corps une substance grasse, qui met en même temps la peau à l'abri de l'impression du froid. « Le Lapon et le Samoyède, dit Virey, graissés d'huile rance de poisson, se promènent sans inconvénient, la poitrine débraillée, par des froids de — 40 à — 50 degrés. En Sibérie, les soldats russes s'enveloppent les oreilles et le nez dans des papillotes de parchemin enduites de graisse d'oie, qui reste fluide et ne se gerce pas comme le suif. Ils bravent ainsi les froids les plus violents. »

Enfin, pour se défendre du froid, l'homme a les moyens extérieurs : il se réfugie dans les habitations ; il emploie le feu, qui s'ajoute à la chaleur produite dans la respiration.

Les habitants des régions polaires vivent le plus souvent sous terre, dans des huttes creusées sous le sol, munies d'un toit formé de peaux de bêtes. Ils sont là un peu comme des animaux hibernants, à l'abri de tout courant d'air extérieur, à l'abri aussi du rayonnement qui tendrait à refroidir leur demeure.

Mais dans les pays civilisés, une semblable habitation ne peut être employée, et il faut construire des maisons plus commodes. Elles doivent avoir des murs épais, faits autant que possible de substances peu conductrices de la chaleur. Le bois et la brique sont, pour ces constructions, très préférables à la pierre. Bien plus, dans certains pays froids, les murs sont doubles, en briques ou en planches, de mince épaisseur, et l'intervalle qui les sépare est garni de sciure de bois ou de paille hachée, qui constituent une couche parfaitement isolante. De doubles fenêtres augmentent aussi beaucoup l'efficacité de la préservation.

Dans nos maisons françaises, surtout celles du midi et du centre, on ne cherche à réaliser aucune de ces conditions. Les murs sont en pierre, simples et légers ; les fenêtres sont uniques et le plus souvent mal jointes. Aussi, dès que l'hiver est rigoureux, nous avons plus à souffrir que les habitants des pays froids.

En 1870, l'équipage de la *Hansa*, forcé d'abandonner son bateau, se réfugie sur un immense glaçon flottant et y demeure plus de huit mois. Eh bien, par une température extérieure de 18 et 20 degrés au-dessous de zéro, on obtenait, dans la hutte construite sur ce glaçon avec une partie de la provision de charbon, une température de 18 degrés au-dessus de zéro. C'est que les murs étaient faits d'une substance conduisant mal la chaleur, et que toutes les ouvertures inutiles étaient bien rigoureusement bouchées. Combien peu de personnes, même dans nos hivers ordinaires, atteignent une température aussi élevée ! encore faut-il un feu constamment soutenu.

C'est qu'aussi notre moyen de chauffage n'est pas mieux organisé que nos maisons pour lutter contre le froid. La cheminée, pleine de gaieté, excellent système de ventilation, est un moyen de chauffage détestable. L'air chaud, au lieu de rester dans l'appartement, monte constamment dans le tuyau et est

renouvelé par de l'air froid venant du dehors : l'échauffement ne se fait que par rayonnement, et la chaleur rayonnée n'est qu'une bien faible portion de la chaleur produite.

Combien sont supérieurs les poêles, au moins au point de vue de l'élévation de la température ! Les poêles de fonte de nos pays ont l'inconvénient de s'échauffer trop fort, jusqu'au

Les habitants des régions polaires vivent le plus souvent sous terre.

rouge, ce qui n'est pas sans danger pour l'hygiène de l'appartement ; mais les poêles des pays froids, et notamment ceux de la Russie, ont une tout autre disposition.

Ce sont d'immenses constructions de briques, recouvertes de porcelaine ou de faïence. L'air, aspiré de l'extérieur par un conduit spécial, vient se chauffer dans le poêle pour se répandre ensuite dans l'appartement. La masse s'échauffe lentement ; puis, quand il ne reste plus dans l'intérieur qu'un brasier, on

ferme toutes les ouvertures, et la chaleur se conserve pendant de longues heures. Les paysans russes produisent ainsi dans leurs misérables réduits des températures effroyables, de 40 à 50 degrés, qui font ressembler leurs habitations à des fours. La chaleur accablante de cette atmosphère, l'odeur repoussante et l'effroyable saleté qui l'accompagnent, rendent le séjour dans ces demeures impossible à quiconque n'y est pas né.

Enfin nous devons compter aussi l'habitude de résister au froid, l'endurcissement qui en résulte, comme un préservatif souvent efficace contre le refroidissement. Les hommes robustes peuvent, en effet, par un endurcissement progressif, arriver à avoir une grande force de résistance contre le froid. Nos mains et notre visage possèdent à un degré élevé cette insensibilité relative, parce qu'ils sont constamment exposés aux intempéries. Les mains, qui ont une si grande surface de refroidissement pour un volume très faible, seraient à chaque instant les victimes du froid sans cet endurcissement.

Aristide demandait un jour à un Scythe comment il pouvait, presque nu, résister au froid de l'hiver : « Je suis tout visage », lui répond le barbare, indiquant ainsi ce que peut l'endurcissement sur toutes les parties du corps.

Ces moyens de préservation : endurcissement, vêtements convenables, nourriture appropriée, habitations bien closes, chauffage bien entendu, suffisent pour empêcher tout accident ; mais, dans bien des cas, quelques-uns de ces moyens de défense font défaut. Il n'y a que trop de gens exposés aux rigueurs de l'hiver sans habitation et sans feu, sans vêtements suffisants, sans nourriture. Alors, si le froid est assez vif, si son action est assez prolongée, l'endurcissement n'est plus que d'un faible secours, et il survient les accidents les plus graves, sur lesquels nous devons nous arrêter.

Dans quelques cas, lorsque l'individu exposé au froid est peu robuste, l'action peut être foudroyante. Celui qui est atteint par cette soudaine invasion du refroidissement s'agite comme

saisi de frayeur, son regard devient fixe et sombre, il pousse un cri, puis tombe rigide et glacé. On a vu de jeunes militaires qui, exposés à un froid violent pendant une heure seulement, ont été trouvés morts dans un état de rigidité complète; mais ces cas foudroyants sont rares.

D'habitude, l'action d'un froid excessif est plus lente. Elle est locale ou générale.

L'action locale, qui commence par une douleur assez vive, est bientôt suivie de fourmillements, d'engourdissement, d'un ralentissement progressif de la circulation. Si l'arrêt a été total, la circulation souvent ne peut plus être rétablie et l'ablation du membre devient nécessaire. Les pieds, les oreilles, les mains, le nez, sont les parties le plus souvent atteintes par la congélation. Nous verrons que les voyageurs des régions polaires ont souvent à éprouver ces accidents. Ils se produisent bien plus fréquemment encore dans les armées en campagne.

Nous en trouvons des exemples dès l'antiquité. L'armée romaine, en 177 avant notre ère, était campée en Arménie. L'hiver fut des plus rudes, au rapport de Tacite : « La terre était si durcie par la glace, qu'il fallait la creuser avec le fer pour y enfoncer les pieux. Beaucoup de soldats eurent les membres gelés, et plusieurs moururent en sentinelle. On en remarqua un qui, en portant une fascine, eut les mains tellement raidies par le froid, qu'elles s'attachèrent à ce fardeau et tombèrent de ses bras mutilés. »

En 1341, l'hiver fut des plus rudes en Livonie, et beaucoup de soldats de l'armée des croisés eurent le nez, les doigts et les membres gelés.

En 1524, le froid fut tel en Angleterre que beaucoup de personnes perdirent les orteils.

En 1552 et 1553, au siège de Metz par Charles-Quint, les soldats eurent fort à souffrir du froid; beaucoup restaient raides et transis dans les tranchées. « Trouvions, dit Vieilleville, des soldats assis sur de grosses pierres, ayant les jambes dans les

fanges gelées jusqu'aux genoux..... A la plupart il falloit couper les jambes, car elles étoient mortes et gelées. »

L'insensibilité qui accompagne l'arrêt de la circulation est quelquefois absolue. Nous avons vu, au mois de décembre 1870, un garde mobile du département de Saône-et-Loire, qui se chauffait au feu du bivouac, se brûler presque entièrement un pied sans éprouver aucune douleur. Il fallut le lui couper.

Ces accidents sont si fréquents que le plus souvent les historiens ne prennent pas la peine de les mentionner. Bien près de nous, ils ont été terribles pendant les funestes guerres de 1811-1812 et de 1870-1871, sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir. Des cas de congélation partielle peuvent se produire et se produisent en réalité presque chaque année, même dans les hivers les moins rigoureux, surtout aux pieds; il est important d'en connaître le traitement.

Il faut d'abord faire de douces frictions avec de la neige sur la partie malade; dès que la sensibilité est revenue, on pratique des lotions avec de l'eau très froide dont on élève graduellement la température.

L'exposition à la chaleur doit être évitée avec le plus grand soin, comme le montrent les récits suivants, empruntés à la campagne de Russie.

« Peu de monde, écrit M. René Bourgeois, chirurgien-major de la grande armée, échappa à la congélation, et chacun en fut frappé dans quelques parties du corps. Heureux ceux à qui elle n'atteignit que le bout du nez, les oreilles et une partie des doigts! Ce qui rendait les ravages encore plus funestes, c'est qu'en arrivant près des feux, on y plongeait imprudemment les parties refroidies, qui, ayant perdu toute sensibilité, n'étaient plus susceptibles de ressentir l'impression de la chaleur qui les consumait. Bien loin d'éprouver le soulagement que l'on recherchait, l'action subite du feu donnait lieu à de vives douleurs, et déterminait promptement la gangrène. »

« Malheur, s'écrie Larrey, à l'homme engourdi par le froid et chez qui la sensibilité extérieure était éteinte! s'il entrait subitement dans une chambre trop chaude, ou s'il s'approchait de trop près d'un grand feu de bivouac, les parties engourdies ou gelées étaient frappées de gangrène, qui se montrait à l'instant même avec une telle rapidité que ses progrès étaient sensibles à l'œil. »

On a vu des soldats tomber raides morts devant les feux des bivouacs. Mais ces congélations partielles, souvent faciles à guérir, quelquefois nécessitant des amputations, rarement suivies de mort, ne sont rien auprès de l'action générale du froid sur les individus affaiblis ou mal garantis.

Cette action générale se porte surtout sur le cerveau et sur le système nerveux. L'action sur le cerveau se traduit assez fréquemment par un délire furieux, bientôt suivi d'une méningite rapidement mortelle. Mais le plus souvent les accidents se produisent d'une manière toute différente. A la pâleur de la face succède une congestion accompagnée d'un assoupissement qui augmente graduellement; les muscles s'affaiblissent de plus en plus; il en résulte une grande difficulté d'agir, de parler même, une faiblesse de la vue qui va, dans quelques cas, jusqu'à la cécité absolue, enfin un hébétement qui semble de l'idiotisme. Puis, l'assoupissement augmentant, le besoin de repos et de sommeil devient irrésistible. Le malheureux se couche avec délice sur la neige ou la terre glacée, il s'endort pour ne plus se réveiller.

« Sous l'excès du froid, écrit Paul Bert, la soif que l'on éprouve est atroce; le goût et l'odorat diminuent, les yeux se ferment involontairement; les mouvements deviennent incertains, toute force s'enfuit; la langue bégaye, et les pensées sont lentes et indistinctes. »

Les anciens connaissaient parfaitement tous ces symptômes de l'action progressive du froid. D'après Plutarque, « un froid excessif engourdit les nerfs et les prive de mouvement;

il suspend l'usage de la langue, et, par sa dureté, il glace les parties molles et humides du corps. »

Le froid sec est bien moins à craindre que le froid accompagné d'humidité. M. Lacassagne rappelle que dans la retraite de Constantine, en novembre 1836, par une température minima de — 1 degré, il y eut des accidents graves de congélation.

Les effets de l'humidité et des vents se montrèrent d'une manière beaucoup plus effrayante dans l'expédition de Sétif au Bou-Thaleb, en 1846. En trois jours, sur une colonne de 2 800 hommes, 208 périrent par l'action immédiate du froid, et plus de 500 furent atteints de congélation. Et pourtant le thermomètre ne descendit pas jusqu'à — 2 degrés.

Que de fois des hommes ont été gelés et sont morts de froid ! Naturellement, les pauvres gens, obligés de coucher dehors, mal nourris et mal vêtus, sont les premiers, le plus souvent les seuls atteints; mais ce sont toujours les armées en campagne qui présentent le plus triste spectacle. Il faut lire dans Xénophon le récit des souffrances des Dix mille surpris par le froid dans les montagnes de l'Arménie. Il faut voir comment Charles XII, après la bataille de Pultava, en 1709, perdit la moitié de son armée dans les forêts de l'Ukraine.

Il faut cependant, dans les récits des historiens, bien se garder de confondre les cas de mort par le froid avec les mortalités causées par les maladies consécutives du froid, ou par les famines survenues à la suite des grands hivers. Voyons d'abord, dans l'histoire, les accidents causés par la seule action du froid. Ces accidents, qui se produisent presque constamment, ne sont jamais bien nombreux, sauf pendant les guerres, et ne peuvent prendre le caractère de calamités publiques.

En 823, des hommes meurent de froid en grand nombre; il en fut de même en 874. En 1124, beaucoup de femmes et d'enfants moururent de froid. En 1523, il y eut en Angleterre un hiver si rigoureux que plusieurs personnes périrent par la rigueur du froid; d'autres perdirent les orteils.

Peignot rapporte les tristes effets d'un voyage dans les régions polaires, entrepris en 1552 : « Le capitaine Willoughby cherchait le chemin de la mer de la Chine par la mer septentrionale ; les glaces l'arrêtèrent à Arzina, port de la Laponie, à la latitude de 69 degrés. L'année suivante, on le trouva mort, ainsi que tous les gens de son équipage. »

Sous Henri III, le duc d'Épernon, faisant le siége de la ville de Chorges, en Dauphiné, que défendaient les protestants, perdit par le froid une grande partie de son armée. Mézeray raconte en ces termes les souffrances des soldats : « Survint un hiver qui fut plus cruel cette année-là qu'il ne l'avoit été depuis cinquante ans. On raconte des choses étranges du grand excès de cette froidure : on trouvoit les sentinelles tout roides morts, quelques-uns plantés debout, que le verglas avoit attachés par les pieds à terre, comme s'ils eussent pris racine ; d'autres fixés sur les chevaux comme des statues. La violence du froid engourdissoit les plus vigoureux, et leur geloit la voix jusques dans les entrailles : on vit des soldats qu'elle avoit rendus si insensibles qu'ils s'étoient à demi rostis dans le feu avant que de pouvoir être échauffés. Ils mouroient par centaines ; les vivants ne pouvoient suffire à enterrer les morts, et les jetoient par monceaux dans de grandes fosses : tellement que cette armée, qui étoit de plus de dix mille hommes, se trouva réduite, au partir de là, à trois ou quatre mille. »

Mais il nous faut nous arrêter dans cette énumération, qui serait trop longue et bien monotone. Arrivons donc de suite aux temps qui sont plus proches de nous.

Un invincible besoin de sommeil saisit ceux que le froid va terrasser. Cet engourdissement nous sera montré d'une manière bien frappante par l'exemple suivant. Le docteur Solander, l'un des compagnons du capitaine Cook, surpris par le froid sur les côtes de Terre-Neuve avec plusieurs matelots, usait de toute son influence pour les empêcher de s'abandonner au sommeil. « Quiconque s'assiéra s'endormira, s'écriait-il,

et quiconque s'endormira ne se réveillera plus. » Et lui-même, vaincu à son tour, oublie son expérience et ses conseils; il se couche sur la terre couverte de neige, en suppliant son ami Banks de le laisser dormir. Il fallut employer la violence pour le réveiller.

Mais c'est encore le tableau de la retraite de Russie qui nous montrera le mieux l'influence générale du froid. Nous y verrons à quel point les hommes, démoralisés par la défaite, usés par la fatigue et les privations antérieures, sont rapidement atteints. Reprenons le récit de René Bourgeois : « Toutes les facultés étaient anéanties chez la plupart des soldats; la certitude de la mort les empêchait de faire aucun effort pour s'y soustraire : se croyant hors d'état de supporter la moindre fatigue, ils refusaient de continuer leur route, et se couchaient à terre pour y attendre la fin de leur déplorable existence. Un grand nombre étaient dans un véritable état de démence, le regard fixe, l'œil hagard; ils marchaient comme des automates, dans le plus profond silence. Les outrages, les coups même, étaient incapables de les rappeler à eux-mêmes. Le froid excessif, auquel il était impossible de résister, acheva de nous détruire. Chaque jour il moissonnait un grand nombre de victimes, les nuits surtout étaient très meurtrières; la route et les bivouacs que nous quittions étaient jonchés de cadavres. Pour ne pas succomber, il ne fallait rien moins qu'un exercice continuel qui tînt constamment le corps dans un état d'effervescence et répartît la chaleur naturelle dans toutes les parties. Si, abattu par la fatigue, vous aviez le malheur de vous abandonner au sommeil, les forces vitales n'opposant plus qu'une faible résistance, l'équilibre s'établissait bientôt entre vous et les corps environnants, et il fallait bien peu de temps pour que, d'après l'acception rigoureuse du langage physique, votre sang se glaçât dans vos veines. Quand, affaissé sous le poids des privations antérieures, on ne pouvait surmonter le besoin de sommeil, alors la congélation faisait de rapides progrès, s'étendait à tous les liquides,

et l'on passait, sans s'en apercevoir, de cet engourdissement léthargique à la mort. Heureux ceux dont le réveil était assez prompt pour prévenir cette extinction totale de la vie! Les jeunes soldats qui venaient rejoindre la grande armée, frappés tout à coup par l'action subite d'un froid auquel ils n'avaient point

La route et les bivouacs étaient jonchés de cadavres.

encore été exposés, succombèrent bientôt à l'excès des souffrances auxquelles ils étaient livrés. Ceux-ci ne périssaient ni d'épuisement, ni d'inaction, et le froid seul les frappait de mort. On les voyait d'abord chanceler comme des hommes ivres. Il semblait que tout leur sang fût refoulé vers leur tête, tant ils avaient la figure rouge et gonflée. Bientôt ils étaient entière-

ment saisis et perdaient toutes leurs forces. Leurs membres étaient comme paralysés; ne pouvant plus soutenir leurs bras, ils les abandonnaient à leur propre poids et les laissaient aller passivement; leurs fusils s'échappaient alors de leurs mains, leurs jambes fléchissaient sous eux, et ils tombaient enfin, après s'être épuisés en efforts impuissants. Au moment où ils se sentaient défaillir, des larmes mouillaient leurs paupières, et quand ils étaient abattus, ils se relevaient à diverses reprises pour regarder fixement ce qui les environnait; ils paraissaient avoir perdu entièrement le sens, et ils avaient un air étonné et hagard; mais l'ensemble de leur physionomie, la contraction forcée des muscles de la face, offraient des traces non équivoques des cruelles douleurs qu'ils ressentaient. Les yeux étaient extrêmement rouges, et très souvent le sang transsudait à travers les pores et s'écoulait par gouttes au dehors de la membrane qui recouvre le dedans des paupières. »

Larrey, de son côté, trace un tableau tout aussi triste : « Après le passage de la Bérésina, le 25 décembre, le thermomètre ne fit que baisser, et, dans la nuit du 25 au 26, il tomba à — 26 degrés. Le bivouac fut terrible. On pouvait à peine se tenir debout, et celui qui perdait l'équilibre tombait frappé d'une stupeur glaciale et mortelle. Malheur à celui qui se laissait gagner par le sommeil! quelques minutes suffisaient pour le geler entièrement, et il restait mort à la place où il s'était endormi. »

Le découragement, l'affaiblissement, étaient tels que rien ne pouvait sauver ces malheureux. « Sourds à tous les conseils, ne raisonnant plus, entièrement dominés par la sensation actuelle, officiers, soldats, tous se précipitaient auprès des granges incendiées; mais bientôt, frappés d'une apoplexie foudroyante, ils tombaient dans ce même feu auprès duquel ils croyaient trouver leur salut; d'autres, agités de mouvements convulsifs, devenus tout à coup furieux, s'y précipitaient eux-mêmes. De tels exemples ne servaient à rien; ces malheureux

étaient bientôt remplacés par d'autres; leur sort était même envié ! A l'aspect de ces cadavres brûlés, à l'insensibilité, au peu d'étonnement que causaient de pareilles scènes, on aurait cru voir des barbares accoutumés à des sacrifices humains. » (Jauffret.)

L'immersion dans l'eau glacée, surtout pour les hommes affaiblis, est une cause de mort encore plus prompte que l'action de la température la plus basse. Nombre de soldats périrent de la sorte au passage de la Bérésina. Ceux qui ne trouvaient pas à passer sur les ponts, ou qui y étaient bousculés trop fort, se jetaient à l'eau, dans l'espoir de gagner à la nage l'autre rive. Mais leurs membres étaient immédiatement envahis par une raideur cadavérique, tout mouvement devenait impossible, et les malheureux trouvaient une mort prompte, suspendus entre les glaçons. Les héroïques pontonniers qui, sous la conduite de l'admirable général Éblé, se plongèrent dans la Bérésina pour rétablir les ponts effondrés, moururent presque tous : quelques-uns à peine furent sauvés. Le général qui leur avait donné l'exemple ne tarda pas à les suivre dans la tombe.

La mort par le froid, si souvent constatée, est une véritable asphyxie : elle a pour cause principale l'arrêt de la respiration par suite de la rigidité des muscles.

Les asphyxies par le froid sont si fréquentes que chacun peut se trouver en présence d'un de ces accidents, et doit connaître les soins à donner. Nous ne pouvons mieux faire que de copier ici la méthode de traitement publiée au milieu de ce siècle par le conseil de salubrité de la Seine. Cette instruction, parfaitement conçue, est relative à toutes les sortes d'asphyxies : elle devrait être connue de tous. Nous n'en transcrirons que les passages relatifs à l'asphyxie par le froid :

1° On portera l'asphyxié, le plus promptement possible, de l'endroit où il aura été trouvé au lieu où il devra recevoir des secours. Pendant ce transport, on enveloppera le corps

avec des couvertures, ou, à défaut de couvertures, avec de la paille ou du foin; on laissera la face libre. On évitera aussi d'imprimer au corps, surtout aux membres, des mouvements brusques.

2° Dans l'asphyxie par le froid, il est de la plus haute importance de ne rétablir la chaleur que lentement et par degrés. Un asphyxié par le froid qu'on approcherait du feu, ou que, dès le commencement, on ferait séjourner dans un lieu échauffé, même médiocrement, serait irrévocablement perdu. Il faut, en conséquence, le porter dans une chambre sans feu, et là lui administrer les premiers secours que réclame sa position.

3° Si l'asphyxie a eu lieu par un froid de plusieurs degrés au-dessous de zéro, et que le malade conserve de la souplesse, on le déshabillera et l'on couvrira tout le corps, y compris les membres, de linges trempés dans l'eau froide, qu'on rafraîchira encore en y ajoutant des glaçons concassés.

4° Si le corps était tellement frappé par le froid qu'il fût dans un état de rigidité prononcée, il y aurait avantage à le plonger dans une baignoire contenant assez d'eau pour que le tronc et les membres en fussent couverts. Cette eau devra être aussi froide que possible, et l'on en élèverait la température par degrés de dix en dix minutes.

5° Lorsque les membres auront repris leur souplesse, on era exécuter à la poitrine et au ventre des mouvements dans le but de provoquer la respiration. On continuera en même temps des frictions sur le corps et les membres, soit avec de la neige, si l'on a pu s'en procurer, soit avec des linges trempés dans de l'eau froide.

6° Lorsque l'asphyxié commence à se réchauffer, ou qu'il se manifeste quelques signes de vie, on doit l'essuyer avec soin et le placer dans un lit qui ne soit pas plus chaud que le corps lui-même. Il ne faut pas non plus allumer du feu dans la pièce avant que le corps ait recouvré entièrement sa chaleur naturelle.

7° Aussitôt que le malade peut avaler, on peut lui faire prendre un demi-verre d'eau froide dans laquelle on ajoute une cuillerée à café d'eau de mélisse, d'eau de Cologne ou de tout autre spiritueux.

8° Si, au contraire, l'asphyxié avait de la propension à l'engourdissement, on lui ferait boire de l'eau vinaigrée, et si cet engourdissement était profond, on administrerait des lavements irritants avec de l'eau salée ou avec de l'eau de savon. Il est utile de faire remarquer que, de toutes les asphyxies, l'asphyxie par le froid est celle qui laisse, selon l'expérience des pays septentrionaux, le plus de chances de succès, même après douze à quinze heures de mort apparente; mais, d'un autre côté, cette asphyxie exige aussi, plus que toute autre, une grande précision dans l'emploi des moyens destinés à la combattre, notamment dans le réchauffement du malade.

Remarquons en terminant cette étude que le froid, sans agir immédiatement sur l'homme, peut occasionner des maladies graves, causes d'une mortalité souvent énorme. Cette mortalité sévit surtout sur la classe pauvre, qui n'a pour résister ni la ressource d'une bonne alimentation, ni celle d'une bonne hygiène.

C'est aux épidémies, bien plus qu'aux asphyxies causées par le froid, qu'il faut attribuer les grandes mortalités des hivers rigoureux cités par les historiens. Faisons quelques emprunts à l'importante notice d'Arago, qui nous a déjà servi et qui nous servira encore longtemps de guide.

670 de notre ère. — L'hiver fut très véhément et très prolongé du côté de Constantinople, et fit périr un grand nombre d'hommes et d'animaux.

717. — L'hiver fut si rigoureux à Constantinople, que les chevaux et les chameaux de l'armée des Sarrasins qui l'assiégeaient périrent pour la plupart.

823. — Beaucoup d'animaux et même des hommes suc-

combent sous l'excès du froid. Une épidémie consécutive emporte une multitude de personnes des deux sexes et de tout âge.

Dans l'étude particulière que nous ferons d'un grand nombre d'hivers, nous aurons l'occasion de revenir sur ces mortalités.

Mais toutes ces tristes conséquences des froids violents de nos régions ne sont rien auprès des désastres produits dans la végétation, et des terribles famines qui en ont été si souvent la conséquence. Nous allons bientôt les étudier.

CHAPITRE II

ACTION DU FROID SUR LES ANIMAUX ET SUR LES PLANTES.

Les animaux aussi sont sensibles au froid; beaucoup même y sont plus sensibles que l'homme. L'homme a, comme nous l'avons vu, la propriété de vivre dans des climats bien divers ; il peut, presque sans inconvénient, passer des pays chauds aux régions froides, pourvu qu'il prenne des précautions convenables.

Bien plus, il peut supporter, sans en souffrir, des variations de température extrêmement considérables et fort rapides. Quelques exemples de ces variations extraordinaires doivent être cités. Dans le voyage du vapeur *le Tegetthoff* à la Nouvelle-Zemble, en 1872, 1873 et 1874, on a observé des températures de 50 degrés au-dessous de zéro. L'équipage, enfermé dans la grande chambre du navire, sut y maintenir constamment une température supérieure à + 20 degrés; la différence entre la température du dehors et celle du dedans dépassait donc quelquefois 70 degrés, et cependant les matelots entraient et sortaient, subissant plusieurs fois par jour ces variations énormes sans aucun danger.

Chappe, dans le récit de son voyage en Sibérie, effectué au siècle dernier, raconte que les Russes, à la sortie de bains de vapeur dans lesquels ils sont restés plusieurs heures à une température de + 70 degrés, vont, absolument nus, se sécher dehors avec de la neige, alors que le froid est de 30 degrés.

De tous les animaux, le chien est le seul qui, sous ce rapport, soit comparable à l'homme. La plupart des animaux ne peuvent supporter sans périr que des variations bien plus faibles, et chacun reste dans le climat qui l'a vu naître. Même certains

d'entre eux ne peuvent pas supporter toutes les variations de température du milieu dans lequel ils habitent. « Pour éviter les extrêmes de température, dit Élisée Reclus, soit les froids de l'hiver, soit les trop grandes chaleurs de l'été, certaines espèces animales ont la ressource des migrations, ou celle de s'enfouir dans le sol. La plupart des insectes passent leur existence de larve sous l'écorce des arbres, sous les tas de feuilles ou sous les couches superficielles de la terre. Des espèces de mollusques, des poissons, plusieurs reptiles et quelques mammifères se couchent aussi dans le limon des lacs et des marais, ou dans des terriers creusés à l'avance. Ainsi protégés contre le climat du dehors, les animaux tombent dans un état d'engourdissement ou de sommeil, pendant lequel leur vie reste partiellement suspendue : la température de leur corps s'abaisse parfois jusqu'au point de glace, et l'on a même vu des poissons se geler complètement, sans que la mort apparente les ait empêchés de ressusciter plus tard; la respiration et la circulation du sang sont graduellement ralenties, la digestion cesse tout à fait; les organes, devenus temporairement inutiles, se rétrécissent; les parasites intestinaux s'engourdissent eux-mêmes avec les animaux aux dépens desquels ils vivent. » Les animaux de nos climats, surtout nos animaux domestiques, ont une assez grande résistance au froid et à la chaleur; cependant, dans les grands hivers, il n'est pas rare de les voir mourir de froid, de voir des épidémies régner, qui dépeuplent les étables. A ces souffrances il faut ajouter les difficultés de la subsistance. Les animaux non domestiques ne peuvent aller chercher, sous la neige épaisse qui couvre le sol, la nourriture qui leur est nécessaire; ils meurent de faim. La difficulté n'est pas beaucoup moindre pour ceux que nous élevons; car leurs propriétaires ne peuvent plus les nourrir, privés qu'ils sont de la végétation qui, d'habitude, dure presque tout l'hiver.

En 544, l'hiver fut si rigoureux dans les Gaules, par l'abon-

dance de la glace et de la neige, que les oiseaux et autres bêtes sauvages se laissèrent prendre à la main.

En 566, en 670, en 791, en 843, en 860, en 874..... un grand nombre d'animaux périrent soit de froid, soit de faim, soit d'une épidémie consécutive du froid.

En 887, l'hiver fut accompagné d'une épidémie si violente

L'équipage sut y maintenir une température supérieure à + 20 degrés.

sur les bœufs et les moutons, qu'il ne resta plus guère en France d'animaux de cette espèce.

En 1276, les troupeaux périrent presque totalement dans le diocèse de Parme. Les exemples semblables ne nous manqueraient pas, aussi nombreux que nous puissions les désirer.

Mais c'est surtout sur les plantes que nous devons nous arrêter. Les plantes sont comme les animaux hibernants : arrivée la saison froide, elles cessent pour ainsi dire de végéter,

s'engourdissent de manière à résister à toutes les intempéries, et attendent des temps meilleurs. Pendant cet engourdissement, elles ne sont guère sensibles au froid. Reclus, après avoir parlé des animaux, arrive aux plantes : « La plupart des plantes de la zone tempérée, dit-il, peuvent supporter des froids de 10, 15, 20 degrés, sans que la force vitale soit supprimée chez elles, mais aucune ne peut croître à une température inférieure au point de glace. Dans les montagnes, les saxifrages et les soldanelles fleurissent jusque dans la neige, mais l'eau qui arrose leurs racines, et l'air qui entoure leurs feuilles, ont déjà une température supérieure à zéro. »

Cependant, quand le froid se prolonge, les plantes les plus robustes de nos climats finissent par succomber. La continuité du froid, qui permet à l'abaissement de température de pénétrer peu à peu même les plus grosses branches, est plus nuisible que quelques froids isolés, aussi grands qu'ils soient.

Le degré de froid qui arrête la végétation, et celui qui cause la mort de la plante, varient considérablement avec les différentes espèces végétales. Mais on peut dire d'une manière générale que c'est vers zéro que cesse la végétation, tandis qu'il faut des températures de plusieurs degrés au-dessous de zéro pour amener la congélation des plantes de nos régions tempérées.

D'autre part, dès que la végétation est commencée, et que les jeunes feuilles se développent, que les nouveaux bourgeons s'entr'ouvrent, la plante devient beaucoup plus sensible, et souvent les faibles gelées du printemps viennent faire plus de mal que les rigueurs de l'hiver. Lisons ce que disent à ce sujet Buffon et Duhamel : « La gelée est quelquefois si forte pendant l'hiver, qu'elle détruit presque tous les végétaux, et la disette de 1709 est une époque de ses cruels effets. Les graines périrent entièrement; quelques espèces d'arbres, comme les noyers, périrent aussi sans ressource; d'autres, comme les oliviers et presque tous les arbres fruitiers, furent moins mal-

traités; ils repoussèrent de dessus leur souche, leurs racines n'ayant pas été endommagées. Enfin, plusieurs grands arbres plus vigoureux poussèrent au printemps presque sur toutes les branches, et ne parurent pas en avoir beaucoup souffert. Cependant cette gelée a produit, dans les arbres qu'elle n'a pas entièrement détruits, des défauts qui ne s'effaceront jamais. Une gelée qui nous prive des choses les plus nécessaires à la vie, qui fait périr entièrement plusieurs espèces d'arbres utiles, et n'en laisse presque aucun qui ne se ressente de sa rigueur, est certainement des plus redoutables. Ainsi, nous avons tout à craindre des grandes gelées qui viennent pendant l'hiver, et qui nous réduiraient aux dernières extrémités si nous en ressentions plus souvent les effets; mais heureusement on ne peut citer que deux ou trois hivers qui, comme celui de l'année 1709, aient produit une calamité redoutable.

» Les plus grands désordres que causent jamais les gelées du printemps ne portent pas, à beaucoup près, sur des choses aussi essentielles, quoiqu'elles endommagent les graines; on n'a jamais vu que cela ait produit de grandes disettes; elles n'affectent pas les parties les plus solides des arbres, leur tronc ni leurs branches; mais elles détruisent totalement leurs productions, et nous privent de récoltes de vins et de fruits, et par la suppression des nouveaux bourgeons elles causent un dommage considérable aux forêts. »

Nos plantes les plus sensibles, cultivées seulement dans le midi, sont le palmier, le dattier, le myrte, le grenadier. Ces arbustes sont souvent détruits par les hivers un peu rigoureux. Les orangers et les oliviers ne résistent pas beaucoup plus. Puis viennent les vignes et les récoltes en terre, blés, avoines, qui sont bien souvent victimes du froid. Parmi les arbres plus vigoureux, qui résistent plus longtemps, le pin d'Alep, le chêne vert, le platane, sont ceux qui ont le plus à craindre. Puis, successivement, le hêtre, le chêne, le sapin, le pin, le bouleau, qui est l'arbre le plus résistant de nos régions.

Les arbres fruitiers doivent être placés, comme résistance, entre le chêne vert et le hêtre; ils sont quelquefois détruits jusqu'aux racines dans nos hivers les plus rigoureux.

Est-il possible de donner sur ce sujet des indications plus précises? Non. Il n'y a pas pour chaque arbre une température à laquelle il meurt, et le mal produit par les gelées intenses dépend de bien des circonstances. Il en est des végétaux comme des hommes et des animaux. M. de Gasparin, dans son Cours d'agriculture, insiste sur ce point : « Il ne suffirait pas de connaître l'abaissement de température que peut supporter chaque arbre, pour expliquer sa mort; il faudrait encore connaître la durée de cette température extrême. Un moment suffit pour détruire le bourgeon baigné de rosée; il faut plus longtemps pour le rameau; le tronc ne périt qu'après une longue succession de froids, la racine résiste presque toujours. Mais ce qui rend plus difficile la détermination de ce degré extrême, c'est que nous voyons les ravages du froid dépendre souvent beaucoup plus des circonstances du dégel que de l'intensité même du froid et de l'état des cultures. »

Si l'on ne connaît pas exactement le degré de froid nécessaire pour faire périr chaque arbre, on ne connaît pas davantage à la suite de quelle action les plantes sont tuées par le froid. Peut-être la gelée, en diminuant le volume des cellules des vaisseaux et des canaux dans lesquels circule la sève, affaiblit-elle ou arrête-t-elle tout à fait le mouvement de cette sève. Et le dommage causé serait d'autant plus grand que ce ralentissement aurait été poussé plus loin. Ainsi, les jeunes pousses de chêne ne sont pas affectées sensiblement quand la température est à zéro, tandis que celles du mûrier et du figuier, ne pouvant résister à cette température, meurent.

Une explication qui se présente naturellement à l'esprit pour l'action du froid sur les plantes est la suivante. Les sucs de la plante, contenant beaucoup d'eau, augmentent de volume comme celle-ci par la congélation. Cette dilatation déchire les

cellules, rompt les vaisseaux qui deviennent impropres à la circulation de la sève, le végétal meurt. Tant que la congélation persiste, la plante ne semble pas atteinte ; mais vienne l'action du soleil, la glace fond, les canaux brisés s'affaissent, les désastres apparaissent.

S'il est incontestable que les choses se passent ainsi quelquefois, la mort des plantes est due le plus souvent à une autre cause. Nous voyons, en effet, différentes plantes de nos pays devenir raides, n'être à peu près qu'un glaçon après une forte gelée, et reprendre ensuite, pourvu qu'elles soient dégelées lentement. On peut considérer la rapidité du dégel comme une des causes principales du mal produit par le froid. Il est impossible de ne pas voir là une analogie frappante entre l'action du froid sur les plantes et cette action sur les animaux. Enfin, la plupart des espèces propres aux pays chauds succombent à une température de quelques degrés au-dessus de zéro, et qui ne peut dès lors congeler leurs sucs.

Il est certain cependant que des froids rigoureux amènent mécaniquement des déchirures considérables dans les végétaux. Sous l'action des fortes gelées de l'hiver, les arbres les plus vigoureux éclatent avec fracas, et les habitants des campagnes entendent avec effroi pendant la nuit des détonations comparables au bruit du tonnerre. Ces détonations se produisent très fréquemment, et sans aller dans les pays froids, le nord de la France les entend se produire presque à chaque hiver. Pour ces cas-là l'explication précédente est la seule admissible. La congélation de l'eau qui se trouve dans l'arbre, déterminant une augmentation de volume, amène la rupture de l'arbre. Aussi ces accidents se produisent-ils surtout dans les régions humides.

Dans la majorité des cas, elles font plus de bruit que de mal. L'arbre d'où vient de partir un bruit formidable ne semble pas endommagé ; mais si on le considère de près, on voit, partant du bas et s'élevant à une hauteur de deux ou trois mètres, une fissure étroite, verticale, qui s'étend jusqu'au centre de

l'arbre; sa largeur est de quelques millimètres, rarement de quelques centimètres. Dans les cas exceptionnels, la fente traverse l'arbre de part en part, et alors l'écartement peut atteindre jusqu'à dix centimètres. Cette blessure ne cause pas le plus souvent grand dommage; quand la glace qui est à l'intérieur s'est fondue, la fente disparaît, les parties se rapprochent, et l'arbre continue à végéter. Mais si, longtemps après l'accident, le tronc est scié horizontalement, on voit, sous les couches continues déposées pendant les dernières années, la fente nettement tracée, et l'on peut, en comptant les couches intactes, trouver la date de la rupture.

Chez les historiens on voit souvent citer ces détonations produites par les arbres que fend la gelée. Elles sont données comme une des preuves les plus remarquables de la violence extraordinaire du froid. La preuve n'est pas convaincante, car on entend souvent ces détonations par des températures ne dépassant pas 10 degrés au-dessous de zéro, températures qui se produisent presque chaque année dans le nord de la France.

Si la rupture des gros arbres ne cause que de faibles dommages, la perte des récoltes, des vignes et des arbres à fruits, est au contraire d'une importance immense. C'est la principale calamité des grands hivers, calamité bien plus grande que toutes celles dont nous avons parlé jusqu'ici.

Les morts d'hommes et d'animaux sous l'action du froid, les épidémies elles-mêmes qui, par suite du froid, augmentent dans de larges proportions la mortalité pendant les saisons rigoureuses, ne sont rien à côté des terribles famines qui, jusqu'à notre siècle, suivent presque tous les grands hivers. Les récoltes étant perdues, la vie devient impossible : le pays se trouve dans une situation analogue à celle des peuplades des régions polaires, mais avec une population proportionnellement deux ou trois cents fois plus considérable. Les hommes sont alors réduits à brouter l'herbe, à manger les aliments qui, d'habitude, servent de nourriture aux animaux immondes. En

même temps que les céréales, le gibier, le bétail, font défaut, tués qu'ils sont les premiers par le manque de nourriture. De sorte que le mal s'accroît de lui-même, les ressources diminuant à mesure que les besoins augmentent. Et la misère publique prend d'horribles proportions.

Nous donnerons plus tard quelques développements sur l'une des plus terribles famines qui aient ravagé notre pays, celle de 1709; citons-en dès maintenant quelques autres.

La liste complète, si nous voulions la dresser, serait presque la même que celle des grands hivers, tant autrefois ces deux calamités se suivaient fatalement, une famine après un hiver rigoureux.

La famine et l'épidémie qui suivirent l'hiver de 874 firent périr, suivant l'annaliste de Fulde, le tiers de la population de la Gaule.

En 1044, la famine qui succéda à un hiver rigoureux fut telle, que beaucoup de pauvres gens furent réduits à manger des animaux immondes; en 1068, on mangea même de la chair humaine. En 1133, la disette fut affreuse à ce point que des populations entières furent réduites à se nourrir d'herbes, et qu'il se trouva des gens assez pressés par la faim pour exhumer les cadavres et se nourrir de leur chair.

L'hiver de 1316 fut très rigoureux en France, en Allemagne et en Angleterre. Dans ces contrées, la famine fut générale e amena à sa suite les plus terribles maladies. Lisons, dans l'Histoire d'Angleterre de Rapin de Thoyras, l'émouvant récit des souffrances qu'endurèrent les populations : « Cependant la famine ravageait la misérable Angleterre d'une si terrible manière, qu'on ne peut presque ajouter foi à ce que les historiens en rapportent. Ils ne se sont pas contentés de dire que les animaux pour lesquels on a le plus d'horreur servaient de nourriture aux hommes; mais, ce qui est bien plus horrible, qu'on était obligé de cacher les enfants avec un soin extrême, si l'on ne voulait les exposer à être dérobés pour servir d'ali-

ments aux larrons. Ils assurent que les hommes mêmes prenaient des précautions pour s'empêcher d'être assommés dans les lieux secrets, sachant qu'il n'y avait que trop d'exemples que quelques-uns en avaient été ainsi traités, pour repaître ceux qui ne pouvaient trouver la nourriture par d'autres moyens. On voit encore, dans les histoires de ce temps-là, que ceux qui étaient renfermés dans les prisons se dévoraient impitoyablement les uns les autres, l'extrême disette de vivres ne permettant pas qu'on leur fournît les aliments nécessaires. Une dyssenterie, qui provenait de la mauvaise nourriture, acheva de mettre le comble à la misère des Anglais. Il en mourut tous les jours un si grand nombre, qu'à peine les vivants pouvaient-ils suffire à enterrer les morts. Le seul remède qu'on put trouver contre la famine, mais qui ne fut pas capable d'apporter tout le changement nécessaire, fut de défendre, sous peine de la vie, de brasser aucune sorte de bière. C'était afin que le grain qu'on employait ordinairement à faire ce breuvage servît à faire du pain. »

Du reste, il semble qu'on se soit assez souvent résolu à manger de la chair humaine dans les siècles qui ont précédé le nôtre. Du moins, on trouve dans les historiens de nombreuses affirmations de ce fait monstrueux. Pour n'en citer qu'un de plus, pendant le siége de Paris par Henri IV, en 1590, alors que les habitants en étaient réduits à manger des animaux immondes, des bouillies d'herbe, et le cuir des souliers, une mère aurait tenté de manger ses deux enfants. Elle en mourut, et ses héritiers, car elle était riche, trouvèrent encore quelques membres des malheureux, qu'elle avait fait saler pour les conserver plus longtemps.

En 1420, la famine fut grande à Paris, et pendant que les malheureux allaient à la recherche des plus vils aliments, les loups arrivaient jusque dans la ville, qui était devenue comme une vaste solitude.

Il ne faudrait pas croire, cependant, que toutes les famines aient été causées par la rigueur des hivers. Beaucoup l'ont été

aussi par leur trop grande douceur, qui déterminait une végétation trop hâtive, détruite ensuite par les gelées de mars et d'avril. C'est ce que les historiens nomment le renversement des saisons. D'autres enfin, et non les moins terribles, étaient la suite des guerres étrangères et des discordes civiles, qui détournaient si souvent les hommes de la culture de la terre.

Ainsi le douzième siècle fut affligé de deux épouvantables famines, dues justement au dérèglement des saisons. L'une, la plus longue et la plus désastreuse, arriva en 1108. Elle dura trois ans et dépeupla presque tout notre hémisphère, au rapport de Mézeray. « Les loups venaient manger les hommes jusque dans les villes; et les hommes mêmes, devenus loups à l'endroit de leurs semblables, les assommaient pour les dévorer. La seconde arriva sous le règne de Philippe-Auguste et fut un peu moins cruelle. Mais, pendant cette seconde famine, il se produisit de si grands et si fréquents prodiges, que tout le monde attendait à toute heure le jugement dernier. »

Puis vient une longue et complaisante énumération de ces prodiges. Ici ce sont des éclipses qui frappent l'imagination populaire; là on voit dans les airs deux armées de flammes qui s'entre-choquent avec un bruit étrange; ailleurs c'est un pain qui, en sortant du four, laisse écouler une grande quantité de sang; enfin, dans un autre endroit, une mère porte son enfant pendant deux ans, et cet enfant parle en naissant. Et l'historien, dont la crédulité dépasse toute imagination, ajoute naïvement : « J'obmets plusieurs autres prodiges, parce qu'ils ne paroîtroient pas vray-semblables, quoique peut-être ils fussent vrais. »

Et voilà pourtant sur quelles autorités nous devons nous appuyer pour tracer l'histoire des grandes intempéries anciennes ! Dans les témoignages que nous rapporterons, nous devons donc faire une large part à la fable et à l'invention.

On pense bien que de si terribles calamités n'étaient pas sans porter une rude atteinte à la santé publique. Outre les

gens qui mouraient de faim, et ils étaient souvent en fort grand nombre, il y avait ceux qui étaient victimes des épidémies causées par la misère et la mauvaise nourriture. Ces victimes-là étaient encore les plus nombreuses. La cause première de la mort était la même pour tous, c'est seulement le mode qui différait.

Mézeray décrit une de ces épidémies. C'était sous François Ier; plusieurs années s'étant écoulées successivement presque sans hiver, il en résulta une perturbation profonde dans la végétation, et une horrible famine. La misère était générale : « La nécessité, mère de toutes les inventions, fit enfin trouver le moyen aux indigents de faire du pain de gland et de racines de fougères, les fruits et les herbes n'étant pas capables de les sustenter. Mais de cette mauvaise nourriture s'engendra une nouvelle maladie, inconnue aux médecins, qui était si contagieuse qu'elle saisissait incontinent quiconque approchait de ceux qui en étaient frappés. Elle portait avec soi une grosse fièvre continue qui faisait mourir son homme en peu d'heures, d'où elle fut dite *trousse-galant.* »

Quels moyens employait-on à cette époque pour mettre fin à de telles calamités ? D'abord les aumônes, la charité publique ; mais le remède était mince et ne servait qu'à un bien petit nombre. Du reste, que peut faire la charité dans de semblables circonstances ? La famine se déclare quand un pays n'a pas, par suite d'événements malheureux, produit de quoi suffire à son alimentation. La charité publique a beau se multiplier, elle ne peut créer des subsistances, elle ne peut rien contre la famine. Mieux vaudraient quelques sacs de blé amenés dans un pays affamé, que tout l'or du monde.

Le second moyen, à peine plus efficace, était la perquisition à domicile, la réquisition des grains. Dans toutes ces famines nous voyons intervenir des arrêts ordonnant un recensement général de tous les grains en magasin, interdisant aux détenteurs d'en faire le commerce en gros, les obligeant, sous les

Hiver de l'année 1408.

peines les plus sévères, à les conduire au marché pour y être vendus en détail aux pauvres gens. Mesure excellente, mais absolument insuffisante.

Il faut dire, pour rendre hommage à la vérité, qu'on voyait vaguement le véritable remède, mais sans avoir le moyen ni peut-être la ferme volonté de l'employer. On faisait venir du blé des pays voisins ; mais, à cause de l'insuffisance des moyens de transport, et du retard apporté à la prise de ces mesures, on ne ressentait qu'un bien faible soulagement.

De plus, les famines étant dues beaucoup plus souvent à la guerre civile ou étrangère qu'aux intempéries des saisons, la cause même qui l'avait fait naître empêchait qu'on pût même songer à y porter remède.

La dernière ressource, comme les autres inefficace, mais qui donnait au moins aux malheureux quelque espérance, était celle des prières publiques.

Félibien, dans l'Histoire de Paris, fait le récit d'une procession qui eut lieu dans la capitale en 1587, dans le but de faire cesser la famine et la contagion qui décimaient la population. Nous allons voir avec quelle pompe ces cérémonies étaient faites :

« Après avoir employé tous les secours humains, on eut recours aux prières publiques pour fléchir le ciel sur tant de misères. On fit, le 9 de juillet, une procession générale, où fut portée la châsse de Sainte-Geneviève, avec toutes les cérémonies accoutumées. Cette procession fut bientôt suivie d'une autre plus particulière et aussi solennelle. Le mardi 21 du même mois, le cardinal de Bourbon, abbé de Saint-Germain des Prés, qui avoit commencé l'année précédente à bâtir son palais abbatial, fit faire la procession en cet ordre. A la tête de la procession paroissoient les enfants du faubourg, garçons et filles, la plus part vêtus de blanc et pieds nuds, et tant les uns que les autres avec un cierge à la main. Venoient ensuite les Capucins, les Augustins, les Cordeliers, les Pénitents blancs, et

le clergé de Saint-Sulpice. Tout cela précédoit les religieux de l'abbaye qui marchoient les derniers. Plusieurs d'entre eux tenoient en leurs mains des reliques. Les autres reliquaires, au nombre de sept châsses, étoient portés par des hommes nuds en chemise et couronnés de fleurs. La châsse de S. Germain faisoit la huitième. Elle étoit précédée de douze autres hommes aussi couronnés de fleurs, et portée de même que les sept premières. Le chœur étoit secondé d'une musique très harmonieuse. Le roi assistoit à la procession et étoit mêlé avec ceux de sa confrérie. Les deux cardinaux de Bourbon et de Vendôme y étoient aussi dans leurs habits rouges, suivis d'un grand concours de toute la ville. »

L'historien oublie de nous rapporter si cette imposante cérémonie eut l'effet qu'on en attendait et si elle fit cesser les souffrances du peuple. Mais il remarque que tout s'y passa avec tant d'ordre que le roi en parla le même jour à son dîner, et dit que le cardinal de Bourbon son cousin en avait tout l'honneur. Il ne manque pas ensuite de parler de l'achèvement du palais abbatial de Saint-Germain des Prés, qui lui tient plus au cœur que les famines, dont il n'est plus question.

CHAPITRE III

LA NEIGE.

La neige est la pluie de l'hiver. Presque chaque fois que la température de l'air s'abaisse au-dessous de zéro, l'eau des nuages, ne pouvant demeurer à l'état liquide, cristallise sous les formes les plus variées. Sa chute, arrêtée en partie par la résistance de l'air, qui trouve à s'exercer sur ces cristaux si ramifiés, devient plus lente. Cette pluie nouvelle, au lieu de suivre les pentes pour aller de suite grossir la rivière, s'arrête où elle tombe ; au lieu de s'infiltrer dans le sol, elle reste à la surface, constituant un blanc manteau dont l'épaisseur va en augmentant à mesure que se prolonge la chute.

Dans les régions de la zone glaciale, où la température reste pendant plusieurs mois constamment inférieure à zéro, la pluie liquide est inconnue; pendant les longues nuits d'un hiver presque sans fin il ne tombe que de la neige. Quand arrivent les chaleurs, les couches accumulées forment une épaisseur considérable.

Sur les montagnes assez élevées de la zone tempérée, et même de la zone torride, l'accumulation des neiges est tout aussi grande.

Pour n'en donner qu'un exemple, disons qu'Agassiz, étant à l'hospice du Grimsel, dans les Alpes, à une hauteur de 1874 mètres au-dessus du niveau de la mer, a vu tomber pendant six mois d'hiver l'énorme couche de 17 mètres de neige. Cette neige, fondue, aurait donné une épaisseur d'eau de $1^{m}.50$; c'est deux fois et demie la masse d'eau qui tombe à Paris en une année entière.

Dans nos plaines il s'en faut de beaucoup que l'épaisseur approche jamais de celle que nous venons de citer. Le nombre des jours où il neige est fort restreint en tous les points de la France; dans le midi, la neige est rare; dans le centre, des hivers entiers se passent quelquefois sans qu'elle ait fait son apparition. De plus, la neige ne reste chez nous que peu de temps sur le sol, et chaque nouvelle chute qui se produit trouve le plus souvent le sol absolument découvert. Ce sont des hivers rares, et tout à fait exceptionnels, ceux où la neige demeure plusieurs semaines sur le sol dans les plaines, ceux où elle atteint une épaisseur dépassant 20 centimètres.

M. de Gasparin divise l'Europe en trois régions au point de vue de la neige. La région du midi, où la neige fond en tombant; la région du centre, où elle reste un certain temps sur le sol. Le nord de la France est dans la seconde de ces régions, le midi dans la première. Enfin la région du nord, qui conserve la neige pendant tout l'hiver.

Cette division n'a rien d'absolu, et il arrive quelquefois que, dans le midi de la France, la neige demeure plusieurs semaines.

Même en Italie, dans les plaines et sur les montagnes peu élevées, l'histoire a enregistré des chutes de neiges abondantes qui se sont conservées sans fondre pendant une grande partie de l'hiver.

C'est ainsi qu'en 271 avant Jésus-Christ, il y eut tant de neiges en Italie que le Forum, à Rome, en resta couvert pendant quarante jours jusqu'à une hauteur prodigieuse.

Nous serions en droit de nous demander ce que signifie pour l'historien « une hauteur prodigieuse », mais nous n'en ferons rien. Il faudra, en effet, nous contenter, dans les nombreux renseignements que nous emprunterons aux chroniqueurs, comme dans ceux que nous leur avons déjà empruntés, de termes vagues ou d'affirmations sans preuves. Ce qu'ils nous racontent, ils l'ont rarement vu; ils sont les échos, plus ou moins fidèles,

des bruits qui parviennent jusqu'à eux. Nous les prendrons si souvent en flagrant délit d'exagération ou de crédulité naïve, qu'il sera prudent de ne les croire qu'à moitié. Mais, dans l'impossibilité où nous serons de contrôler leurs affirmations, nous devrons nous contenter de citer leurs textes sans y ajouter de commentaires. — Ceci dit, reprenons nos citations.

La seconde guerre punique, en 210 avant notre ère, nous montre de nouveaux exemples de l'abondance et de la persistance des neiges dans l'Italie et l'Espagne. Nous allons en emprunter le récit à Tite-Live. Il est vrai qu'il s'agit ici de régions montagneuses; mais les neiges dont on nous parle sont bien réellement des neiges exceptionnelles même pour ces régions. Annibal, franchissant les Alpes avec son armée pour passer en Italie, est presque arrêté dans les montagnes par d'énormes neiges. Il a les plus grandes peines à rendre à ses soldats la confiance et le courage. « Quoique les soldats fussent déjà prévenus par la renommée, qui exagère ordinairement les choses inconnues, quand ils virent de près la hauteur des montagnes, des neiges qui semblaient se confondre avec le ciel, de misérables cabanes suspendues aux pointes des rochers, le bétail et les chevaux rabougris par le froid, des hommes aux longs cheveux et presque sauvages, les êtres animés et inanimés paralysés par la glace, toute cette désolation de l'hiver, plus affreuse encore qu'on ne peut le décrire, renouvela la terreur de l'armée. »

Puis, lorsqu'il fallut passer les Apennins, l'armée d'Annibal fut assaillie par une furieuse tempête de vent et de pluie dans laquelle elle faillit périr. « Bientôt l'eau élevée par le vent, s'étant gelée sur le sommet glacé des montagnes, retomba en neige si forte et si pressée que, renonçant à tout, les hommes se couchaient ensevelis plutôt qu'abrités sous leurs vêtements. A cette neige succéda un froid d'une telle âpreté que de tous ces misérables, hommes et chevaux, étendus par terre, quand chacun voulut se relever et se redresser, de longtemps aucun

ne le put... Ils passèrent deux jours en cet endroit, comme assiégés ; il y périt beaucoup d'hommes, de chevaux, et sept éléphants. »

Plutarque raconte une tempête de neige analogue, qui se produisit en Grèce au premier siècle de notre ère : « Vous avez entendu dire, à Delphes, écrit-il, que ceux qui allèrent au secours des bacchantes que la neige et un vent violent avaient surprises sur le sommet du Parnasse, eurent leurs manteaux tellement gelés par la rigueur du froid, qu'ils devinrent raides comme du bois, et qu'ils se déchiraient quand on voulait les étendre. »

Au moment où Annibal souffrait de la neige en Italie, les armées d'Espagne n'étaient pas plus heureuses. Scipion assiégeait la ville des Ausétans, voisins de l'Ebre : « Les assiégés n'avaient d'autre défense que l'hiver qui contrariait les assiégeants. Le siège dura trente jours, durant lesquels il y eut rarement moins de quatre pieds de neige ; elle avait tellement recouvert les montagnes et les gabions des Romains, qu'elle suffit pour les protéger contre les feux quelquefois lancés par l'ennemi. »

Pour la France, les exemples de neige exceptionnelle ne manquent pas non plus ; et s'il fallait prendre à la lettre les récits que nous allons en donner, il semblerait que les neiges aient été beaucoup plus abondantes anciennement qu'elles ne le sont aujourd'hui.

En l'année 763 de notre ère, il tomba, en certaines contrées de la Gaule, jusqu'à dix mètres de neige, à en croire les historiens.

De même, l'an 874, la terre demeura ensevelie sous la neige pendant cinq mois. Il en tomba de telles quantités que les chemins étaient devenus impraticables, les forêts inaccessibles, et que le peuple ne pouvait se procurer du bois.

Quelquefois même les neiges tombent en abondance à des époques où on est accoutumé de les voir disparaître tout à fait :

ainsi, en 893, il tombe beaucoup de neige au mois de mars, et en 975, au mois de mai.

Quelques siècles plus tard, en 1359, il y eut une quantité si prodigieuse de neige, que jamais il n'y en avait eu autant au dire des contemporains. A les entendre, il y en eut à Bologne jusqu'à dix brasses de hauteur, ce qui fait plus de dix-sept mètres. Les jeunes gens de la ville pratiquèrent, sous cet immense amoncellement, des galeries et des salles de bal, dans lesquelles ils se plaisaient à donner des fêtes en mémoire d'un événement aussi extraordinaire.

Le midi de la France, qui voit actuellement assez peu de neige, semble en avoir eu pendant quelques siècles des chutes extraordinaires qui ne se sont pas reproduites depuis cette époque. On trouve en un vieux registre de Carcassonne, écrit en langue du pays, « que, l'an 1442, la reine de France, Marie d'Anjou, épouse du roi Charles VII, étant en cette ville, y fut assiégée par les neiges, hautes de plus de six pieds par les rues, et fallut que s'y tînt l'espace de trois mois, et jusqu'à ce que monsieur le Dauphin son fils la vînt quérir, et la conduisît à Montauban, où étoit le roi son père. »

Dans le siècle suivant, nous voyons dans cette même ville de Carcassonne des neiges tout aussi hautes. Ainsi, nous lisons dans l'*Histoire générale du Languedoc,* par un religieux bénédictin : « Le roi Charles arriva à Carcassonne le 12 janvier 1565. Il descendit à la Cité, et il devoit, le lendemain, faire son entrée solennelle dans la ville basse, dont les habitants avaient fait de grands préparatifs ; mais, comme l'hiver était fort rude, il tomba, la nuit, une si grande quantité de neige, que les arcs de triomphe qu'on avoit préparés furent tous renversés, et que le roi demeura comme assiégé dans la Cité pendant plusieurs jours. Le froid fut d'ailleurs si vif cette année, que plusieurs voyageurs moururent dans les chemins, que le Rhône fut glacé par trois fois du côté d'Arles, et que les orangers, les citronniers et tous les blés périrent. »

Et plus tard, toujours à Carcassonne, on vit une chute de neige extraordinaire. « En 1571, la neige couvrit la terre en Languedoc, en Dauphiné et en Provence pendant soixante jours de suite : on n'avoit rien vu de pareil depuis soixante-dix-sept ans. Il tomba une si grande quantité de neige à Carcassonne, qu'elle fit crouler plusieurs maisons par sa pesanteur, et que plusieurs habitants y périrent sans pouvoir recevoir de secours. Les autres furent obligés d'étayer leurs maisons. »

En 1755, on eut deux pieds de neige dans le midi. En 1757, l'hiver fut rude en Languedoc et en Provence. Ces contrées étaient encore couvertes de neige dans les premiers jours de février : elles avaient, au témoignage de la Condamine, l'aspect du sommet des Cordillères du Pérou. Un Lapon, suivant les expressions du célèbre naturaliste, ne s'y serait pas cru dépaysé.

Remarquons que, dans ces deux dernières années 1755 et 1757, on ne compte plus les neiges par brasses, mais seulement par pieds. Est-ce qu'elles étaient en réalité devenues moins abondantes? Ne serait-ce pas plutôt que les historiens, plus consciencieux et mieux renseignés, étaient devenus plus véridiques? Il y a peut-être l'un et l'autre.

Carcassonne, dans le midi, n'avait pas, pendant cette période, le privilège des grandes neiges, comme les récits précédents pourraient le faire croire.

Ainsi, en 1507, le jour des Rois, il tomba trois pieds de neige à Marseille. Cette grande quantité de neige est, au dire des historiens, un phénomène peut-être unique dans cette ville. On n'eut qu'à se louer de cette abondance, car, au milieu d'un hiver des plus rigoureux, un grand nombre d'arbres et les récoltes en terre furent protégés très efficacement de la gelée. Il résulte de tout ceci, d'une manière évidente, que tout le seizième siècle fut remarquable par l'énorme quantité de neige qu'on y vit dans le midi.

Il y en avait aussi beaucoup dans le nord au quinzième et au seizième siècle. Jacques du Clercq, dans ses *Mémoires*, dit que :

« An cinquante-sept (1457), il fut si fort et si grand hiver, et long, que, depuis la Saint-Martin d'hiver jusqu'au dix-huitième de février, il gela si fort que on passoit la rivière d'Oise et plusieurs autres rivières à chariot et à cheval ; et ce fut en la fin très grande neige, et si grande quantité en tomba, que quand il dégella il fit si grande lavasse qu'il n'étoit point mémoire d'homme que on les eut vu si grandes, et firent si grands dommages. »

Quittons un instant la France, pour rapporter un fait curieux. On lit dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* pour l'année 1762, dans une communication de M. Guettard : « Un ambassadeur de la Porte à la cour de Varsovie, s'en retournant l'hiver à Constantinople, fut pris par la nuit dans un endroit éloigné de toute auberge ; effrayé de passer la nuit à l'air, ses gens lui bâtirent une espèce d'appartement sous des monceaux de neige qu'ils amassèrent à cet effet ; ils y formèrent plusieurs chambres et y établirent une cuisine et des chambres à coucher, dans une desquelles l'ambassadeur passa la nuit aussi commodément qu'il aurait pu le faire dans la meilleure auberge. »

Donnons, pour terminer cette série d'exemples des grandes neiges historiques, un récit du général Canrobert, relatif à un ncident de la guerre de Crimée, en 1855 : « L'armée, dit-il, conservera longtemps le souvenir de la journée du 16 janvier. Pendant vingt-quatre heures la nuit n'a cessé de régner sur nos bivouacs. D'épais nuages, inondant l'atmosphère d'une poussière de neige chassée par un vent glacé du nord-est, s'abaissaient jusqu'au sol. Dans les terrains les plus favorisés, la neige avait atteint une épaisseur de dix-huit pouces ; toute voie avait disparu ; toute direction faisait défaut aux mouvements des troupes, à ceux des convois commandés la veille pour assurer la subsistance des divers corps. On ne saurait imaginer de situation plus violente. »

Les tempêtes de neige, qui se produisent rarement dans les

plaines de la France, et n'y sont guère dangereuses, sont, au contraire, fréquentes et terribles dans les montagnes et dans les plaines désolées des régions polaires. Des masses énormes de neige, poussées par le vent, arrivent semblables à des avalanches. En un instant, des précipices immenses sont comblés, des gorges sont obstruées, et le voyageur, s'il n'a pas été enseveli dans la tourmente, cherche en vain sa route dans cette plaine d'apparence si douce, qui cache les bas-fonds les plus dangereux, et ne tarde pas à être englouti dans un gouffre qui subitement s'ouvre sous ses pas. D'autres fois, aveuglé par la neige qui lui fouette le visage, il est forcé de s'arrêter dans sa route et d'attendre sans espoir un secours qui ne lui vient pas. Le chemin qui traverse le grand Saint-Bernard est assez fréquenté par les voyageurs qui ont à franchir les Alpes; dans cette région élevée, les tempêtes de neige se produisent souvent. Mais là, au moins, ceux qui sont surpris par la tourmente peuvent conserver l'espérance : les religieux de l'hospice, secondés par les chiens les plus intelligents, arrivent souvent à temps pour les arracher à la mort.

La gelée blanche, le givre, qui couvrent quelquefois la terre et les arbres en hiver, et donnent souvent au paysage un aspect si pittoresque, ne sont autre chose que de la neige. L'humidité de l'air, au contact avec les objets que le rayonnement nocturne a fortement refroidis jusqu'à une température très basse, se dépose sous forme d'une rosée solide et cristalline. Ces aiguilles de givre atteignent parfois des dimensions étonnantes. Pendant l'hiver, toutes les parties saillantes de l'Observatoire du Puy de Dôme s'entourent d'une masse énorme de givre, semblable à celui qui recouvre d'ordinaire les arbres des forêts : il présente seulement un développement plus considérable. Les pointes ont jusqu'à un mètre de longueur. Ceux qui en hiver, ou même au printemps, gravissent la montagne, en sont absolument couverts. M. Faye raconte son ascension, en mai 1879 : « J'ai trouvé les neiges non encore fondues au sommet du Puy de

Dôme, et c'est au sein d'un nuage épais et froid qu'il m'a fallu gravir les dernières pentes. J'ai fait ainsi connaissance avec un milieu où ne pénètre guère le commun des mortels, si ce n'est les aéronautes. Et encore ceux-ci marchent avec les nuages qu'ils traversent verticalement ; ils ne les reçoivent pas en pleine figure avec une vitesse de 85 mètres par seconde ou de 20

Les chiens du Grand Saint-Bernard.

lieues à l'heure, ce qui produit des sensations toutes particulières. Pendant que je me raidissais sur mon bâton pour résister, M. Allard me dit : « Regardez donc votre poitrine du côté du vent. » Elle était toute hérissée de fines aiguilles de glace de un à deux centimètres de longueur. Ces aiguilles se reformaient dès qu'on les détachait en se brossant avec la manche. Sans doute elles étaient formées par une poussière absolument impalpable d'eau congelée ou à l'état de surfusion ; cette poussière

prenait une disposition cristalline dès que son mouvement était arrêté par un corps quelconque. Ce mode de cristallisation régulière, toute géométrique, à la rencontre violente avec un obstacle, est assurément un phénomène intéressant; s'il se prolonge, il ne devient pas pour cela confus; les aiguilles se renforcent, elles s'allongent, elles prennent jusqu'à un mètre et plus de longueur. »

Cette neige, compagne obligée de nos hivers, d'où vient-elle? Comment se forme-t-elle? C'est ce qui nous reste à examiner. D'où elle vient, il est facile de le dire. L'air, même le plus transparent, contient toujours beaucoup de vapeur : c'est le soleil qui, pompant pour ainsi dire l'eau de la surface des mers, des fleuves, du sol, entretient cette humidité constante de l'atmosphère. C'est là le réservoir immense où est puisée la neige. Cette vapeur, suffisamment refroidie dans les hautes régions, passe d'abord à l'état liquide pour former les nuages. Si le froid est assez intense, les gouttelettes aqueuses provenant de la condensation se solidifient séparément. Les microscopiques fragments de glace ainsi formés s'unissent les uns aux autres, et bientôt la masse est assez compacte pour constituer des flocons qui descendent lentement jusqu'à nous.

La disposition de ces flocons est remarquable. Le capitaine Scoresby en a le premier étudié scientifiquement la forme dans ses voyages dans les régions polaires. Leur disposition, d'une régularité parfaite, est d'une beauté merveilleuse. Lisons leur description, écrite par Tyndall : « Les cristaux de neige, formés dans une atmosphère calme, sont tous construits sur le même type; les molécules s'arrangent pour former des étoiles hexagonales. D'un noyau central sortent six aiguilles formant deux à deux des angles de 60 degrés. De ces aiguilles centrales sortent à droite et à gauche d'autres aiguilles plus petites, traçant à leur tour, avec une infaillible fidélité, leur angle de 60 degrés; sur cette seconde série d'aiguillettes, d'autres encore plus petites s'embranchent de nouveau, toujours sous

le même angle de 60 degrés. Les fleurs à six pétales prennent les formes les plus variées et les plus merveilleuses; elles sont dessinées par la plus fine des gazes, et tout autour de leurs angles on voit quelquefois se fixer des rosettes de dimensions encore plus microscopiques La beauté se superpose à la beauté, comme si la nature, une fois à la tâche, prenait plaisir à montrer, même dans la plus étroite des sphères, la toute-puissance de ses ressources. »

Mais la neige n'a pas seulement l'avantage d'être belle, elle est aussi bienfaisante. Son rôle sans contredit le plus important, c'est la régularisation du régime des eaux. Accumulée sur le sommet des montagnes, elle ne fond que peu à peu. Sur les montagnes assez élevées, elle ne disparaît jamais complètement, ne fond qu'à peine, et se transforme progressivement en glace. Le glacier ainsi formé coule le long de la montagne pour aller se fondre dans la plaine. C'est cette fonte progressive des neiges d'abord, du glacier ensuite, qui alimente nos rivières et nos fleuves pendant la saison sèche. Grâce à elle, nous avons encore en automne des cours d'eau qui coulent à pleins bords, et la source qui les alimente n'arrive jamais à se tarir. Sans la neige, nous n'aurions que des torrents, dévastateurs en hiver, sans eau en été.

Il faut bien dire pourtant que la neige manque de temps en temps à sa mission. Il lui arrive d'oublier son rôle modérateur et de devenir la source de calamités épouvantables. Quand arrive un dégel rapide et que les plaines basses sont couvertes de neige, la fonte se fait quelquefois plus vite qu'il ne faudrait, et il en résulte les inondations les plus désastreuses.

Les années où la neige est tombée en grande abondance ont presque toutes été marquées par des inondations. Celles de ces inondations qui sont uniquement dues à la fonte trop rapide nous occuperont seules pour le moment; nous parlerons plus tard des débâcles qui rendent souvent le mal plus grand encore.

En 1003, l'hiver fut suivi d'inondations désastreuses.

« En 1296, le 20 décembre, raconte Félibien, la Seine crut à un tel point, qu'elle causa dans Paris la plus grande inondation dont l'on eût encore entendu parler. Non-seulement toute la ville se trouva entourée d'eau, mais les rues en furent si remplies qu'on ne pouvait aller dans aucun quartier sans bateau. La crue de la rivière et l'impétuosité des flots firent tomber les deux ponts de pierre avec les maisons qui étaient dessus, et leur chute écrasa les moulins qui étoient dessous. Le petit pont du Châtelet fut aussi renversé. Cette inondation dura huit jours entiers, pendant lesquels il fallut remplir des bateaux de vivres et les porter aux habitants, pour les empescher de mourir de faim. »

En 1480, une autre grande inondation fit de grands ravages à Paris. « L'hiver 1493-1494 ne fut pas d'une grande rigueur, mais il se fit remarquer par de terribles inondations. La rivière envahit la place de Grève, la place Maubert, la rue Saint-André-des-Arts. Le 12 janvier on promena solennellement les châsses de saint Marcel, de saint André, de saint Proxent, de saint Blancard, de sainte Anne et de sainte Geneviève pour conjurer le fléau. On érigea, au coin de la *Vallée de misère*, un pilier portant une image de la Vierge avec cette inscription :

« Mil quatre cens quatre-vingt-treize,
Le septième jour de janvier,
Seyne fut ici à son aise,
Battant le siège du pillier. »

Mais ce n'est pas seulement en hiver qu'on a à craindre les inondations résultant de la fonte des neiges. Au printemps, à l'été, celles des montagnes fondent quelquefois avec une telle rapidité que les mêmes faits se reproduisent.

Du 21 au 24 juin 1875, des pluies torrentielles tombèrent, sans discontinuer, dans tout le bassin de la Garonne; ces pluies, à elles seules, eurent suffi pour déterminer une crue

assez forte, mais non pour amener la terrible inondation dont personne n'a perdu le souvenir. Poussés par un vent tiède qui les échauffait, les nuages rencontrèrent les Pyrénées, alors couvertes d'une prodigieuse quantité de neige : il n'en fallut pas davantage pour déterminer une fonte générale, qui s'opéra avec une rapidité qui allait devenir fatale. Les eaux provenant de la pluie, et celles plus abondantes encore que produisait la fusion, arrivèrent en même temps dans les affluents de la Garonne et dans le fleuve lui-même, et la crue prit dès le début des proportions inquiétantes.

L'intrépide général Nansouty, installé depuis quelques jours à son observatoire météorologique du pic du Midi, avait vu le danger : la vallée de la Garonne était menacée d'une dévastation complète. Il fallait porter dans la plaine un avertissement qui, s'il arrivait à temps, pouvait sauver bien des existences. Les deux braves qui constituaient tout le personnel de l'observatoire n'hésitèrent pas. Pendant que le général demeurait seul, au sommet du pic, à continuer les observations, se demandant s'il n'allait pas y périr emporté par l'ouragan, son compagnon, M. Baylac, ne consultant que son courage, entreprenait une descente impossible. Perdu dans une effroyable tourmente, disparaissant presque à chaque pas dans une immense couche de neige fondante, il parvenait enfin au but de son voyage.

Mais tant de dévouement devait être inutile. Sur ces pentes rapides l'eau descendait plus vite que M. Baylac : elle était arrivée avant lui. Depuis cette époque, le pic du Midi possède une station télégraphique; installée quelques mois plus tôt, elle eût empêché la mort de nombreuses victimes.

On n'avait encore eu le temps de prendre aucune mesure, que déjà une partie de Toulouse était envahie. Le 23 juin, le faubourg Saint-Cyprien s'abîmait presque soudainement sous les eaux. Ses 30 000 habitants, dont un petit nombre seulement avaient songé à fuir, se trouvaient entourés par les flots,

isolés du reste du monde. Puis, l'eau montant toujours, le spectacle devint plus lugubre. Les maisons, s'écroulant avec un fracas sinistre, entraînaient dans leur ruine leurs malheureux habitants. De sinistres épaves, meubles, poutres, tonneaux, lits, berceaux, cadavres même, étaient charriées par un courant auquel rien ne pouvait résister. En vain les habitants de la ville et les soldats de la garnison firent des prodiges, en vain les dévouements furent nombreux et sublimes, les malheurs ne purent être évités. Tous les ponts emportés, un immense faubourg d'une grande ville détruit, plusieurs villages absolument rasés, toutes les récoltes perdues, plus de quatre cents victimes, voilà ce qu'avait fait cette fonte des neiges.

L'année suivante, en février 1876, l'importante inondation de la Seine a été, au moins en grande partie, déterminée par la fonte des neiges, arrivée en même temps sur tout le bassin.

Quelques années plus tard, une catastrophe bien autrement terrible que celle de Toulouse devait encore avoir la même cause. A la suite de la température printanière du mois de février 1879, les neiges des hauts plateaux de la Hongrie fondirent prématurément. La Theiss, subitement grossie, vint détruire presque complètement la grande ville de Szegedin.

Pour ne pas rester sur d'aussi tristes tableaux, et nous réconcilier avec cette belle neige qui, malgré ses effroyables emportements, nous fait beaucoup plus de bien que de mal, indiquons son rôle protecteur pour la végétation. La neige, en effet, conduit très mal la chaleur, c'est-à-dire qu'elle empêche le sol qu'elle recouvre de se refroidir par l'effet du rayonnement nocturne. Elle agit comme un manteau de fourrure qui recouvrirait la surface de la terre.

Le thermomètre nous montrera nettement combien cette préservation est efficace. Un thermomètre suspendu à un mètre au-dessus du sol, abrité par un toit métallique qui laisse librement circuler l'air, nous donne la température vraie de l'atmosphère. Étendons horizontalement sur la neige, en dehors

1873. Toulouse. — L'eau montant toujours, le spectacle devint plus lugubre.

de l'abri, un second thermomètre : il indiquera pendant la nuit, et surtout le matin, une température plus basse que le premier; c'est l'effet du rayonnement. Mais ce refroidissement est tout superficiel. Un troisième thermomètre, placé à quelques centimètres sous la neige, marquera au contraire une température plus élevée que celle de l'air. Bien plus, si l'épaisseur de neige est assez grande, le froid de l'extérieur ne pénétrera dans la couche qu'avec une extrême lenteur, et le sol conservera toujours une température à peine inférieure à zéro. Sous une couche de neige de dix centimètres d'épaisseur, la température du sol s'abaisse bien rarement plus bas que — 3°, et toutes les plantes de nos pays peuvent supporter, sans périr, cette température.

C'est pour cette raison que les grands hivers sans neige sont les plus désastreux pour la végétation. Chaque fois que, à la suite d'un hiver rigoureux, la récolte est relativement bonne, c'est à l'abondance des neiges qu'il faut l'attribuer.

CHAPITRE IV

LA GLACE.

Sous l'action du froid, l'eau se change beaucoup plus souvent en glace qu'en neige. Il nous faut dire deux mots des propriétés de cette eau solide, car elles jouent dans la nature un rôle capital.

Exposons à une basse température d'hiver un vase plein d'eau. Nous verrons bientôt la partie supérieure du liquide se solidifier, et, l'action du froid se prolongeant, la couche solide augmentera d'épaisseur jusqu'à ce que toute l'eau soit convertie en une masse transparente, dure, mais fragile. Cette masse transparente, cette eau solide, c'est la glace.

La transparence de la glace est telle que les Lapons en construisent des vitres à travers lesquelles le jour pénètre dans leurs cabanes souterraines. Transparente pour la lumière du soleil, elle l'est un peu aussi pour sa chaleur, absolument comme le verre. Aussi de nombreux voyageurs dans les régions polaires ont-ils pu allumer du feu par la concentration des rayons solaires au moyen d'une lentille de glace. Mais cette transparence pour la lumière et la chaleur n'ayant qu'une faible importance, arrivons rapidement à l'énumération de quelques autres propriétés.

La glace flotte à la surface des mers, des lacs, des rivières; elle est donc plus légère que l'eau. Sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, l'eau présente une exception, car presque tous les liquides produisent en se solidifiant une masse plus lourde qui va au fond. C'est que l'eau, en se congelant, au lieu de diminuer de volume, subit au contraire une expansion très notable.

Cette expansion de volume se produit avec une force considérable, presque irrésistible, qui a été observée scientifiquement pour la première fois en, 1607, par Huygens. Il a rempli d'eau deux moitiés d'un canon de pistolet et les a très exactement fermés avec des vis et du plomb fondu. Ces canons de pistolet, exposés à l'air par un froid très vif, furent brisés par l'effet de la congélation de l'eau. L'expérience, qui avait été très remarquée, fut répétée par plusieurs savants pendant les rudes froids de l'hiver de 1670.

La force expansive de la glace peut briser des obstacles encore plus résistants. Ainsi, le major d'artillerie Edward William, étant à Québec par un froid très vif, remplit d'eau une bombe de 13 pouces de diamètre, ferma le trou de la fusée avec un bouchon en fer fortement enfoncé, et l'exposa à la gelée. Au bout de quelque temps le bouchon de fer fut lancé à une grande distance, et un cylindre de glace de 8 pouces de long sortit de l'ouverture. Dans une autre expérience, le bouchon ayant résisté, la bombe elle-même fut fendue.

Les anciens connaissaient parfaitement les effets de la congélation de l'eau. Plutarque, dans son traité sur *la Cause du froid*, raconte que « dans les climats où l'hiver est très rude, le froid fait éclater les vaisseaux de cuivre et de terre, et jamais quand ils sont vides, mais seulement quand ils sont pleins, parce qu'alors le froid donne à l'eau une très grande force. »

Que de fois, de nos jours, se produisent ces accidents signalés par Plutarque. Tout vase, tout tuyau de conduite des eaux dans lequel se forme la glace est perdu si la dilatation ne peut s'y produire librement. Les canalisations d'eau des villes, les pompes des particuliers, sont rompues en maints endroits quand on n'a pas eu la précaution de les maintenir vides pendant l'hiver. Les pierres assez poreuses pour s'imprégner d'eau se brisent sous l'action de la gelée; les plantes dont les canaux sont gorgés de sève ont le même sort.

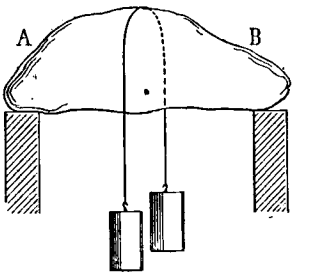
A côté des conséquences fâcheuses de l'expansion de l'eau

qui se gèle, il convient de placer ses avantages. Supposons la glace plus lourde que l'eau. Au fur et à mesure de sa formation, elle se rendra au fond de la mer, du lac, de la rivière dans laquelle elle aura pris naissance; l'eau, toujours en contact avec une atmosphère glacée, continuera à se congeler, et l'amoncellement du solide sur le fond augmentera de plus en plus. A la fin d'un hiver rigoureux, la masse de glace sera énorme; elle comblera le lac, elle obstruera la rivière, elle déterminera la perte de tous les animaux aquatiques. Dans la réalité, au contraire, nous voyons les glaces surnager, former à la surface une croûte solide. L'eau qui continue à couler au-dessous est dès lors préservée du froid comme le sol l'est par la neige; elle ne se gèle plus qu'avec une extrême lenteur; la couche de glace n'augmente pas indéfiniment d'épaisseur. Que le dégel vienne, elle sera aisément fondue, rapidement entraînée, et la rivière reprendra son aspect normal.

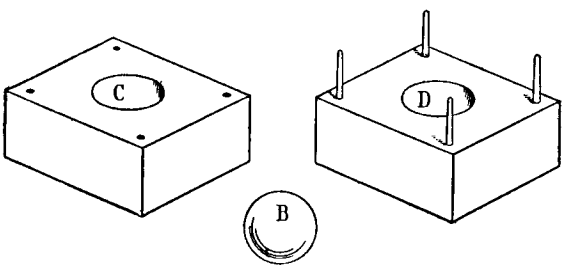
Revenons à la force expansive de la glace. Aussi grande qu'elle soit, elle n'est cependant pas irrésistible; si le vase qui renferme l'eau est assez résistant, comme le serait, par exemple, un canon d'acier très épais, la rupture ne se produit pas. Dans ce cas, la congélation n'a pas lieu, et l'eau demeure liquide malgré le refroidissement intense auquel on la soumet. C'est que les deux faits, expansion, congélation, ne peuvent être séparés; tout obstacle opposé au premier arrête en même temps le second. On peut donc avoir, sans forte pression, de l'eau liquide beaucoup plus froide que la glace. Mais si la pression, qui seule s'opposait à la formation de la glace, disparaît, la masse entière de l'eau prendra immédiatement l'état solide.

Réciproquement, du reste, si on presse très fortement un morceau de glace de manière à diminuer son volume, elle redeviendra liquide, quoique étant plus froide que zéro, sa température normale de fusion. Cette fusion, bien entendu, ne sera que momentanée, et ne durera pas plus longtemps que la pression qui l'a produite. C'est Faraday qui le premier a dé-

couvert, en 1850, l'action d'une pression extérieure sur la formation de la glace. Le phénomène a été ensuite étudié par plusieurs savants, et notamment par M. Tyndall. Son importance est telle pour le sujet qui nous occupe, que nous devons le mettre en évidence par quelques expériences simples.



AB est un bloc de glace appuyé sur deux supports par ses extrémités. A cheval sur ce morceau de glace, plaçons un fil de fer fin fortement tendu par deux poids un peu ourds. Nous verrons le fil pénétrer peu à peu dans la glace, la couper entièrement, pour tomber bientôt au-dessous. Et cependant, quand le fil de fer aura tout traversé, nous trouverons le bloc de glace entier, d'un seul morceau, comme auparavant. La pression du fil avait d'abord déterminé la fusion de la glace; elle n'aurait pas été coupée sans cela, car elle n'est ni molle, ni plastique. Mais l'eau résultant de la fusion passant au-dessus du fil, et n'étant plus comprimée, s'est regelée à mesure qu'elle se produisait, et a ressoudé ainsi les deux morceaux.



Voici maintenant un autre bloc de glace. Après l'avoir mis

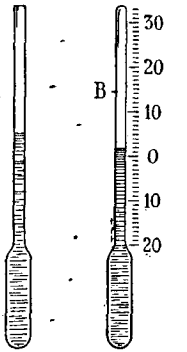
au-dessus d'une cavité hémisphérique C, taillée dans un morceau de bois dur, recouvrons-le d'une seconde cavité D semblable à la première, et comprimons fortement au moyen de la presse hydraulique. Des craquements se font entendre qui indiquent la rupture de la glace; de l'eau s'écoule en assez grande quantité, indice de fusion, puis les deux parties du moule se rejoignent. Séparons-les, nous obtiendrons une sphère de glace B, parfaitement transparente, d'une seule pièce. La glace qui avait été fondue par la pression se regèle aussitôt que cesse cette pression en produisant la sphère parfaite que nous admirons.

Les phénomènes de dégel et de regel ont dans la nature une grande importance. C'est grâce à eux que la neige pulvérulente, chauffée et serrée entre les mains, se transforme en une boule dure et solide dont les enfants savent si bien tirer parti; que la neige des hautes montagnes se transforme peu à peu en glace capable de couler le long des flancs de la montagne comme un lent torrent d'eau; que les glaçons charriés par un fleuve se soudent entre eux pour former une nappe continue; que, dans les débâcles, cette nappe disjointe par la crue des eaux peut se reformer de nouveau, et constituer dès lors une barrière infranchissable qui arrête le courant et détermine en amont de terribles inondations. Nous reviendrons sur tout cela.

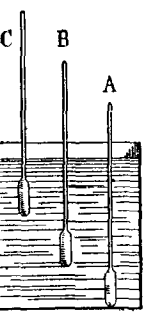
Mais si la glace a de singulières et importantes propriétés, l'eau aussi présente des particularités précieuses que nous devons connaître si nous voulons comprendre comment se congèlent les fleuves et les lacs. Tandis que tous les liquides se contractent sous l'action du froid, l'eau seule fait exception. Refroidie à partir de 20 degrés, elle commence par diminuer de volume; mais arrivée à la température de quatre degrés, sa contraction cesse et se change en une dilatation qui continue jusqu'au moment de la congélation.

Une expérience bien simple nous permettra de mettre cette propriété en évidence. Remplissons d'eau un tube thermométrique A et exposons-le au froid de l'hiver, en même temps

qu'un thermomètre à alcool B. Le liquide descendra d'abord dans les deux vases, par suite de la contraction que produit le froid; mais au moment où le thermomètre indiquera la température de 4 degrés, nous verrons l'eau cesser de descendre dans le tube A pour prendre une marche ascensionnelle. A partir de là, les deux appareils auront une marche inverse, le liquide montant dans l'un, descendant dans l'autre. L'ascension de l'eau sera lente d'abord; mais à partir de zéro, alors que la glace commencera à apparaître, elle sera bien plus rapide par suite de la formation du solide. En somme, l'augmentation considérable qui doit se produire dans le volume au moment de la congélation commence dès la température de 4 degrés; à cette température, l'eau a un maximum de densité; elle est plus lourde qu'à toute autre.



L'expérience bien connue de Hoppe, un peu modifiée, va nous aider à tirer de ce fait une conséquence importante. Trois thermomètres sont plongés dans un vase plein d'eau de façon à donner à chaque instant la température du fond, du milieu et de la surface du liquide. Le tout est abandonné à un refroidissement lent dans une atmosphère à basse température. Les trois thermomètres, qui donnent d'abord la même indication, ne tardent pas à se séparer. A mesure que l'eau voisine de la surface et des parois se refroidit, elle devient plus lourde, glisse lentement vers le fond; A va seul baisser jusqu'à ce qu'il arrive à marquer la température de quatre degrés. Dès lors le liquide du fond, aussi lourd que possible, deviendra immobile; des couches successives d'eau



à quatre degrés se superposeront à la première, et, successivement, les thermomètres B et C donneront la même indication. Voilà donc toute la masse à 4 degrés. Le refroidissement continue, l'eau plus froide devient plus légère, monte, et c'est le thermomètre C qui va seul baisser; il ne tardera pas à marquer zéro, et la congélation commencera à la surface du liquide, produisant une glace plus légère encore qui restera en haut; puis, l'action du froid se prolongeant encore, B et ensuite A arriveront à zéro; la glace se formera sur les parois, augmentera d'épaisseur jusqu'à ce que toute la masse soit solidifiée.

Recommençons l'expérience dans des conditions différentes, en enterrant le vase dans la terre, de façon que le refroidissement ne se produise que par la surface. Le commencement du phénomène ne sera pas modifié; il se produira seulement avec plus de lenteur. Mais à partir du moment où les trois thermomètres marqueront à la fois la température de 4 degrés, tout changera. L'eau refroidie seulement par la surface, devenant plus légère, restera à la partie supérieure, et le thermomètre du haut seul baissera; il atteindra bientôt zéro, et la glace commencera à se former. Nous aurons donc une couche de glace au-dessus d'une masse d'eau à 4 degrés. Cette glace, agissant en corps mauvais conducteur, empêchera le refroidissement de l'eau qui se trouve au-dessous; l'épaisseur de la couche n'augmentera qu'avec une grande lenteur, et après plusieurs jours, plusieurs mois même d'un froid assez vif, nous aurons encore, sous la glace, de l'eau à la température de 4 degrés. La masse entière ne deviendra solide que si le froid est très intense.

C'est justement ce qui se produit dans les lacs, où l'eau peut être considérée comme à peu près tranquille. Au commencement de l'hiver toute la masse d'eau est à la température de 15 à 20 degrés : elle se refroidit lentement de manière à atteindre 4 degrés dans toute sa profondeur; ce refroidissement sera fort lent si la profondeur du lac est considérable, et le plus souvent l'hiver sera terminé avant que le phénomène

soit accompli. C'est pour cela que les grands lacs, et surtout les lacs profonds, se gèlent si rarement. Mais dès que la masse entière de l'eau sera arrivée à la température du maximum de densité, les courants intérieurs cesseront, la surface se refroidira rapidement et ne tardera pas à se couvrir de glace. Protégées par ce manteau isolant, les eaux profondes se conserveront indéfiniment à 4 degrés pendant que la glace augmentera lentement d'épaisseur jusqu'à devenir capable de supporter les plus lourds fardeaux. C'est qu'en effet la glace conduit un peu mieux la chaleur que la neige, et nous verrons, dans les hivers très longs et très rigoureux, qu'elle pourra atteindre une épaisseur de plusieurs pieds. Nous savons qu'au contraire une épaisseur bien moindre de neige préserve complètement le sol du refroidissement.

Nous ne serons plus étonnés, maintenant, de voir les grands lacs, aux eaux si calmes, encore libres de glaces tandis que les rivières les plus impétueuses sont arrêtées : la faible profondeur des rivières en certains points est la cause de leur peu de résistance au froid.

Pourtant, dans les climats très rigoureux, les lacs se gèlent aussi, surtout les moins profonds, et la navigation y devient impossible.

C'est ce qui arrive pour les lacs de l'Amérique du Nord, surtout ceux de la Nouvelle-Bretagne, qui se gèlent chaque année. Le journal *la Nature* rapporte qu'en hiver les petits lacs du Canada sont, depuis quelques années, le théâtre d'un nouveau sport qui a beaucoup de vogue. Des sortes de traîneaux, montés sur une traverse de bois munie à chacune de ses extrémités d'un patin allongé, portent des voiles qui les font glisser sur la glace avec une rapidité considérable. En Hollande cet exercice est très répandu, et semble remonter à l'année 1600. On assure qu'il n'est pas rare de voir ces bateaux à glace se mouvoir sous l'action du vent avec une rapidité de 46 kilomètres à l'heure.

La congélation des rivières est beaucoup moins rare que celle des grands lacs : dans notre pays, au climat si tempéré, elle se produit un grand nombre de fois dans chaque siècle. Il n'est peut-être pas un fleuve de l'Europe qui n'ait été gelé quelquefois. Même sur cette terre si chaude de l'Afrique, le Nil a été arrêté par le froid : en 829, l'année où le patriarche jacobite d'Antioche, Denis de Telmahre, alla avec le calife Al-Mamoun en Egypte, ils trouvèrent le Nil gelé. Pour ne parler que de la France, la Seine fut prise quatorze fois et le Rhône trois au dix-huitième siècle ; depuis l'année 1800, la Seine en est à sa douzième, le Rhône à sa troisième gelée.

Du reste, la congélation des fleuves se produit d'une manière très capricieuse. Tandis qu'en 1762 la Seine fut totalement prise après six jours de gelée, et par un froid de — 9°.7, elle resta constamment libre en son milieu en 1709, par un froid de — 23°, précédé de gelées fortes et prolongées. Les causes de ces inégalités, dont nous dirons quelques mots, sont encore mal ou plutôt incomplètement connues. — La congélation de la surface de la mer, plus rare sur nos côtes, se produit au contraire avec une grande régularité dans ses conditions : on peut affirmer qu'il faut un froid persistant de 14 à 16 degrés au-dessous de zéro pour geler nos ports de mer et l'eau de nos côtes. Choisissons quelques exemples pris dans les hivers dont nous ne donnerons pas la description spéciale.

Strabon rapporte que, l'année 66 avant Jésus-Christ, le froid fut si intense en Orient, qu'un des généraux de Mithridate défit sur la glace la cavalerie des barbares précisément à l'endroit où en été ils furent vaincus dans un combat naval, à l'embouchure des Palus Méotides (mer d'Azof).

En 559 de notre ère, les Bulgares, en passant sur le Danube glacé, viennent fondre dans la Thrace et s'approchent des faubourgs de Constantinople.

En 763, le Bosphore et le Pont-Euxin gelèrent.

En 860, la mer Adriatique était prise autour de Venise, et sa lagune parcourue par les cavaliers et les voitures chargées des marchands.

En 1074, le froid, rendu plus vif par une bise d'une âpreté et d'une sécheresse inouïes, était si rigoureux que les fleuves étaient pris non seulement à la surface, mais convertis en un

Canada. — Sous l'action du vent, on voit ces bateaux se mouvoir sur la glace avec une grande rapidité.

bloc de glace. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer ici l'exagération du chroniqueur : les fleuves ne peuvent jamais être convertis en un bloc de glace, car ils ne peuvent jamais être absolument arrêtés dans leur course.

En 1082, au mois de décembre, l'empereur Henri IV tra-

versa le Pô complètement gelé, suivi de ses soldats et d'une grande multitude de citoyens.

En 1149, l'hiver fut rude dans les Flandres. Les eaux de la mer étaient complètement gelées et praticables sur une distance de plus de trois milles à partir du rivage ; les vagues, qui s'étaient solidifiées, apparaissaient de loin comme des tours.

Cette congélation de la mer sur les côtes doit nous arrêter quelques instants. Elle ne se produit que rarement, dans les hivers tout à fait exceptionnels, et encore ne s'étend-elle jamais beaucoup au loin. La mer Baltique elle-même, par 58° de latitude, ne se gèle jamais en totalité. Chaque année une partie assez considérable de la Baltique se prend, mais, durant les derniers siècles, elle ne l'a pas une seule fois été en totalité. Au quatorzième siècle ces congélations semblent avoir été plus nombreuses que de nos jours, et la glace atteignait une plus grande épaisseur. Ainsi, en 1323, « la partie méridionale du bassin gela complètement, et pendant six semaines les voyageurs se rendaient à cheval de Copenhague à Lubeck et à Dantzig : on avait même élevé sur la glace des hameaux temporaires au croisement des routes. »

Le même phénomène se produisit en 1333, 1349, 1399, 1402, 1407.

La mer Noire, qui ne reçoit aucune dérivation du Gulf-Stream, largement ouverte à tous les vents qui descendent des régions polaires, semble avoir été prise plus souvent et surtout plus complètement, quoiqu'elle soit bien plus proche de l'équateur, et que ses eaux soient beaucoup plus salées que celles de la Baltique.

Nous avons cité déjà plusieurs exemples de ces congélations ; le dernier est plus frappant : « En 401, la mer Noire gela presque entièrement, et lors de la débâcle on vit d'énormes montagnes de glace flotter pendant trente-deux jours sur la mer de Marmara. Il en fut de même en 762, et cette année-

là la glace fut couverte d'une couche de neige haute de vingt coudées. »

Revenons à notre nomenclature. En 1457, il gela si fort qu'on passait la rivière d'Oise et plusieurs autres rivières à chariot et à cheval. En Allemagne, le froid fut si vif que sur le Danube congelé campa une armée de 40000 hommes. En 1493, la lagune et tous les canaux de Venise gelèrent; les gens à pied, les chevaux et les voitures passaient dessus. En 1503, le Pô fut gelé et soutint le poids de l'armée du pape Jules II. En 1548, toutes les rivières de France furent gelées de manière à porter les voitures les plus pesamment chargées.

Le froid de l'hiver de 1589 fut si rude qu'il gela entièrement le Rhône; les mulets, les voitures, les charrettes, tout le traversait à Tarascon comme sur une grande route. Le colonel Alphonse y fit même passer à deux ou trois reprises des canons; le maréchal de Montmorency le franchit ensuite avec sa compagnie de gendarmes. En 1595, la mer se prit sur les côtes de Marseille. En 1620, le Zuyderzée gela entièrement; une partie de la mer Baltique fut couverte d'une glace très épaisse; les glaces des lagunes de l'Adriatique emprisonnèrent la flotte vénitienne. Le froid fut très intense en Provence.

En 1655, en Allemagne, « le froid fut si vif qu'à Wismar (Mecklembourg-Schwerin, dans la Baltique) on vit arriver des chariots chargés et attelés de quatre chevaux, de la distance de 40 kilomètres. En 1683, « la Tamise, à Londres, fut si fortement gelée qu'on y érigea des cabanes et des loges; on y tint une foire qui dura deux semaines, et dès le 9 janvier les voitures la traversèrent et la pratiquèrent dans tous les sens comme la terre ferme; on y donna un combat de taureaux, une chasse au renard, et sur la glace on fit rôtir un bœuf entier. La mer, sur les côtes d'Angleterre, de France, de Flandre, de Hollande, fut gelée dans l'étendue de quelques milles, au point qu'aucun paquebot ne put sortir des ports ou y rentrer pendant plus de deux semaines. »

En 1726, on passa en traîneau de Copenhague à la province de Scanie, en Suède.

Des phénomènes analogues à ceux que nous venons de rapporter se produisirent encore en 1754, 1762, 1765, 1766...

Nous pouvons remarquer que, dans tous les hivers assez rigoureux pour congeler profondément les rivières, on en profite pour les transformer en voies de communication. Tantôt on se contente de les traverser, évitant ainsi les longs détours nécessaires pour aller chercher les ponts, tantôt on s'en sert en guise de routes. C'est surtout dans les pays du Nord, où les rivières se gèlent solidement presque chaque année, que ces singuliers chemins sont fréquentés. Plutarque rapporte que « certains peuples barbares, quand ils veulent traverser les rivières, font marcher devant eux des renards. Si la glace n'est pas épaisse, et que l'eau ne soit prise qu'à la surface, ces animaux, avertis par le bruit de l'eau qui coule sous la glace, retournent sur leurs pas. »

Guettard, membre de l'Académie des sciences, raconte, en 1762, comment on utilise en hiver la Vistule congelée. « La neige qui couvre les chemins ayant pris de la consistance par les gelées, les chemins deviennent praticables aux traîneaux, qui ne sont pas même arrêtés par les rivières; elles sont alors gelées et permettent ainsi à toute espèce de voitures de les traverser; cette facilité engage donc alors les gens de la campagne à conduire à Varsovie sur des traîneaux ce qu'ils ont à vendre; c'est un malheur pour la campagne et la ville lorsque l'hiver est trop doux, qu'il ne tombe point ou très peu de neige, et que les rivières ne prennent point : c'est dans la vue de prévenir ce dernier inconvénient, qu'aussitôt que la Vistule charrie beaucoup, des hommes portés par de petits bateaux jettent entre les glaçons de la longue paille, afin que par son moyen les glaçons puissent s'entre-accrocher, ralentir par conséquent leur mouvement, et faire prendre entièrement la rivière; alors, si l'on veut avoir promptement un chemin qui soit ferme

et sûr pour traverser cette rivière, on le forme avec de la même paille que l'on arrose : elle ne fait bientôt plus qu'un seul corps avec cette eau, qui se gèle aussitôt, et avec les glaçons; elle procure ainsi un chemin sur lequel on peut passer, lors même qu'il ne serait pas prudent de tenter le passage dans les autres endroits où les glaçons sont également arrêtés. Ce chemin est même cause que dans le dégel la rivière ne débâcle pas aussitôt qu'elle le ferait si on ne l'avait pas formé : on s'en sert encore pour le passage, lorsqu'on a abandonné les autres qui n'avaient été tracés que par les voitures et les passagers. Au reste, les uns et les autres sont très commodes, lors surtout qu'il est tombé beaucoup de neiges; ils en deviennent plus unis. »

La glace ne devient assez forte pour porter les charges que lorsqu'elle a atteint une certaine épaisseur. Cette épaisseur est beaucoup moins considérable qu'on ne serait tenté de le croire, car la glace a une grande force de résistance, qui se trouve encore bien augmentée par l'eau qui la soutient par-dessous. Des expériences ont été poursuivies sur ce sujet par plusieurs physiciens, Hamberger, Temanza, Toaldo, par la Société royale de Londres. On a reconnu qu'il faut 5 centimètres pour que la glace porte un homme, 9 centimètres pour qu'un cavalier y passe en sûreté; quand la glace atteint 13 centimètres, elle porte des pièces de huit placées sur des traîneaux, et quand son épaisseur s'accroît jusqu'à 20 centimètres, l'artillerie de campagne attelée peut y passer. Les plus lourdes voitures, une armée, une nombreuse foule, sont en sûreté sur la glace dont l'épaisseur atteint 27 centimètres.

Examinons maintenant comment se forme la glace à la surface des rivières et des mers. Ici il s'agit d'une eau sans cesse agitée, dans laquelle les phénomènes que nous avons étudiés à propos des lacs ne peuvent se produire. On a constaté, en effet, que l'eau d'une rivière a dans toute sa masse et en toute saison une température à peu près uniforme, à cause du mélange con-

tinuel produit par le courant. Quand cette température est arrivée à zéro, la congélation de la rivière commence : elle charrie des glaçons. Les savants ont cru longtemps que ces glaçons étaient exclusivement formés à la surface de l'eau. Il s'en forme effectivement ainsi, notamment dans tous les points où le courant est assez faible, sur les rivières à faible pente, et sur les bords des rivières plus rapides. Ces glaces de surface restent en place, s'étendant de plus en plus, ou bien se détachent et deviennent flottantes. Mais ce n'est là l'origine que d'une bien faible partie des glaces flottantes. Le plus grand nombre se forme au fond, directement sur le lit. Les glaces de fond non plus ne se forment pas partout. Leur production n'a lieu que là où la profondeur est peu considérable et où le fond est formé de cailloux ou de gravier.

Longtemps avant que les physiciens aient admis cette formation de la glace de fond, elle était connue des meuniers, des pêcheurs, des bateliers. « Ils faisaient remarquer, pour appuyer leur opinion, écrit Arago, que la surface inférieure des gros glaçons est imprégnée de fange, qu'elle est incrustée de gravier, qu'elle porte, en un mot, les vestiges les moins équivoques du terrain sur lequel ils reposaient. En Allemagne, les mariniers ont même un nom spécial et caractéristique pour désigner les glaces flottantes ; ils les appellent *grundeis*, c'est-à-dire glaces de fond. Les pêcheurs affirmaient que dans les journées froides, longtemps avant l'apparition de la glace à la surface du fleuve, leurs filets, situés au fond de l'eau, se couvraient d'une telle quantité de *grundeis* qu'il leur était très difficile de les retirer ; que les corbeilles dont on se sert pour prendre des anguilles revenaient souvent d'elles-mêmes à la surface, incrustées extérieurement de glace... » Il ne fallut rien moins que les nombreuses expériences et observations de bien des savants, Hales, Desmarest, Braun, Knight, Mérian, Hugi, Fargeau, Duhamel..., pour faire admettre comme vraie cette formation. Elle est maintenant établie d'une façon indubitable, et chacun

sait que les glaçons qui se forment au fond, lorsqu'ils ont acquis une force ascensionnelle suffisante pour se détacher des cailloux qui les retiennent, montent et deviennent flottants. L'explication que l'on donne actuellement de cette formation des glaces de fond n'est pas absolument satisfaisante. Le courant de la rivière est moins rapide au fond qu'à la surface à cause du frottement, et comme la température y est aussi basse, la congélation y sera plus facile. De plus, les aspérités présentées par les pierres permettent aux premiers cristaux de se fixer, de s'enchevêtrer, puis de s'accroître jusqu'à former un bloc de glace. Mais cette explication ne rend pas compte de certaines particularités que présente parfois le phénomène. Quoi qu'il en soit de l'explication, le fait demeure acquis.

Les glaces de fond, tout aussi bien que les glaces de surface, se forment principalement dans le cours supérieur du fleuve et dans les affluents, à cause du moindre courant et de la moindre profondeur des eaux. Mais, arrivés dans le cours inférieur du fleuve, ces glaçons peuvent l'obstruer en s'arrêtant dans les coudes, dans les passages à moindre courant, dans les endroits surtout où des obstacles s'opposent à leur passage. Pressés les uns contre les autres, ils se soudent par suite du phénomène de dégel et de regel que nous avons étudié. Tous ceux qui arrivent se trouvent arrêtés à leur tour, et à partir de ce point la rivière se prend dans tout le cours supérieur. Si l'arrêt se fait près de l'embouchure, la totalité du fleuve pourra être couverte de glace ; si, par suite de la soudaineté du froid, les glaçons charriés deviennent subitement fort nombreux, il leur arrivera souvent de se souder dans les affluents eux-mêmes, et le fleuve restera libre dans une partie de son cours, comme cela eut lieu en 1709 pour la Seine à Paris, et pour le Rhône à Viviers.

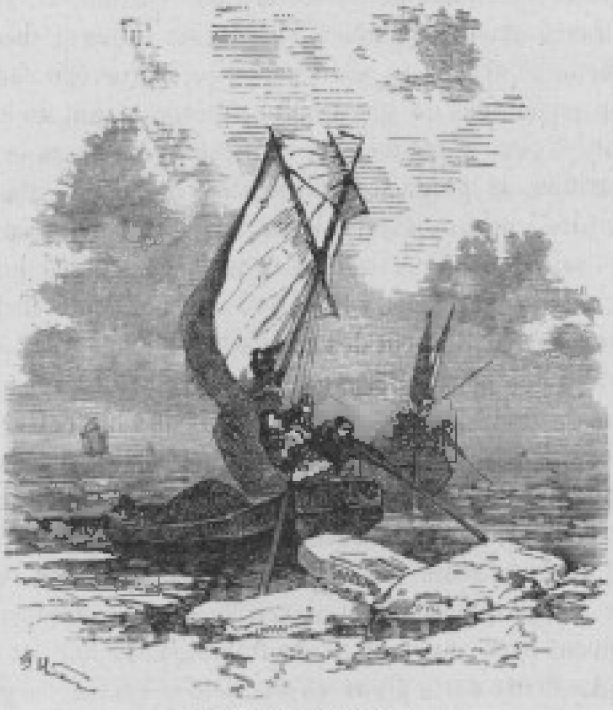
Dans la mer, il se forme aussi des glaces de fond. Lisons dans Élisée Reclus la saisissante description du phénomène : « Dans les mers polaires, l'abaissement de température a pour conséquence la formation des glaces. Pendant les longs hivers

de ces froides régions, l'eau tranquille des baies et des golfes se congèle sur le pourtour des côtes; et la masse cristalline, gagnant incessamment sur les mers, finit par s'étendre au large jusqu'à de très grandes distances. C'est la « glace de terre. » Mais dans les mers qui n'ont pas une grande profondeur, c'est généralement sur le lit même que la masse liquide se congèle. Lorsque la masse n'est pas agitée, elle reste liquide; puis, sous un ébranlement quelconque, elle se prend subitement. Parfois, au commencement de l'hiver, les marins et les pêcheurs de la Baltique et des côtes occidentales de la Norvège sont tout à coup environnés de glaçons qui s'élèvent du lit de la mer, et dont les plaques contiennent encore des fragments de fucus. L'apparition se produit d'une manière tellement rapide que souvent les bateaux courent le risque d'être écrasés entre les masses solides qui s'entassent autour d'eux, et l'équipage se trouve en danger. Dans les régions polaires, ces glaces de fond soulèvent fréquemment de grosses pierres arrachées des écueils. Ce sont ces glaçons qui s'unissent pour former les banquises. »

Mais les glaces ne peuvent durer toujours dans nos climats tempérés. Le froid n'immobilise pas longtemps les flots de la mer, pas plus qu'il n'arrête le courant des rivières. Le dégel arrive, la neige fond, la rivière monte et soulève l'immense masse de glace. Des craquements épouvantables se font entendre; les fragments qu'avait soudés la gelée se séparent et reprennent leur course un moment interrompue : c'est la débâcle. Le fleuve devenu torrent précipite sa course, les glaçons arrêtés par les obstacles s'amoncellent et renversent tout sur leur passage. Les ponts sont emportés, les chaussées détruites, les plaines submergées. Nulle puissance ne peut arrêter le fléau, et l'homme assiste, impuissant, à la ruine de tous ses travaux.

Toutes les chroniques sont remplies des désastreux effets produits par les débâcles. Nous en examinerons plusieurs par la suite; commençons dès maintenant à en citer quelques-unes.

En 822, la débâcle produisit de grands dégâts dans les métairies situées sur les bords du Rhin. En 1234, la débâcle des fleuves amena en Allemagne la rupture des ponts et la chute de nombre de maisons, de murailles et d'arbres. En 1236, les ponts de Saumur et de Tours furent rompus par la débâcle des glaces. En 1307, lors de la débâcle, l'impétuosité des glaces



Au milieu des glaçons.

fut telle que les ponts, les moulins et les maisons voisines des rivières s'écroulèrent. A Paris, au port de la Grève, un grand nombre de bateaux marchands s'abîmèrent avec les personnes et les approvisionnements qu'ils contenaient.

Lisons le récit de la débâcle de la Seine en 1408, par Félibien : « Des glaçons d'une grandeur énorme, se détachant tout

à coup, le 30 du mois de janvier, allèrent heurter avec impétuosité les deux petits ponts, l'un de bois, joignant le petit Chastelet, l'autre de pierre, appelé le pont Neuf, aujourd'hui Saint-Michel, qui avoit été fait depuis quelques années. Tous les deux furent abattus par les glaçons le 31, et renversés dans la rivière avec les maisons qui étoient dessus, où logeoient quantité de marchands et d'ouvriers de toutes sortes, comme teinturiers, écrivains, barbiers, cousturiers, éperonniers, fourbisseurs, frippiers, tapissiers, brodeurs, luttiers, libraires, chaussetiers. Mais il n'y périt personne, parce que l'accident arriva de jour, depuis sept à huit heures du matin jusqu'à une ou deux heures après midi..... Au-dessus du grand pont il y avoit des moulins qui appartenoient à l'évesque de Paris; ils furent brisés et abîmés par les glaçons; et le grand pont même fut si ébranlé qu'on vit trébucher quelques maisons de changeurs qui étoient dessus. » En 1616, ce pont Saint-Michel fut encore renversé; il y eut des accidents palpitants. C'est encore à Félibien que nous emprunterons ce récit : « Le roi étoit en marche de Bordeaux à Paris dans le fort de l'hiver. Une partie de sa suite périt de froid et de fatigue par les chemins. On compta que du seul régiment des gardes, qui étoit de trois mille hommes, il en mourut plus de mille. A Paris, le dégel qui survint après une gelée extrême emporta, par la violence des glaces, le côté du pont Saint-Michel qui regardoit le petit pont, avec perte de quantité de richesses, la nuit du 29 au 30 janvier. Mais il n'y eut qu'une seule personne noyée. Le pont au Change reçut aussi une telle secousse que plusieurs maisons du côté du pont Notre-Dame en furent renversées dans l'eau. Un enfant qui se trouva enseveli dans les ruines fut préservé d'une manière tout à fait singulière. Deux poutres se croisèrent comme pour le garder. Un chien, qui se trouva enfermé avec lui, jappoit si fort, qu'on décombra le lieu pour le délivrer. Le chien sortit, mais, voyant qu'on laissoit l'enfant, il rentra sous les masures et ne cessa de japper jusqu'à

ce qu'on vînt délivrer l'enfant, que l'on trouva sain et entier.»

En 1658, il se produisit des faits analogues à Paris; plusieurs personnes périrent. En 1768, il y eut encore à Paris une débâcle très pénible dont le récit nous a été conservé par Déparcieux, qui avait été chargé par l'Académie des sciences de l'étudier de près. Il examine scientifiquement cette débâcle dans ses moindres détails. Il montre que les désastres causés dans les villes par la rupture des glaces sont dus presque entièrement aux ponts et aux établissements flottants qui s'opposent à leur écoulement. En 1768, l'accumulation fut telle que le courant en fut presque intercepté, et qu'il en résulta dans le cours supérieur de la Seine une inondation considérable. « Les glaçons arrivant en foule, et plus vite qu'ils ne pouvoient passer par les ponts, les derniers poussoient les premiers de côté et d'autre en avançant toujours; ils cassoient les câbles, entraînoient les bâteaux, grands et petits, et les poussoient contre les maisons ou contre les quais, les faisoient entrer les uns dans les autres, les flancs des plus foibles cédant aux plus forts. La Samaritaine fut garantie, comme la pompe du pont Notre-Dame, par trois bateaux de blanchisseuses et autant de moulins que les glaçons poussèrent sur les bateaux devant l'arche de cette machine; trois bateaux et deux moulins y ont péri; on ne les a enlevés que pièce à pièce. »

Puis il raconte des épisodes de la débâcle, épisodes dont il a été le témoin : « Il y eut en cet endroit, peu après le commencement de la débâcle, un spectacle bien triste et bien effrayant; je ne puis me le rappeler sans frémir. Deux filles se trouvèrent entraînées dans un bateau de blanchisseuses tout fracassé, qui, heureusement pour elles, vint se loger dans l'arche de la Samaritaine, non loin d'un moulin qui venoit d'être coulé à fond; et leur bateau étoit prêt à en faire autant. Les glaçons entassés, les moulins et les bateaux brisés en cet endroit, ne leur permettoient aucun passage; elles croyoient être à leur dernier moment, lorsque quelques personnes secourables leur descen-

dirent une corde de dessus le parapet; l'une des deux, celle à qui j'ai parlé, s'en saisit, la passe sous ses aisselles, la noue elle-même, et on l'enlève; mais telle fut sa frayeur que, le nœud se resserrant lui fit croire que la corde cassoit, elle arriva évanouie en haut; on secourut ensuite l'autre. Un charbonnier, au même endroit, ne fut pas aussi heureux; il tomba entre un bateau et des glaçons, et disparut. Il y eut à déplorer bien d'autres malheurs. La rivière étoit si haute qu'elle porta un train de grosses pièces de charpente destinées pour la marine dans un jardin de Bercy, en faisant marcher le parapet devant le train de bois. Cette eau porta et répandit une quantité prodigieuse de glaçons dans les plaines d'Ivry, de Maisons, de Choisy, de Villeneuve-Saint-Georges, qui ont été autant de moins pour le passage dans Paris. L'eau entra dans le faubourg Saint-Antoine par la rue Traversière, qui fut remplie de glaçons jusqu'au delà de la rue de Charenton. »

La plupart des malheurs des débâcles sont dus à l'embarras des glaces. Il est fort probable que presque tous les dégâts dont parle l'histoire de Paris ont été causés par des accumulations semblables à celle que nous venons de décrire.

Déparcieux se demande, dans la seconde partie de son mémoire, s'il n'y aurait pas moyen d'empêcher les désastres. D'après lui, il n'y a qu'à mettre obstacle à la congélation de la rivière dans la ville, et il propose des procédés qu'il croit efficaces pour arriver à ce résultat.

Il montre très nettement les causes qui déterminent la prise si fréquente de la rivière dans Paris. Les glaces flottantes, qui arrivent librement, rencontrent sur leur passage à travers la ville de nombreux obstacles qu'on ne peut songer à supprimer. Elles s'accumulent, se soudent, s'arrêtent complètement. On n'a d'autre moyen d'empêcher la prise des eaux de la ville que celui d'arrêter les glaces avant leur arrivée, en déterminant au-dessus une congélation complète. Cette congélation lui semble facile à produire.

Il propose de tendre, au-dessus du confluent de la Seine et de la Marne, dans chacune des deux rivières, immédiatement au-dessus du niveau de l'eau, une chaîne flottante faite avec de forts madriers de sapin. Cette chaîne, tendue quand la température fait prévoir que la Seine va charrier, arrêtera les glaçons. Ils se souderont les uns aux autres au-dessus du barrage et détermineront la prise totale de la rivière à partir de la chaîne. Il établit que cette chaîne n'aura pas à supporter une poussée bien considérable, et qu'il sera facile de la faire assez résistante. De cette manière, les glaçons flottants n'arriveront pas dans la ville, et, pour empêcher la rivière de s'y arrêter, il suffira de casser une fois par jour la glace sur les bords et autour des bateaux. On maintiendra ainsi toujours libre la rivière dans Paris, et il en résultera beaucoup d'avantages.

D'abord, on pourra mettre les bateaux à l'abri, de manière à ce que, au moment de la débâcle, ils ne soient pas ruinés et ne nuisent pas à l'écoulement des glaces. De plus, au dégel, les glaces de la Seine arrivant en grand nombre n'éprouveront aucun obstacle à leur écoulement, la traversée de Paris se trouvant libre, et elles passeront sans causer de dommage. On n'en peut douter quand on remarque que la débâcle de la Marne, qui se produit toujours alors que la Seine est libre dans Paris, n'y cause jamais aucun accident.

Ce moyen indiqué par Déparcieux ne semble pas avoir été essayé; car, dans les grands hivers qui suivent celui de 1768, nous voyons la rivière se congeler dans Paris comme par le passé. Il méritait cependant un meilleur sort et aurait sans doute donné de bons résultats.

Le moyen employé de nos jours, dont nous parlerons à propos de l'hiver de 1879-1880, est beaucoup moins rationnel, et ne donne que de bien petits résultats.

CHAPITRE V

EFFETS DIVERS DU FROID.

Quelques effets de la gelée nous ont échappé dans les chapitres précédents : nous allons les énumérer rapidement, en quelques mots. Il s'agit encore de la congélation de l'eau et de divers liquides, mais produite dans des conditions toutes spéciales.

L'eau des puits est le plus ordinairement préservée de la gelée. Enfoncée de plusieurs mètres au-dessous du sol, ne communiquant avec l'extérieur que par une étroite ouverture, elle ne peut guère se refroidir. Elle y arrive cependant quelquefois, et peut-être la congélation dans les puits un peu profonds est-elle un des signes les plus caractéristiques de la rigueur du froid, un des effets les plus rares. Arago, dans sa notice, cite avec soin les rares cas de congélation de l'eau des puits.

Déparcieux, dans le mémoire dont nous avons déjà donné de longs extraits, cite plusieurs exemples dignes d'intérêt. Il remarque que, en l'hiver 1767-1768, beaucoup de puits se gelèrent, qui étaient restés entièrement liquides en 1709, terrible hiver cependant, et bien plus froid que celui de 1768. Il rapporte d'abord l'observation de Duhamel : dans un puits situé à Ascou, près de Denainvilliers, ayant 50 pieds de profondeur, 6 pieds de diamètre à la margelle, et 11 pieds dans le bas, il gela à un demi-centimètre d'épaisseur. Beaucoup d'autres puits du voisinage, moins profonds, avaient gelé beaucoup plus fortement.

Il cite encore un grand nombre de puits qui, au dire des vieillards, n'avaient pas été gelés en 1709 et qui le furent alors. A Montmorency chez le père Cotte, à Alais en Lan-

guedoc, à Ménars chez M. le marquis de Marigny, on eut des glaces fort épaisses au fond des puits.

Fréquemment les liquides qui ne se gèlent pas d'ordinaire, encre, vinaigre, verjus, vin, ont été gelés dans les grands hivers. En 860, le vin gela dans les vases qui le contenaient; de même en 1133. En 1216, le vin, dans les caves, faisait en se solidifiant éclater les tonneaux. Nous verrons qu'en 1408 l'encre se gelait dans l'encrier du greffier du Parlement, qu'en 1422 le vinaigre et le verjus gelaient dans les caves.

En 1468, le vin exposé au dehors fut entièrement solidifié. On lit, en effet, dans Philippe de Comynes : « Par trois fois fut départy le vin qu'on donnoit chez le duc de Bourgogne, pour les gens qui en demandoient, à coups de coignée, car il étoit gelé dedans les pipes, et falloit rompre le glaçon qui étoit entier, et en faire des pièces que les gens mettoient en un chapeau ou un panier, ainsi qu'ils vouloient. » Et il ajoute : « J'en dirois assez d'étranges choses, longues à écrire; mais la faim nous fit fuir à grande hâte après avoir séjourné huit jours. »

En 1544, « la froidure étoit si extrême qu'elle glaçoit le vin dans les muids; il le falloit couper à coups de hache, et les pièces s'en vendoient à la livre. » En 1776, les vins qui se trouvaient sur les quais de la Seine, à Paris, firent en se solidifiant éclater les tonneaux.

Remarquons que dans ces trois derniers exemples, il s'agit de vin exposé en plein air, sans abri; les congélations dans les caves, assez fréquentes, ne sont jamais aussi complètes. Les caves mal construites, trop librement exposées aux courants d'air, sont les seules qui laissent entrer le froid.

Les pierres elles-mêmes ne sont pas à l'abri de la gelée. Celles qui, plus particulièrement poreuses, se laissent pénétrer par l'eau, sont surtout exposées. La congélation de l'eau qu'elles renferment, et son augmentation de volume, déterminent la rupture de la pierre. Si l'hiver est rigoureux, si de plus la pierre est humide dans tout son volume, elle peut être brisée entièrement,

quelquefois même avec bruit. Mais le plus souvent, dans les hivers ordinaires, c'est seulement la surface qui est gelée, et il s'en sépare de petites lamelles qui tombent, et la pierre s'en va à la longue en petits fragments. Les pierres qui sont sujettes à ce morcellement par le froid sont dites gélives. L'action du froid sur les pierres, et en général sur presque toutes les roches qui constituent l'écorce terrestre, a une grande importance, car elle est une des causes principales de la formation de la terre végétale.

Nous voici maintenant arrivés au terme de la première partie de cette étude. Nous connaissons tous les phénomènes qui se produisent dans les hivers rigoureux, et qui peuvent servir à les caractériser. Il est bon de les réunir en quelques lignes.

Ces phénomènes peuvent se diviser en trois catégories :

1° Action sur les hommes et les animaux. Le froid détermine les congélations partielles ou totales, la mort par axphyxie, des épidémies consécutives si désastreuses qu'elles ont quelquefois privé des régions entières de la presque totalité de leurs bestiaux et d'une très notable partie de leurs habitants;

2° L'action destructive sur les plantes, la plus triste des conséquences du froid, parce qu'à la perte de la récolte succèdent les plus épouvantables famines, à la nourriture insuffisante les plus terribles épidémies;

3° L'action sur la nature minérale : congélation des divers liquides, et notamment de l'eau, des mers, des fleuves, suivie de débâcles violentes. Le spectacle des débâcles, spectacle grandiose et terrible, est bien fait pour frapper l'imagination et remplir les âmes de terreur; mais les conséquences qui en résultent sont infiniment moins graves que les précédentes.

Nous allons maintenant voir ces phénomènes en action. Nous les considérerons d'abord en permanence dans les régions voisines des pôles, là où règne un hiver plus remarquable encore par sa durée que par sa rigueur; puis dans l'Europe centrale, notamment dans la France, pendant les hivers les plus rigoureux dont l'histoire nous ait conservé le souvenir.

LIVRE II

LES REGIONS DES GRANDS FROIDS.

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION DES RÉGIONS POLAIRES.

Sur presque toute la surface de la terre on voit les étés succéder aux hivers. Après les froids, dont les effets sont parfois si terribles, arrive le dégel, et la terre semble faire une provision de chaleur qui lui permettra de lutter contre la rigueur de la mauvaise saison suivante.

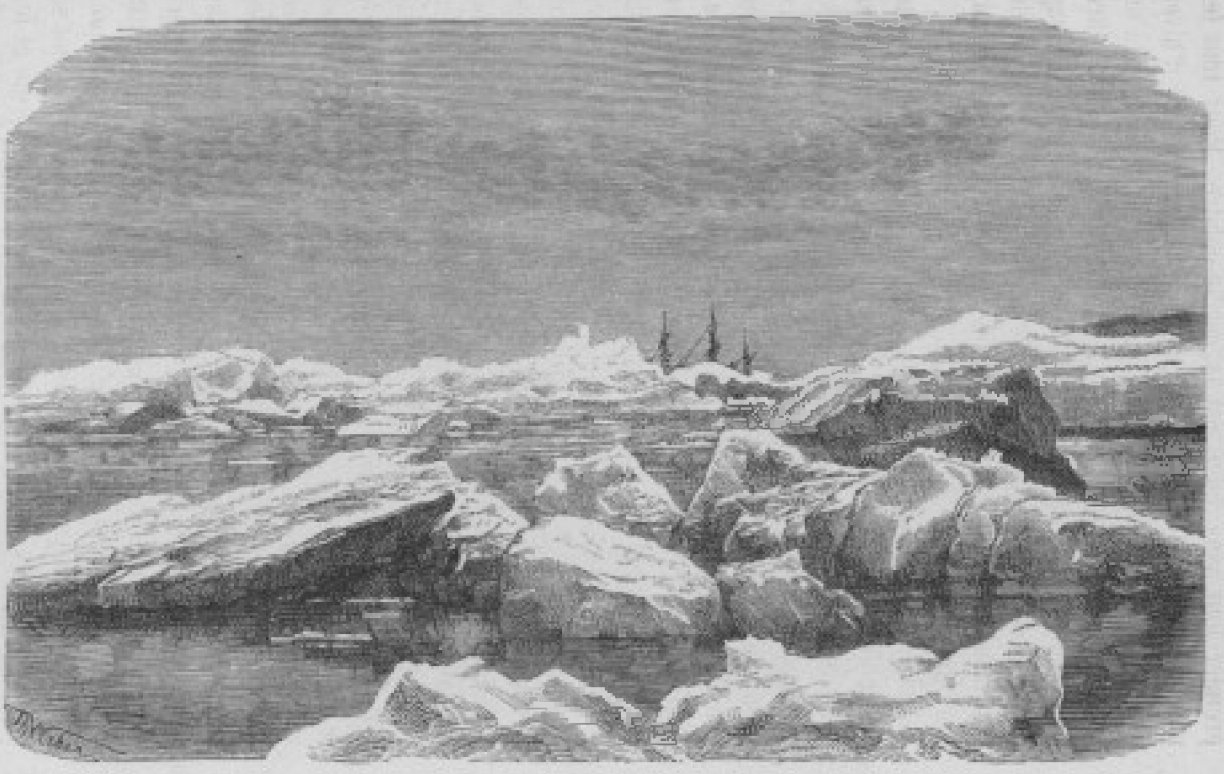
Mais il est des régions tristement partagées qui n'ont pas ce temps de repos. L'été n'y dure que quelques semaines, quelques jours même, et quel été ! Ce sont ces hivers perpétuels, aussi tristes par leur prolongation que par leur extrême froidure, dont nous allons donner d'abord un rapide tableau.

A mesure que l'on s'éloigne de l'équateur pour marcher vers le pôle, on sent la chaleur diminuer rapidement. Les rayons du soleil, plus obliques, ne font que raser la terre et ne l'échauffent plus. De plus, à mesure qu'il s'élève moins, le soleil devient plus irrégulier dans sa course, les jours d'hiver deviennent plus courts, les nuits plus longues. Dans le voisinage du pôle, à l'époque du solstice d'hiver, le soleil reste vingt-quatre heures sans se montrer à l'horizon. Le parallèle sur lequel on voit ce

premier jour sans soleil est le cercle polaire. Pour tous les points situés au delà du cercle polaire on a, au solstice d'hiver une nuit de plus de vingt-quatre heures, au solstice d'été un jour de plus de vingt-quatre heures. Et la durée de cette sombre nuit augmente à mesure qu'on marche vers le pôle. Au cap Nord, le soleil reste pendant deux grands mois au-dessous de l'horizon ; au Spitzberg, la nuit est de cent jours ; au pôle, enfin, un jour de six mois succède à une nuit de même durée.

Cette étrange succession des nuits et des jours n'est pas une des moindres curiosités de ces si rudes climat ; et le voyageur qui y arrive en souffre cruellement. D'après les navigateurs, l'absence prolongée du soleil, que vient remplacer presque constamment la lueur fantastique des aurores boréales, est moins pénible à supporter que l'effroyable monotonie d'un jour sans fin.

C'est dans ces régions que nous allons rencontrer un hiver presque perpétuel. « Là, nous sommes arrivés aux limites de la terre habitée, à ces déserts glacés que les pêcheurs de phoques et de morses fréquentent seuls, et qui ne sont peuplés que par quelques tribus d'Esquimaux. Groupées autour des pôles, ces régions représentent deux calottes sphériques dont la septentrionale seule a été explorée. Elle comprend le Spitzberg, la Nouvelle-Zemble, le nord de la Sibérie, la partie de la Nouvelle-Bretagne qui confine à l'océan Glacial, la terre de Baffin, le nord du Groenland et les îles de la mer Polaire comprises sous la dénomination de *terres arctiques*. Rien ne peut peindre l'aspect sinistre de ces solitudes. L'œil n'y rencontre que des mers immobiles, que des glaciers surplombant d'immenses champs de neige à la surface desquels se dressent des rochers nus et dépouillés où se dessine de loin en loin la silhouette d'un renne ou d'un ours blanc. Les rayons d'un soleil oblique, traversant avec peine un épais rideau de brume, viennent se réfléchir sur ces grandes surfaces d'un blanc uniforme et les éclairent d'un jour douteux. Cette lueur monotone remplit le ciel pendant le cours d'un long été sans nuits, et disparaît en-



Les déserts glacés du pôle.

suite pour faire place pendant plusieurs mois à la clarté blafarde de la lune, à l'éclat des aurores boréales. »

Au pôle austral, moins connu, on rencontre moins de terres, avec un climat plus froid encore. Au delà du cercle polaire austral, les glaces s'opposent presque complètement au passage des navigateurs, tandis que, dans le Nord, les baleiniers vont souvent jusqu'au Spitzberg, bien plus rapproché du pôle. Cook, en 1773 et 1774, fit le tour de la terre dans le voisinage du cercle polaire antarctique. Des glaces continues ne lui permirent guère de dépasser le parallèle de 71 degrés. « L'horreur des solitudes australes jusque-là si inconnues, la rigueur excessive du climat, les montagnes de glaces aux formes et aux dimensions colossales, les hautes et longues falaises recouvertes d'un épais manteau de neige, la mer semée de débris qui s'agitent et se heurtent sans repos, frappèrent fortement la vive imagination de Cook. » Les îles ou continents de ces régions presque complètement inconnues, et pour sûr sans habitants, ne peuvent guère nous fournir de données pour notre étude; revenons donc au pôle boréal. — Il a été assez exploré et assez décrit pour que nous puissions en donner un tableau.

Là, tout est sous la glace, tout est sous la neige. Sur les côtes de la Sibérie, de la Laponie, de la Nouvelle-Bretagne, de l'Amérique russe jusqu'au Kamtschatka, tout est solide pendant la plus grande partie de l'année. Sur terre comme sur mer, on ne voit que de l'eau solidifiée. Des froids terribles semblent rendre le séjour de ces contrées absolument impossible. Et pourtant que de voyageurs y ont passé de longs hivers! Sir John Ross n'a pas pu les quitter pendant quatre ans. Entre le 70e et le 74e degré de latitude, il a observé une température moyenne de — 14 degrés. En toute saison il a eu des gelées : la température la plus basse a été de — 49 degrés, la plus élevée de + 10 degrés. Le mois le plus froid, celui de janvier, avait une température moyenne de — 34 degrés.

Dans de si froides contrées, il y a même des habitants qui n'émigrent jamais. « On peut juger, dit Reclus, du climat de la Laponie par la langue des Lapons, qui contient 20 noms pour désigner la glace, 11 pour le froid, 41 pour la neige et ses composés, 26 verbes pour indiquer les phénomènes du gel et du dégel. »

On ne connaît pas la température du pôle, puisque jamais on n'y a pénétré; mais on a noté, dans les régions voisines, des froids plus intenses encore que ceux rapportés par Ross. « Le temps est, de plus, d'une inconstance remarquable dans les régions polaires : on voit succéder à un calme plat des coups de vent aussi brusques que violents. Tous les navigateurs parlent de ces bourrasques qui disloquent les montagnes de glace et menacent d'engloutir les navires sous leurs débris. En quelques heures, le ciel jusque-là serein se couvre de nuages, et quand la température s'élève, l'atmosphère est obscurcie par des brumes tellement épaisses qu'on ne distingue pas les objets à quelques pas devant soi. »

Les caractères de ce rude climat ne s'arrêtent pas brusquement au cercle polaire, et bien des régions plus proches de l'équateur ne sont pas beaucoup mieux partagées. Les grands fleuves de la Sibérie, comme la Léna, ne peuvent servir à la navigation dans leur partie basse, car ils sont congelés pendant la moitié de l'année, et ils baignent des contrées incultes, presque désertes, périodiquement désolées par de terribles inondations.

Ces tristes régions ne sont pas cependant complètement privées d'un été relatif. Quand il arrive, les glaces commencent à fondre, se disloquent; c'est la débâcle, débâcle formidable comme les glaces qui la produisent. Les champs de glace du pôle arctique se brisent, et leurs débris s'en vont à la dérive. Des montagnes de glace, provenant de la chute des glaciers du Spitzberg dans l'Océan, se détachent de la masse avec le bruit du tonnerre et deviennent errantes. On les nomme des

icebergs : leurs dimensions sont colossales. Élisée Reclus nous en donne une saisissante description : « Au large des côtes rocheuses du Groenland, du Labrador, du Spitzberg, les glaçons s'unissent pour former les banquises. Elles ont parfois une superficie de centaines de milliers de kilomètres carrés, ou même constituent de véritables continents. Que de fois les explorateurs des mers arctiques ont en vain tenté de trouver un passage à travers ces barrières, et sont restés emprisonnés dans la masse solide, après s'être aventurés dans quelque baie trompeuse de la banquise! Les montagnes de glace détachées des glaciers ont aussi des dimensions colossales, 120 mètres au-dessus de l'eau, 1000 au-dessous. Hayes compare au colosse de Rhodes un des blocs qu'il rencontra; un large détroit coulait entre ses deux piliers. John Ross a rencontré dans la baie de Baffin plusieurs blocs échoués à une profondeur de 475 mètres. Quant aux fragments de banquises, on en a rencontré qui n'avaient pas moins de 100 à 150 kilomètres dans tous les sens, et qui devaient peser jusqu'à 18 milliards de tonnes. »

Malheur au vaisseau qui est pris entre ces blocs énormes, il est broyé et disparaît. Le *Tegetthoff*, emprisonné dans les glaces polaires en 1873, fut le témoin de ces luttes grandioses des éléments au moment de la débâcle. Son équipage n'échappa que par miracle à une mort qu'il croyait certaine. Nous empruntons la description du phénomène à la relation du *Tour du monde :* « Ce n'est qu'au moyen de l'ouïe qu'on peut se rendre compte de l'épouvantable conflit des éléments autour de soi, car on est dans une nuit profonde que nulle lanterne ne saurait éclairer. Les fracas de la glace comprimée, dont les blocs se heurtent et se brisent les uns contre les autres, ont augmenté sensiblement de sonorité à mesure que le froid s'est accru. A l'automne, alors que les plaines du *Pack* ne formaient pas encore des entablements aussi énormes et aussi puissamment soudés, les convulsions étaient accompagnées de bruits

graves et sourds; à présent, ce sont de véritables hurlements de rage; oui, aucun mot ne saurait rendre la nature de ce vacarme. L'horrible grondement se rapproche de plus en plus; on dirait des centaines de chariots qui roulent sur un sol très raviné. En même temps, l'intensité de la pression s'accroît; déjà la glace commence à trembler immédiatement au-dessous de nous, et à gémir sur tous les modes imaginables. C'est d'abord comme le sifflement de mille flèches; c'est ensuite un espèce de concert furieux où les voix les plus aiguës glapissent mêlées aux plus graves; le mugissement devient de plus en plus sauvage; la glace, tout autour du navire, se rompt en fêlures concentriques, et ses fragments fracassés roulent les uns sur les autres.

» Un rythme particulier, marqué d'effrayantes saccades, indique le point culminant de la pression. L'oreille épie avec angoisse cette modulation bien connue. Ensuite survient un craquement; quelques raies noires strient la neige au hasard; ce sont de nouvelles crevasses qui ouvrent, un instant après, tout à côté de nous, des abîmes béants. C'est souvent aussi le dernier effort du phénomène. Les hautes agglomérations s'agitent en grondant et s'écroulent, pareilles à une ville qui tombe en ruine. On entend encore, par intervalles, quelques murmures, puis tout semble rentré dans le repos. Hélas! ce n'est que le commencement. »

L'immense couronne de glace que l'on rencontre à chaque extrémité de la terre se continue-t-elle jusqu'au pôle? Presque tous les navigateurs répondent que non. Ils croient à l'existence d'une mer libre, à température relativement élevée, séparée de notre océan par des glaces, des îles, des continents, que personne encore n'est parvenu à franchir. Cependant, le savant explorateur suédois Nordenskiold, qui vient de traverser si glorieusement tout l'océan Glacial, de Sibérie jusqu'au détroit de Behring, ne partage pas l'opinion générale. Après s'être approché du pôle jusqu'à une distance de 800 kilo-

mètres, plus près que tout autre navigateur, il déclare que l'existence d'une mer libre arctique est une chimère.

Les terres enveloppées de glace, qui se joignent à l'Océan solidifié pour arrêter les explorateurs les plus intrépides, présentent un spectacle plus triste encore que celui des icebergs et des banquises. Dans l'intérieur de ces îles souvent immenses, où n'arrive plus aucune dérivation du Gulf-Stream, la température est plus basse encore que sur les glaces flottantes; il gèle en toute saison, et presque aucune végétation ne vient annoncer le retour d'un été sans chaleur. Aucune peuplade ne peut habiter à ces latitudes extrêmes, car l'homme n'y trouverait ni bois pour se chauffer, ni plantes pour aider à sa subsistance, et les animaux trop rares ne lui fourniraient qu'une existence bien précaire.

Chose surprenante pourtant, ces horribles climats, avec leurs rigueurs et leurs variations continuelles, leurs glaces, leurs brouillards et leurs tempêtes, sont des plus sains, et l'homme qui y porterait de quoi vivre jouirait d'une parfaite santé. Le Spitzberg, une des terres les plus proches du pôle, complètement inhabité, est cependant d'une grande salubrité. Écoutons Élisée Reclus : « L'archipel du Spitzberg, attiédi par les courants maritimes, participe à l'adoucissement du climat de toute l'Europe occidentale. En été, le climat du Spitzberg est, sinon l'un des plus agréables de la terre, du moins l'un des plus salubres. » Les divers explorateurs ont constaté que, pendant la belle saison, rhumes, catarrhes, toux, affections de poitrine, sont inconnus des équipages qui y séjournent. « Le Spitzberg devrait être recommandé par les médecins comme un excellent séjour d'été à un grand nombre de malades. Peut-être que, dans un avenir prochain, des hôtels pareils à ceux des sommets alpins seront érigés au bord des criques du Spitzberg, pour l'accommodation des chasseurs et des malades venus de l'Angleterre et du continent. Toutefois, ce climat salubre

reste froid, inégal, changeant. Jamais le ciel n'est serein pendant une journée entière. »

Le Spitzberg, presque en son entier, est recouvert de glaciers et de neiges; la neige y tombe à toutes les époques de l'année. Souvent le froid est tel que le mercure se congèle à l'air. C'est surtout pendant l'immense jour de quatre mois, par un temps relativement calme, que se produisent les températures les plus basses. L'inégalité du climat est telle que, pendant le mois de janvier, qui est le plus froid, la température s'élève quelquefois au-dessus du point de glace. Un été très court, de quelques semaines, pendant lequel la neige tombe souvent, présente une température moyenne plus basse que celle du mois de janvier de nos climats.

Les récits des voyageurs vont nous éclairer davantage sur les grands froids de ces tristes régions.

CHAPITRE II

VOYAGES DANS LES RÉGIONS POLAIRES.

Dès le commencement du dix-huitième siècle, les voyageurs constatèrent et mesurèrent les froids intenses de la Sibérie, le plus froid des pays du monde. Quoique sous la même latitude que la Norvège et que la Laponie, elle a à supporter des hivers bien plus rigoureux encore, plus rigoureux même que ceux du Spitzberg et du Groenland. Ils y durent de neuf à dix mois, et la neige, qui apparaît d'habitude en septembre, tombe encore fréquemment en mai. Ce pays, cependant, n'est pas dépourvu de végétation, grâce aux chaleurs d'un été très court mais très chaud. Telles sont, en effet, les variations de ce climat, qu'à Iaktusk, le pays le plus froid du monde en hiver, les Tunguses peuvent aller nus en été.

En 1749, Delisle, étant à Saint-Pétersbourg, envoya en Sibérie un certain nombre de thermomètres, pour que la température y fût observée exactement. Lui-même avait supporté à Saint-Pétersbourg une température de — 34 degrés centigrades. « Il était impossible, dit-il, de rester exposé à ce froid le visage découvert pendant une demi-minute; la respiration y aurait pu manquer si l'on y fût resté plus longtemps; ce n'était qu'au travers des vitres de la fenêtre d'une chambre chauffée que l'on pouvait regarder mes thermomètres; personne ne pouvait impunément s'exposer à sortir des maisons, quelque couvert qu'il fût de bonnes fourrures. » La souffrance que faisait endurer le froid devait être due probablement à un vent d'est assez fort qui soufflait ce jour-là.

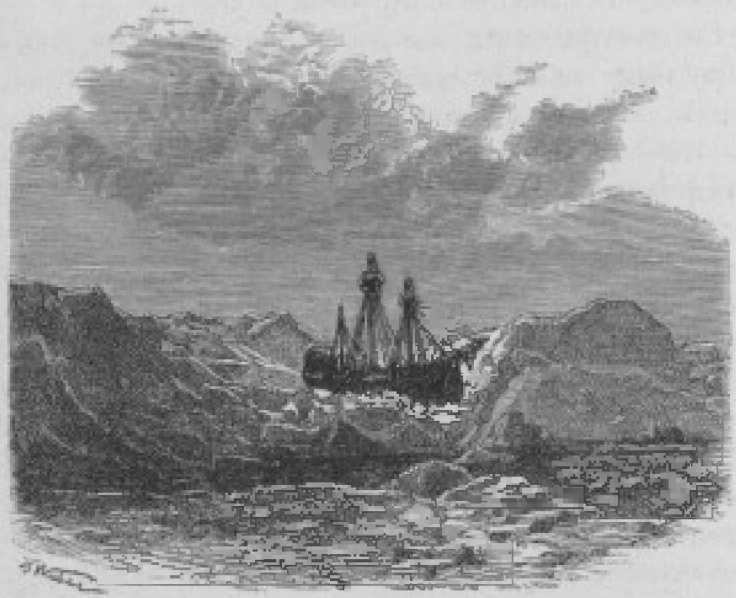
Mais cette température n'est rien en comparaison de celles

observées vers la même époque en Suède par M. de Maupertuis, et en Sibérie par des voyageurs antérieurs. M. de Maupertuis eut, en effet, à Lubin, en Suède, un froid de — 46 degrés. Il affirme que, lorsqu'on sortait par cette température, l'air semblait déchirer la poitrine. Il rapporte un effet curieux de ce froid : lorsqu'on ouvrait la porte d'une chambre chaude, l'air du dehors convertissait sur-le-champ en neige la vapeur qui s'y trouvait et formait de gros tourbillons blancs.

Des observations plus anciennes montrent que, dès le seizième siècle, on connaissait en Europe le froid intense de la Sibérie. Nous avons vu que le capitaine Hugues Willoughby, étant allé chercher, vers 1553, le chemin de la Chine par la mer septentrionale, fut arrêté par les glaces dans un port de la Laponie nommé Arzina, où il fut trouvé mort avec tout son monde l'année suivante. « Les Hollandais qui, étant allés de même chercher le chemin de la Chine par la mer Glaciale, furent obligés d'hiverner à la côte orientale de la Nouvelle-Zemble, l'an 1596, sous la latitude de 76 degrés, ne purent se garantir du froid qui les aurait tous fait mourir, qu'en s'enfermant dans une cabane qu'ils avaient construite avec des bois que les glaces avaient par bonheur entraînés, et par le moyen d'un feu continuel qu'ils entretenaient, tant avec ce bois qu'avec de la houille qu'ils avaient apportée de Hollande ; même avec ce secours, ils eurent bien de la peine à s'empêcher d'avoir les pieds gelés auprès du feu : leur cabane, quoique presque ensevelie sous la neige, et sans aucune issue pour la fumée afin de mieux conserver la chaleur du feu, était cependant en dedans couverte de glace de l'épaisseur d'un doigt; leurs habits et fourrures étaient aussi couverts de glace; le vin sec de Xérès était devenu par la gelée, dans la même cabane, aussi dur que le marbre et se distribuait par morceaux. Ils ne parlent point d'eau-de-vie, ni d'autres liqueurs plus fortes, n'en ayant peut-être pas alors. »

Le capitaine Middleton, dans l'habitation des Anglais à la

baie d'Hudson, fut placé à peu près dans les mêmes conditions, quoique à une latitude de moins de 58 degrés. « Quoique, dit-il, les maisons dans lesquelles on est obligé de s'enfermer pendant cinq à six mois de l'année soient de pierre, dont les murs ont deux pieds d'épaisseur; quoique les fenêtres soient fort étroites et garnies de planches fort épaisses, et que l'on ferme



Pris dans les glaces.

pendant dix-huit heures tous les jours; quoique l'on fasse dans ces chambres un très grand feu quatre fois par jour dans de grands poêles faits exprès, et que l'on ferme bien les cheminées lorsque le bois est consommé, et qu'il ne reste plus que de la braise ardente afin de mieux conserver la chaleur; cependant tout l'intérieur des chambres et les lits se couvrent de glace de l'épaisseur de trois pouces, que l'on est obligé d'ôter tous les jours. L'on ne s'éclaire dans ces longues nuits

qu'avec des boulets de fer de vingt-quatre, rougis au feu et suspendus devant les fenêtres; toutes les liqueurs gèlent dans ces appartements, et même l'eau-de-vie dans les plus petites chambres, quoique l'on y fasse continuellement un grand feu. Ceux qui se hasardent à l'air extérieur, quoique couverts de doubles et triples habillements et fourrures, non seulement autour du corps mais encore autour de la tête, du cou, des pieds et des mains, se trouvent d'abord engourdis par le froid et ne peuvent rentrer dans les lieux chauds, que la peau de leur visage et de leurs mains ne s'enlève et qu'ils n'aient quelquefois les doigts des pieds gelés. »

Hansteen a rapporté de son séjour en Sibérie des observations pleines d'intérêt sur le froid qui y règne. Le ciel y est presque toujours pur, et l'absence complète de vent permet de sortir par des températures extrêmement basses. Le calme de l'air est le plus souvent tel que la chandelle avec laquelle ils allaient faire dehors leurs observations ne vacillait même pas. Voyons les expressions mêmes du voyageur : « Dans cette région l'air est toujours tranquille, et sa sécheresse fait que l'on y souffre moins à — 37 degrés qu'en Norvège à — 19 degrés. Le nez et les oreilles sont les parties les plus exposées à l'effet du froid, et il arrivait souvent que pendant mes observations mon domestique me prévenait que mon nez était déjà tout blanc et requérait une prompte friction. »

Mais si, par des froids qui souvent dépassaient — 40 degrés, on pouvait sortir, il n'était guère possible de faire de grandes courses. Si, aussi couvert de fourrures que l'on fût, on voulait essayer de marcher vite, la respiration s'accélérait et l'on éprouvait aussitôt une grande angoisse dans les poumons. Les chevaux, pressés par le postillon, saignaient souvent par les narines : cet accident, qui se produit là-bas assez fréquemment, n'a aucune gravité et l'on n'y prend pas garde. — On était obligé de prendre des précautions constantes pour empêcher le mercure du baromètre de se congeler. Pour faire les ob-

servations, il était indispensable de ne pas toucher directement le métal avec la main nue ; on avait été obligé de garnir de peau tous les boutons des instruments : « Si l'on touche le métal avec la main nue, dit Hansteen, on sent au contact une douleur poignante, comme si c'était un charbon ardent, et il s'élève sur la peau une cloche blanche, comme au contact du fer rouge. » L'histoire rapporte des exemples d'accidents arrivés par le contact de la main et du métal par un froid trop intense. Nous en verrons un bien frappant en parlant du capitaine Parry.

La précaution recommandée par Hansteen (1829), de se frotter de temps en temps le visage et les mains avec de la neige, ne doit pas être oubliée. A Saint-Pétersbourg, par des températures de — 30 degrés, les passants s'avertissent mutuellement des dangers de congélation qu'ils courent. La tragédienne Rachel, un jour qu'elle se promenait à Saint-Pétersbourg, fut surprise d'une agression des plus vives d'un passant : il se précipita dans sa voiture, et, sans lui rien dire, car le cas était pressant, il se mit à lui frictionner vivement le nez.

Depuis Hudson (1690), les voyages de découverte au pôle Nord ont été nombreux, et tous les explorateurs eurent à lutter contre les glaces, à se préserver de froids véritablement terribles. Combien d'entre eux payèrent de leur vie leur courageux dévouement à la science ! Combien n'ont pu sortir de ces régions polaires, trop froides pour avoir des habitants ! « Quoique situées en dehors du monde habité, ces terres inhospitalières rappellent néanmoins quelques-unes des gloires les plus pures de l'humanité. Ces mers dangereuses ont été parcourues dans tous les sens par des hommes sans peur, qui ne cherchaient ni les batailles, ni la fortune, mais seulement la joie d'être utiles. »

Après Hudson, qui mourut, avec son fils, victime d'une révolte de l'équipage, arrive Behring (1741). Celui-ci, après

d'importantes découvertes, périt dans une île déserte, de fatigue et de froid. Les neiges et les glaces furent son tombeau.

En 1813, les expéditions recommencent avec Ross, Parry, Franklin... — Nous tirerons des récits de ces voyages ce qui peut nous montrer le froid prodigieux des contrées parcourues.

En 1829, Ross retrouva dans le canal du Prince-Régent le vaisseau *Fury*, qui avait été abandonné par Parry en 1825. Pendant ces quatre années, toutes les provisions avaient été parfaitement conservées par le froid. Le rôle de conservation du froid, et surtout des glaces, se retrouve souvent dans les récits, et a acquis de nos jours une importance considérable.

Dans cette Sibérie, dont nous avons déjà décrit les froids rigoureux, un pêcheur tunguse trouva, en 1779, au milieu des glaces, à l'embouchure de la Léna, un mammouth (*Elephas primigenius*) en parfait état de conservation. Cet animal était enseveli là et conservé par les glaces depuis bien des milliers d'années. Le pêcheur en prit les défenses, et les tribus voisines le dépecèrent pour nourrir leurs chiens de sa chair. On rapporte même qu'ils ne se firent pas faute d'en manger eux-mêmes. Lorsque Adam, naturaliste russe, arriva pour constater la découverte, il ne restait plus que des os auxquels adhéraient encore quelques lambeaux de peau. En 1864, un autre mammouth fut découvert dans le golfe d'Obi. Cet éléphant avait la peau couverte de longs poils rouges brunâtres. Sa tête et son cou portaient une longue crinière qui tombait jusqu'aux genoux. Sa taille était plus grande, ses défenses plus longues, que celles de nos éléphants actuels.

Mais revenons au capitaine Ross. Son navire ayant été pris dans les glaces, il dut passer six hivers de suite dans ces affreuses régions, sans en pouvoir sortir. Il en profita pour faire de nombreuses observations. Ecoutons-le lui-même : « Dans les contrées polaires, la glace est si froide qu'on ne peut la tenir dans la main ni la fondre dans sa bouche; on

souffre beaucoup de la soif; la neige, à une si basse température, l'augmente avec excès : aussi les Esquimaux aiment mieux l'endurer que de manger de la neige. En janvier nous ne pouvions faire aucune observation avec les instruments dont il était aussi impossible de toucher le métal que si c'eût été un fer rouge, tant ils glaçaient rapidement la main au contact, comme le mercure congelé. Un renard perdit la langue pour avoir mordu les barres de fer de la trappe où il fut pris. Le mercure en se congelant et se cristallisant dans la boule du thermomètre ne la brisa pas. On a chargé un fusil d'une balle de mercure gelé, et on a percé une planche de 1 pouce d'épaisseur; une balle d'huile d'amandes douces, congelée à — 40 degrés, tirée contre une planche, la fendit et rebondit à terre sans être cassée. »

On conçoit que les matelots conduits dans ces aventureuses expéditions devaient être choisis parmi les plus robustes. Sir John Ross a raconté à M. Ch. Martins qu'il éprouvait la résistance au froid des matelots en leur faisant poser un pied nu sur la glace : ceux qui ne tremblaient ni ne pâlissaient étaient choisis par lui, les autres refusés.

A la même époque, Parry explorait les mêmes régions. Il atteignit le quatre-vingt-deuxième degré de latitude. Il acquit la conviction qu'il existe une grande mer polaire libre, ouverte et sans glaces. Il eut à supporter, à l'île Melville, pendant le long séjour qu'il y fit, une température de — 48 degrés. Alexandre Fischer, chirurgien en second de l'expédition, affirme, comme Hansteen, qu'un homme bien vêtu pouvait se promener sans inconvénient à l'air libre par une température de — 46 degrés centigrades, pourvu que l'atmosphère fût parfaitement tranquille; mais il n'en était pas de même dès qu'il soufflait le plus petit vent, car alors on éprouvait sur la face une douleur cuisante, suivie bientôt d'un mal de tête insupportable. En février 1819, le mercure s'étant entièrement congelé à l'air, le capitaine Parry et ses compagnons recon-

nurent que le mercure solide est peu malléable ; il se brise sous le choc du marteau. Un jour, par un froid terrible, il fit verser du haut du mât de l'eau tiède à travers une passoire : l'eau arriva sur le pont à l'état de grêle.

Il rapporte un curieux et malheureux exemple de l'action du métal nu sur les mains par ces températures si froides. Un incendie s'étant déclaré dans la petite hutte construite sur le rivage, qui servait d'observatoire, on procéda au sauvetage des instruments. Un matelot ne prit pas le temps de mettre ses gants et transporta à bord du vaisseau un instrument de métal. En arrivant, ses mains étaient si froides que l'eau dans laquelle il les plongea fut congelée à leur contact. Il fallut lui couper les doigts.

Presque tous les compagnons de Parry perdirent quelques doigts ou les ongles.

Ross et Parry revinrent de leurs voyages, Franklin devait avoir le même sort que Behring. Perdu au milieu des glaces avec deux canots, il souffrit d'abord de la faim la plus atroce, au milieu d'une contrée déserte, couverte de neige. Il fallut vivre d'une mousse nommée tripe de roche : deux Canadiens étant morts de froid, on se partagea la semelle de leurs souliers. Lorsqu'il arriva au fort Entreprise, Franklin n'y trouva, pour toutes provisions, que des os abandonnés dans un tas d'ordures, et on en fit la soupe. Enfin arrivèrent des secours et des provisions. Les malheureux étaient sauvés.

Mais dans son troisième voyage, en 1845, Franklin fut moins heureux. Il partit avec des provisions pour sept années. Le 26 juin, il rencontra un baleinier, et depuis on ne reçut plus de ses nouvelles. En 1848 on commença à s'inquiéter de son absence, et pendant les années qui suivirent de nombreuses expéditions partirent successivement à sa recherche. Ce ne fut que plusieurs années après que des peuplades d'Esquimaux donnèrent quelques renseignements. Ils avaient vu, en 1850, une troupe de soixante hommes blancs, fort amaigris,

voyageant dans un canot. Ces malheureux firent comprendre que leurs vaisseaux avaient été détruits par les glaces et qu'ils chassaient. Plus tard les Esquimaux trouvèrent un campement où il y avait trente cadavres. L'état de ces corps montrait que ces infortunés avaient été réduits à l'horrible ressource du cannibalisme.

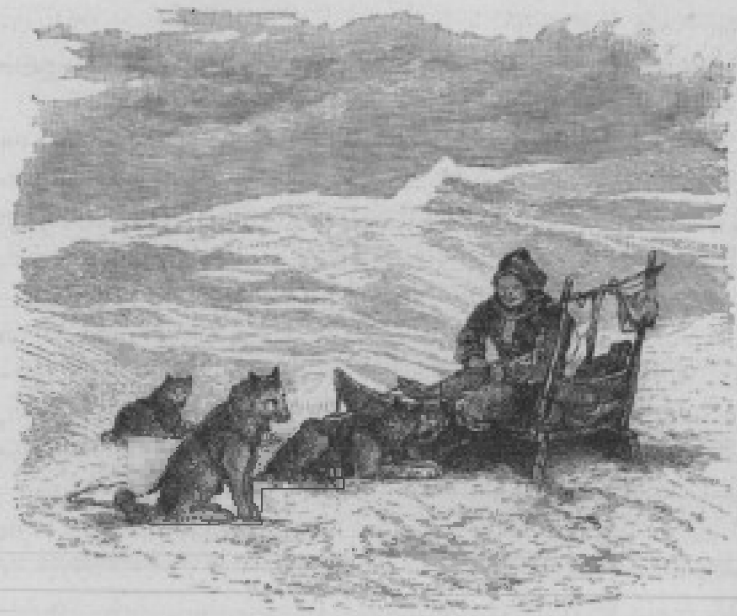
En 1852, le docteur Kane partit pour les régions polaires. Il hiverna au 78e degré de latitude : excepté au Spitzberg, qui jouit d'un climat tempéré par des courants marins, aucun navigateur n'avait encore hiverné à une aussi haute latitude. Pendant une longue nuit de presque cinq mois on éprouva des températures de — 56 degrés, ce qui n'empêcha pas de faire constamment des observations.

Le commandant américain avait l'intention de profiter des glaces de l'hiver pour faire vers le nord une expédition en traîneau ; il avait dans cette intention amené un magnifique attelage de neuf chiens de Terre-Neuve, et de trente-quatre chiens esquimaux ; mais la froidure extrême les fit presque tous périr, et il ne lui en resta que six pour ses courses. Il montra l'existence dans le Groenland de glaciers immenses, auprès desquels les glaciers des Alpes ne sont rien. Il parvint jusqu'au 83e degré de latitude.

Forcés de séjourner au milieu des glaces un hiver encore, le docteur Kane et ses compagnons eurent cruellement à souffrir malgré leur alliance avec les Esquimaux. « Enfermés dans une étroite cabine entourée de mousse, dit M. Laugel, à peine défendus contre le froid, obligés de brûler chaque jour quelque partie du navire, atteints du scorbut, osant à peine interroger l'avenir dans leurs sinistres réflexions, le docteur Kane et ses compagnons atteignirent sans doute la limite des souffrances que la nature humaine peut endurer. » Enfin, au printemps, ils prirent le parti désespéré d'abandonner leur navire, et ils arrivèrent heureusement à Uppernavik. Quelques mois après

Kane mourait, à trente-quatre ans, des suites de ses souffrances.

L'une des dernières explorations au pôle Nord est l'exploration allemande des navires *la Germania* et *la Hansa*, en 1869 et 1870. Fait assez singulier, sur la côte orientale du



Attelage de chiens.

Groenland, les voyageurs n'eurent à supporter que des températures relativement élevées, ne dépassant pas — 30 degrés. C'est que le Gulf-Stream envoie encore par là quelques dérivations. Le sort de l'équipage de la *Hansa* ne fut pas cependant pour cela moins à plaindre. Forcé d'abandonner le vaisseau qui avait été écrasé par les glaces, il resta pendant 237 jours sur un glaçon qui le portait à la dérive vers le sud. Sur cette île flottante de sept milles de circonférence on ne manqua d'a-

bord de rien. Une grande partie du chargement avait pu être embarquée. Mais à la fin, le combustible venant à manquer, on en fut réduit à tout brûler pour se chauffer, pétrole, eau-de-vie, le tabac même. Enfin, le 13 juillet, après une course en canot de deux mois, on parvint à Friedrichsthal.

Ces quelques extraits de quelques-unes des expéditions au pôle Nord nous suffisent pour connaître quelles sont les températures les plus basses observées, et quels effets elles produisent. Résumons ces températures et ces effets.

Des températures de — 40 degrés ont été observées en Amérique à la même latitude que Marseille, à Newport, Franconvay, Bangor. Plus au nord on a subi des températures bien plus basses : à l'île Melville, — 48 degrés; au fort Entreprise, — 49 degrés; au fort Reliance, — 56°.7; c'est vraisemblablement le froid le plus grand qui ait jamais été observé en Amérique. L'Europe, dans des terres beaucoup moins boréales, a vu des températures presque aussi basses : à Moscou, — 43 degrés; à Calix (Suède), — 55 degrés. Le Spitzberg est beaucoup moins froid.

Mais c'est à l'Asie, avec ses masses profondes de terre, que reviennent les températures les plus basses qui aient jamais été observées. A Iakoutsk, le 25 janvier 1829, on observa — 58 degrés. La température beaucoup plus basse encore de — 60 degrés aurait été constatée en ce même lieu le 21 janvier 1873, par un marchand russe nommé Severow. Enfin, un médecin-major, Middendorf, a affirmé y avoir noté un froid de — 63 degrés. « Alors, dit-il, le mercure devenu métal se travaille au marteau comme le plomb, le fer devient cassant, les haches se brisent comme du verre quand on veut s'en servir, le bois refuse de se laisser couper; il semble que le feu lui-même gèle, car les gaz qui l'alimentent perdent de leur chaleur. » Le fait de la congélation du mercure se produit à partir de la température de — 40 degrés dans toutes les contrées que nous venons de décrire; il faut alors nécessairement remplacer le

thermomètre à mercure par le thermomètre à alcool. C'est pour n'avoir pas pris cette précaution que Gmelin, le 16 janvier 1735, à six heures du matin, crut avoir noté une température de — 70 degrés à Ieniseisk, puis une température de — 84 degrés à Kiring. Le mercure s'était congelé dans son thermomètre, et, par la contraction produite au moment de la solidification, avait marqué une température beaucoup plus basse que la température réelle.

Mais Gmelin ne s'aperçut pas de ce qui était arrivé; Delisle, en 1736, reconnut le premier que le mercure peut se solidifier par le froid. Cependant, jusqu'en 1760, le fait resta ignoré du plus grand nombre, et fut même révoqué en doute par ceux auxquels il était raconté. C'est seulement à cette époque que divers physiciens, utilisant le froid rigoureux qu'il faisait à Saint-Pétersbourg pour obtenir à l'aide de mélanges réfrigérants des températures plus basses encore, purent solidifier artificiellement le mercure, et étudier ses nouvelles propriétés. Les savants étaient si peu préparés à cette solidification, ils la croyaient si impossible, qu'on lit dans l'*Histoire de l'Académie des sciences pour 1760:* « Quand les premiers navigateurs qui passèrent dans l'Inde dirent aux Indiens que cette liqueur qui leur paraissait si mobile, si fluide, que l'eau enfin devenait en hiver, dans les climats septentrionaux, dure et solide comme la pierre, ils les prirent pour des imposteurs; ils ne se rendirent que lorsqu'on eut trouvé le moyen de leur montrer cette eau durcie, de la glace en un mot, et de leur faire voir que rien n'était plus vrai que ce qu'ils n'avaient jamais voulu croire. Nous aurions peut-être été aussi étonnés et aussi incrédules qu'eux autrefois, si l'on nous eût dit que le mercure peut acquérir la solidité des corps durs, des métaux. »

Dans l'hiver de 1808-1809, le mercure se congela naturellement dans l'air à Moscou.

La solidification du mercure, ainsi constatée d'une manière indiscutable en 1760, fut un événement considérable, et causa

une certaine déception aux savants. C'est que, à cette époque, on n'avait pas encore perdu l'espérance de changer les métaux communs en métaux précieux, et qu'on comptait sur le mercure pour opérer la transmutation. Les savants croyaient à la possibilité de solidifier le mercure d'une manière permanente, et, suivant le degré plus ou moins parfait de sa solidification, d'en faire du plomb, de l'étain ou de l'argent. Il n'y aurait plus eu alors qu'à ajouter à ce mercure solide une nouvelle qualité, la couleur, au moyen d'une teinture convenable, pour en faire de l'or.

Aussi, lorsque l'on eut constaté que le mercure une fois solidifié redevenait liquide quand le froid disparaissait, les alchimistes sentirent crouler leurs dernières espérances.

Sur l'homme, les effets de froids si excessifs sont rapides. Toutes les parties du corps qui ne sont pas assez garanties sont vite congelées. Par un temps absolument calme, nous l'avons vu, on peut résister quelque temps, et le visage, même à découvert, peut rester exposé à l'air. C'est que dans ce cas la chaleur du sang qui réchauffe le visage n'a à lutter que contre le rayonnement; l'air froid qui le touche, ne se renouvelant que lentement, n'emporte guère de chaleur. Quand il y a du vent, il en est tout autrement, et la rapidité du refroidissement est bien plus grande. Aussi, en Sibérie, fait-on quelquefois usage de masques pour se couvrir le visage, pour préserver le nez et les oreilles.

Quand on se livre à un exercice violent, à une marche rapide, la souffrance au visage n'est pas moindre, mais il vient s'en ajouter une autre. La respiration s'accélère, la quantité d'air qui pénètre dans la poitrine augmente, et comme cet air est glacé, la chaleur du sang ne suffit plus à réchauffer les poumons; de là la souffrance intérieure.

Nous pouvons donc affirmer que par des froids de —40 degrés la vie extérieure n'est plus possible; c'est à peine si l'on peut séjourner quelques instants dehors, et encore à la con-

dition qu'on ne s'y livre à aucun exercice un peu violent. Ce n'est pas seulement le contact de l'air qui est à craindre dans ces cas, mais encore, mais surtout le contact des métaux; nous en avons rapporté plusieurs exemples. L'explication de ce fait est aisée.

Les métaux sont des corps bon conducteurs de la chaleur; si un corps chaud est placé sur une barre métallique, la chaleur se propage rapidement à partir du point de contact pour se répandre dans toute la barre; de telle sorte qu'au bout de quelques instants le corps chaud sera entièrement refroidi. La barre métallique lui aura soutiré toute sa chaleur par le point de contact pour s'échauffer elle-même. Que le corps chaud soit au contraire placé sur du bois, sur une étoffe de laine, la chaleur qui passera dans l'étoffe, ne pouvant s'y propager rapidement, car l'étoffe conduit mal la chaleur, restera au point de contact; le corps chaud se refroidira lentement.

Notre main, c'est le corps chaud. Qu'elle saisisse un morceau de bois, elle l'échauffe seulement à l'endroit touché, et ne perd elle-même que peu de chaleur. Mais si nous prenons une barre de fer, la chaleur qui sort de la main est à chaque instant disséminée dans la totalité de la masse de métal, les points de contact ne s'échauffent pas sensiblement. De là une soustraction rapide de chaleur qui occasionne une désorganisation des tissus analogue à celle que cause une brûlure. C'est ce qui nous explique aussi pourquoi, en hiver, un métal nous semble à la main beaucoup plus froid que le bois placé à côté de lui, quoique, en réalité, les deux corps soient à la même température.

CHAPITRE III

FAUNE ET FLORE DES RÉGIONS POLAIRES.

Les froides régions qui entourent les pôles ne peuvent pas être bien riches en espèces végétales et animales. Un hiver presque perpétuel, une nuit de plusieurs mois, ne permettent pas à la végétation de se développer librement; les animaux, d'autre part, plus ou moins sensibles au froid et ne trouvant pas à se nourrir, fuient ces lieux inhospitaliers.

Chaque végétal a besoin, pour commencer son développement, d'une température déterminée, et, pour l'achever, d'une certaine quantité de chaleur comptée à partir de cette température. Bien peu de plantes peuvent se contenter de la petite somme qu'offrent les régions polaires. Aussi voit-on une richesse croissante de la flore en allant des pôles à l'équateur. L'île du Spitzberg, parfaitement explorée, ne possède que quatre-vingt-dix espèces de plantes; tandis que la Sicile, d'une étendue moins considérable, en possède deux mille six cent cinquante.

Les rares plantes de la zone glaciale doivent avoir le temps, dans l'espace de quelques journées de l'été polaire, de germer, d'ouvrir leurs feuilles et de mûrir leurs fruits. Une somme de 50 à 100 degrés leur suffit.

La terre a été divisée en zones de végétation se succédant du pôle à l'équateur. La zone polaire boréale, à laquelle correspondrait une zone australe encore inconnue, comprend l'archipel Glacial de l'Amérique, le Groenland, le Spitzberg, la Sibérie du nord. Dans cette zone, pas de forêts; suivant l'expression de Linné, « les lichens, les derniers des végétaux,

y couvrent la dernière des terres. » En Islande, on ne rencontre plus de froment, les arbustes n'y sont plus que des broussailles; un mûrier solitaire, qui pousse à l'abri d'une muraille, à Akreyri, est nommé avec orgueil par les insulaires « l'arbre. » Au sud de cette zone polaire s'étend une autre zone, dite *arctique,* où se montrent les premiers arbres et les premières cultures.

Comment les animaux vivraient-ils dans un semblable milieu? Les obstacles apportés à la végétation par la rigueur et la prolongation du froid ne nuisent pas moins aux animaux. « Certains animaux, comme l'homme et le chien, peuvent supporter des températures extrêmes sans qu'il y ait danger pour leur vie, et ceux-là, nous les voyons habiter les régions polaires et les régions équatoriales; mais il en est d'autres, comme les singes, qui ne peuvent vivre dans un état parfaitement normal que sous les tropiques, et comme les rennes, qui ne trouvent que dans les régions septentrionales les conditions nécessaires à leur existence. Certaines espèces meurent quand on les arrache aux terres boréales, couvertes de glaces pendant la plus grande partie de l'année. Le campagnol que M. Martins a vu sur le Faulhorn, et certains animalcules, tels que le *Desoria nivalis* et le *Podura hiemalis*, ont les neiges ou le sol qu'elles recouvrent pour aire d'habitation. Dans les mers, la baleine franche et divers animaux de la famille des cétacés sont arrêtés par les eaux chaudes des latitudes tropicales comme par une barrière de flamme. »

Mais encore faut-il que ces animaux trouvent à se nourrir dans les régions qu'ils habitent. Dans le voisinage immédiat du pôle, sans végétation, on ne trouve sur terre que des insectes, et dans les mers couvertes de glaces qu'un très petit nombre de poissons, de mollusques et de crustacés. A ces animaux se joignent quelques carnassiers ichtyophages, ours et morses. La population marine est plus nombreuse. M. Nordenskiold, dans son dernier voyage de 1878-1879, a trouvé

dans l'océan Sibérien une abondance surprenante de la vie. Il y a découvert une faune aussi riche en individus que celle des mers tropicales, quoique la température du fond soit constamment au-dessous de zéro. Sur terre, dans les parties où la moindre rigueur des hivers permet la croissance de quelques rares végétaux, apparaissent les herbivores et les carnivores.

La Sibérie, la plus froide des régions du globe pendant l'hiver, n'est pas cependant la moins bien pourvue en végétaux, et non seulement la végétation mais même l'agriculture y sont encore possibles.

C'est que, à des hivers de neuf et dix mois, pendant lesquels la température descend à — 60 degrés, succèdent des étés courts mais brûlants, plus chauds que les nôtres, avec des chaleurs de + 35 degrés. Aussi les blés et les autres végétaux croissent, pour ainsi dire, à vue d'œil. Les plantes auxquelles la rigueur de la saison ne laisse que quelques jours d'existence ont cependant le temps de fleurir et de porter des graines. Dans le pays des Yakoutes, la végétation ne commence qu'en mai, après la fonte des neiges; mais elle se produit alors avec une telle rapidité, que trente jours après, les feuilles ont acquis leur entier développement. Dans les prairies, le foin s'élève à la hauteur d'un homme à cheval. C'est que la chaleur de l'été est aussi grande qu'est excessif le froid de l'hiver. Au Kamtschatka, le blé ne peut plus arriver à maturité, mais l'orge peut encore mûrir.

Outre les plantes annuelles, qui n'ont pas à supporter les rigueurs de l'hiver, on rencontre des plantes vivaces, mais seulement les plus robustes. Le chêne, le noisetier, le sapin de Norvège lui-même, ne tardent pas à disparaître lorsqu'on s'avance assez vers le nord. Mais, à la place de ces arbres, on rencontre d'épaisses forêts de bouleaux, d'aunes, de tilleuls, d'érables, de peupliers et d'arbres verts. Quelques belles plantes même, cachées sous les neiges pendant l'hiver, le lis des vallées, l'ellébore, l'iris et l'anémone, forment

des prairies éblouissantes de couleurs et d'une odeur suave.

Avec une pareille végétation, les animaux trouvent facilement à vivre pendant l'été : en hiver, leur vie est très difficile. Cependant les espèces animales qui y vivent à l'état sauvage sont nombreuses, et la Sibérie est une source presque inépuisable à laquelle on demande en abondance le gibier et la fourrure. Cependant plusieurs cris d'alarme ont déjà été poussés, et si les procédés employés pour la chasse ne sont pas un peu modifiés, on verra, en Sibérie comme partout, se produire la dépopulation. Là se rencontrent les martes zibelines, les renards noirs, les renards blancs, les hermines, les marmottes, l'écureuil, l'ours, et tant d'autres animaux à fourrure. L'élan est aussi très répandu. C'est au mois de mars qu'on se livre à sa chasse; à cette époque, la neige à moitié fondue permet encore au chasseur de glisser sur de grands patins de bois; mais l'élan perce la neige à chaque pas et s'y enfonce.

Le pays a aussi un nombre considérable d'oiseaux, qui sont un excellent gibier.

Les mers de la Sibérie et ses fleuves abondent en poissons, et nombre de peuplades ne vivent que de la pêche.

Dans la Nouvelle-Sibérie, la faune et la flore sont bien plus rares.

Les régions polaires de l'Europe, moins froides en hiver mais aussi moins chaudes en été, ne sont pas aussi favorisées au point de vue des plantes et des animaux.

La Laponie a cependant un climat comparable à celui de la Sibérie. Aussi, à Zyngen, près du cap Nord, à la latitude de 70 degrés, on récolte encore du blé dans les lieux abrités des vents de la mer. Les neiges ne disparaissent qu'en juin; mais alors, par un jour sans nuit qui dure plus d'un mois, la végétation avance avec une prodigieuse rapidité, et à la fin d'août, après 72 jours de croissance, les blés sont mûrs. A cette latitude il n'y a plus d'arbres.

Tous les points de la Laponie sont bien loin de pouvoir

L'élan perce la neige à chaque pas et s'y enfonce.

produire du blé : « La Laponie, écrit William Hepworth Dixon, n'est autre chose qu'un fouillis de rocs énormes, de marécages profonds et sombres; çà et là se déroule, entre ces obstacles, une vallée sinueuse sur les pentes de laquelle poussent ces lichens chétifs dont les rennes font leur nourriture. Des bouquets de pins et de bouleaux donnent à ce paysage austère un peu de variété; mais aucune céréale ne croît sous ces froides zones, et les indigènes n'ont d'autres ressources que le gibier et le poisson. Le pain de seigle, leur seul luxe, doit être expédié par eau des villes d'Onéga et d'Arkhangel, qui elles-mêmes le tirent des provinces méridionales. »

C'est déjà presque le tableau désolé du Spitzberg. Là, les rigueurs de l'hiver ne sont pas excessives, et la température moyenne du mois le plus froid n'est que de — 18°.2, mais il n'y a pas d'été. Sous ce ciel gris et sans lumière, même pendant le long jour de l'été, les plantes ne peuvent s'accroître. Pendant les rapides semaines de soleil, quelques phanérogames fleurissent, semblables à celles des Alpes, et viennent égayer de leurs vives couleurs ces froides solitudes. En dehors de là, des mousses et des lichens : en tout 90 plantes. La faune n'est guère plus riche. M. Charles Martins n'y a rencontré, en comptant les cétacés, que 16mammifères, dont quatre seulement terrestres : l'ours, qui vit principalement de poissons; le renne, un campagnol et un renard bleu. Là, aucun reptile, mais plusieurs insectes. Les poissons non plus ne sont guère nombreux.

Les cétacés, au contraire, pullulent. De 1669 à 1778, les baleiniers hollandais tuèrent sur les côtes du Spitzberg 57 000 baleines; leur nombre aujourd'hui diminue singulièrement. Il en est de même des morses. Ainsi, à l'île des Ours, à 450 kilomètres au nord-ouest des côtes du Finmarken, on rencontrait anciennement un nombre énorme de morses. En 1608, un équipage en tua plus de mille en une seule journée. Maintenant on n'en voit presque plus.

Malgré la pauvreté des espèces au Spitzberg, on a rencontré des régions plus pauvres. La terre François-Joseph, plus au nord, avec sa température moyenne de — 15 degrés, ne renferme presque plus rien. « La végétation de ce pays, dit M. Reclus, où les chaleurs de l'été ne peuvent ouvrir que d'étroites clairières dans le couvercle continu des neiges et des glaces, est naturellement d'une extrême pauvreté; en comparaison des *prairies* de François-Joseph, celles du Spitzberg semblent d'une exubérante richesse. Quelques herbes, des saxifrages, un pavot, des mousses et des lichens, telle est la flore de la contrée. Payen n'a point vu de renne : cet animal ne trouverait sans doute point à se nourrir dans ces îles désolées; mais dans les régions septentrionales de l'archipel, près de la *mer libre*, se voyaient partout les traces de l'ours, du lièvre et du renard, et des veaux marins étaient en foule étendus sur la glace. De même que sur les côtes des Feroërs, de l'Islande, du Spitzberg, les rocs isolés sont habités par des myriades de pingouins et d'autres oiseaux, et, à l'approche des voyageurs, les mâles s'élèvent en vols immenses, avec un bruit d'ailes assourdissant.

» C'est que, si les terres rapprochées des pôles sont pauvres en espèces, ces espèces elles-mêmes ont, pour la plupart, des représentants en nombre immense. Quelques îlots des Lofodens sont tellement peuplés de volatiles qu'on leur a donné le nom de Hyken, ou montagnes d'oiseaux. De même sur les promontoires et dans les fiords des Hébrides, des Shettlands, des Feroërs, de la Norvège, du Spitzberg, de la Nouvelle-Zemble, les assises des rochers sont occupées, à perte de vue, par des rangées d'oiseaux pressées comme les soldats d'une armée. Quand ces foules de volatiles s'élancent contre le vent et la mer pour aller chercher leur proie, ou tourbillonnent au-dessus des chasseurs, elles s'élèvent en nuages, et l'homme, ivre de destruction, n'a qu'à tirer au hasard pour abattre ses victimes, à moins qu'armé d'un bâton il ne préfère assommer

les femelles qui, tout en glapissant avec rage, restent noblement accroupies sur leur couvée. »

L'Islande, comme le Spitzberg, quoique beaucoup moins au nord, profite du Gulf-Stream. Les hivers y sont, dans leurs écarts extrêmes, moins froids que ceux de France, et les étés moins chauds. Le pays emprunte de plus aux singularités de son sol une originalité toute spéciale. Neiges éternelles, volcans, sources jaillissantes d'eau bouillante, on y rencontre les plus étranges contrastes. Les chaleurs de l'été, bien modérées cependant, permettent d'y récolter quelques grains et des pommes de terre. Les prairies permettent d'y élever des bœufs, des moutons, des rennes, des chevaux. On y fait la chasse des oiseaux et de quelques animaux à fourrure. La pêche y est abondante. C'est à peine si l'île de Terre-Neuve, à la latitude de 48 degrés, est plus favorisée.

La Nouvelle-Bretagne, un immense continent comme la Sibérie, présente presque les mêmes caractères. Cependant les eaux de l'Océan qui le pénètrent de toutes parts, qui séparent les nombreuses îles de son archipel, ont un peu adouci son climat; mais l'adoucissement est petit. Mêmes hivers horribles, mêmes étés étouffants, même répartition des animaux et des plantes. Nous n'y insisterons pas.

CHAPITRE IV

LES HABITANTS DES RÉGIONS POLAIRES.

Dans les régions si froides dont nous venons de parler ne peuvent vivre que de rares et peu nombreuses peuplades. La rigueur du climat, en les attaquant directement, rend leur vie bien pénible; mais ce sont surtout les difficultés de la subsistance qui arrêtent leur développement. Faisons sur ce sujet un nouvel emprunt à Élisée Reclus.

« De rares peuplades seulement se sont égarées dans la solitude de la zone glaciale, et luttent péniblement contre le climat pour lui arracher chaque jour leur dure existence. Ne pouvant guère pénétrer dans l'intérieur des îles et des terres continentales, à cause des glaciers et du manque de végétation, ils construisent leurs huttes de bois ou de neige au bord de l'océan. Là, du moins, les vents apportent en été quelques bouffées d'un air équatorial, les contre-courants poussent sur la rive des eaux venues des tropiques et qui n'ont pas encore perdu entièrement leur chaleur primitive; enfin, quand la tempête n'agite pas la mer, et que la surface liquide n'est pas recouverte de bancs de glace épars, le pêcheur peut se hasarder dans sa barque de cuir à la poursuite des phoques et des poissons. Quand il a forcé de son harpon les animaux qui doivent servir de nourriture à sa famille, il revient dans le trou noir qui lui sert de tanière, et c'est là qu'il passe, en se chauffant à la flamme d'une lampe, cette longue nuit d'hiver qui semble ne devoir jamais finir, car le soleil même, le foyer de la vie terrestre, abandonne la zone glaciale pendant des semaines et des mois, et l'aurore polaire, qui remplace l'astre par inter-

valle, n'envoie qu'une lueur livide, véritable fantôme du jour. La vie est difficile pendant ce long et ténébreux hiver : aussi la famine sévit souvent parmi ces peuplades, et parfois des tribus ont disparu sans laisser de trace de leur passage. »

» Comment l'esprit des Groenlandais, des Esquimaux et des Kamtschadales ne subirait-il pas l'influence du climat désolé des régions polaires? Tous les voyageurs racontent que les plus simples plaisirs suffisent pour remplir de joie ces êtres naïfs dont la vie est si monotone; dans leur lutte pour l'existence, ils ne sont point ambitieux, car la grande chose est de se nourrir, et le sol est trop rebelle à la culture, le climat trop inclément, pour qu'ils puissent réagir contre la terre et tenter de se l'approprier; ils sont aimants et doux, car dans leur hutte de neige, la famille est pour eux tout l'univers. Ils sont attachés à leur patrie et meurent quand ils sont obligés de la quitter, parce que leurs idées sont uniformes comme le pays dans lequel ils sont nés, et que là seulement ils peuvent ressentir ces joies simples et ces plaisirs tranquilles qui les reposent de leurs fatigues. Parmi les peuples, ce sont encore des enfants. Ils périssent quand on les arrache du sein de leur mère. »

Encore ces rares peuplades n'ont-elles pu remonter bien haut, et beaucoup de terres se rencontrent, au delà du 75e degré, qui n'ont pas d'habitants. Leur végétation, leur faune, sont trop pauvres pour pouvoir fournir à la nourriture des peuplades les plus clair-semées. La Nouvelle-Sibérie, la Nouvelle-Zemble, le Spitzberg, l'extrémité nord du Groenland, les îles arctiques de l'archipel américain, ne voient que les rares voyageurs qui y sont attirés par l'amour de la science ou l'appât de quelque gain, principalement de la pêche des morses et des baleines. Plus au sud, on rencontre des habitants permanents disséminés en peuplades à moitié sauvages; mais ils sont bien clair-semés.

Dans la Sibérie, cette immense région, d'une étendue au moins égale à celle de l'Europe, on compte à peine deux mil-

lions d'habitants. Ce sont les Russes ou Cosaques émigrants, puis les tribus indigènes en nombre considérable, Tartares, Tungouses, Samoyèdes, Yakoutes, Kamtschadales...

Dans le nord de l'Europe, ce sont encore les Samoyèdes, puis les Lapons et les habitants de l'Islande. En Amérique, les Esquimaux, qui sont répandus partout, au Groenland, au Labrador, comme à l'ouest de la baie d'Hudson.

Habitant des régions presque identiques, soumises aux mêmes influences climatériques, ayant à lutter contre les mêmes difficultés, ces peuplades si nombreuses se ressemblent presque en tous points. Même manière de se garantir du froid, mêmes abris primitifs, même mode de subsistance. Chez tous la nourriture est presque exclusivement animale, puisque la terre se refuse à produire des plantes qui peuvent servir à la nourriture de l'homme. Le poisson et le renne, voilà les deux comestibles presque uniques qui nourrissent les peuples des régions polaires.

Cette nourriture animale, grasse surtout, est du reste indispensable comme moyen de défense contre le froid. Le Dictionnaire de médecine indique en ces termes cette nécessité : « La résistance aux froids dans les régions tempérées s'acquiert à peu de frais et sans changement radical dans les habitudes. L'homme a-t-il, au contraire, à lutter contre le froid antivital des régions polaires, il n'a le dessus dans cette lutte qu'en modifiant profondément toutes les conditions de sa vie. Il trouve surtout dans un genre spécial de nourriture un moyen efficace de résistance. Les explorations pour trouver le passage du nord-ouest ont fixé les points essentiels de cette hygiène polaire. Il est bien reconnu maintenant qu'à l'imitation du régime des Esquimaux, la nourriture des Européens doit contenir une grande proportion de matières grasses, c'est-à-dire d'aliments principalement respiratoires, mais que les alcooliques vont à l'encontre du but qu'on se propose ; des boissons théiformes, chaudes, aromatiques, les remplacent avec avantage.

Parry avait déjà signalé les inconvénients de l'alcool, Hayes a insisté fortement sur ce point. »

Quelques terres très froides pourraient cependant nourrir de nombreux habitants si l'on savait mettre à profit la belle saison, pendant laquelle la végétation est si rapide. Mais ces peuples nomades ne connaissent guère l'agriculture. Ainsi, l'île de Terre-Neuve est presque complètement déserte; les rares habitants qui vivent sur ses côtes ne demandent qu'à la pêche des ressources pour soutenir leur triste existence. Et cependant, dans l'intérieur des terres, M. Murray a découvert des vallées très fertiles, bien boisées, et dans lesquelles on pourrait se livrer à l'agriculture. Telle vallée explorée par M. Murray, sur les bords du Gander, suffirait à nourrir plus de 100 000 habitants.

Dans l'impossibilité où nous sommes de passer en revue toutes les peuplades qui habitent les régions polaires, nous nous contenterons d'en prendre trois, les Samoyèdes pour l'Asie, les Lapons pour l'Europe, les Esquimaux pour l'Amérique : ces deux dernières étant, du reste, de beaucoup les plus importantes, sinon les seules, pour l'Europe et pour l'Amérique.

Au physique, la ressemblance de ces hommes si éloignés les uns des autres est frappante. Tous les trois sont de petite taille, avec une grosse tête, un torse assez fort, et des jambes très grêles. Cette disproportion tient à ce que ces peuples, sans cesse occupés à ramer, développent ainsi leur torse aux dépens de la partie inférieure du corps.

La taille des Lapons a été longtemps opposée à celle des Patagons, ces géants qui occupent à peu près les antipodes de la Laponie. Mais, de même qu'il a fallu rabattre de l'immense taille des Patagons, de même on a reconnu que les Lapons ne sont pas des nains. Leur taille moyenne n'est guère inférieure à $1^{m}.60$, et plusieurs atteignent la taille de $1^{m}.70$. Les Samoyèdes sont un peu plus grands, ainsi que les Esquimaux. Ils sont tous assez laids. Les femmes, aussi petites et aussi laides que

les hommes, sont couvertes de vêtements dépourvus d'élégance qui ne rehaussent en rien leur beauté.

Ces malheureux, entourés de toutes les difficultés de l'existence, dont beaucoup sont condamnés à vivre sans feu sous le

Samoyèdes.

climat le plus dur, sont tristes, mais en général simples et bons. Les Samoyèdes, opprimés et misérables, sont peut-être les plus à plaindre.

« Les Lapons, dit M. Reclus, sont d'une grande douceur; ils ont le regard triste de l'homme vaincu, mais ils sont restés bienveillants. Ils sont très hospitaliers.

« Grâce à l'extrême salubrité du pays, et malgré la saleté repoussante de leurs cabanes, les Lapons jouissent en général d'une excellente santé et deviennent très âgés; la mortalité est moins forte chez eux que chez les civilisés du littoral; mais, ainsi qu'Acerbi le remarquait déjà au siècle dernier, ils ont

souvent les yeux rouges et malades à cause de la fumée des tentes et de leurs continuels voyages au milieu des neiges.

» Les voyageurs russes disent les Lapons de Russie très supérieurs à leurs voisins par la pureté des mœurs, la délicatesse des sentiments, la probité de la vie, bien que leurs relations avec les Russes les aient déjà corrompus. Les Lapons ne ressemblent à leurs voisins les paysans russes que par le costume et leur penchant à l'ivrognerie. Ils ont grand soin de leurs personnes et se lavent soigneusement même en hiver. »

Nous avons déjà eu l'occasion de dire que les régions polaires, malgré l'effroyable rigueur de leur climat, ne sont pas insalubres. L'âge avancé auquel arrivent les Lapons en est une nouvelle preuve. Toutes les relations des voyageurs en font foi. « En lisant ces récits lugubres qui nous représentent une poignée d'hommes aux prises avec la faim, la fatigue et le froid, partant pour des excursions de plusieurs mois, à travers ces solitudes sans bornes, attelés le jour aux traîneaux qui renferment leurs provisions, dormant la nuit sur la glace qui conserve au réveil l'empreinte de leurs corps, l'esprit se partage entre l'admiration qu'inspirent ces mâles courages et la surprise qu'on ressent en voyant presque tous ces hommes y résister. »

De même qu'on ne connaît le vraie taille des Lapons que depuis peu, depuis peu aussi on les représente avec leur véritable caractère. Au milieu de ce siècle, les voyageurs les dépeignaient encore comme étant de véritables brutes, méchants, avares, défiants, ornés de tous les vices.

Les Esquimaux n'étaient pas mieux traités, et on leur accordait « un caractère aussi odieux que leur personne était difforme. » On les représentait comme étant querelleurs et toujours prêts à manquer à leur promesse. Et cependant, en 1852, lorsque le docteur Kane, forcé d'hiverner dans le Groenland, traita avec eux, il n'eut qu'à se louer de leur caractère. Ils ne manquèrent à la foi jurée dans aucune occasion

et ne songèrent pas à profiter de leur supériorité numérique pour massacrer l'équipage et s'emparer des objets si tentants que renfermait le navire. De quel droit, dès lors, a-t-on pu accuser, sans aucune preuve, ces paisibles peuplades du meurtre de Franklin et de ses compagnons?

Presque identiques sont donc toutes ces tribus par l'aspect et le caractère. Aussi grande est la ressemblance pour la manière de vivre. Pour se défendre contre le froid, ils ont leurs vêtements, leurs cabanes et le feu.

Leurs vêtements sont faits de peaux de bêtes, qu'ils façonnent avec une habileté plus ou moins grande. Le cuir les préserve de l'humidité, le poil les protège contre le froid.

Les habitations sont fort diverses d'aspect, mais presque toujours assez bien disposées pour le but à obtenir. Tantôt ce sont de simples trous creusés en terre, avec une ouverture très petite qui sert à la fois de porte et de cheminée ; tantôt ce trou est béant, et couvert au ras du sol de peaux garnies de leurs poils. D'autres fois, autour du trou creusé en terre s'élèvent des piquets qui supportent la toiture, composée de branches d'arbres, dans les pays où il y en a, et d'herbes sèches, revêtues d'une couche de terre d'un pied d'épaisseur. Dans ces huttes, pas de cheminées; la fumée sort par la porte, et l'action de cette fumée sur les yeux, jointe à la réverbération de la neige, cause des ophtalmies très nombreuses.

Chez les Esquimaux, notamment, la cheminée serait bien inutile : la végétation est si pauvre que le combustible manque. Ils n'ont guère que de la graisse à faire brûler dans des lampes qui les éclairent et les chauffent à la fois. Le passage suivant, extrait de la Géographie de Malte-Brun, montre combien est grande la pénurie de combustible chez ces peuplades. Il s'agit pourtant ici des îles Aléoutiennes, dont la latitude est moindre que 55 degrés. « Lorsque ces insulaires veulent manger quelque chose de cuit, envie qui leur prend rarement, ils dressent deux pierres l'une à côté de l'autre, en prennent une

troisième plate qu'ils pressent horizontalement par-dessus et autour de laquelle ils forment un rebord de terre glaise ou d'argile, remplissent tout le dessus d'herbes sèches et y mettent le feu. Quand ils veulent se chauffer eux-mêmes, ils ne font pas de feu, mais ils mettent entre leurs jambes une lampe à huile allumée, et en conduisent la chaleur sous les peaux dont ils sont couverts. De cette manière, on est en peu de temps chauffé comme dans un bain russe. »

Enfin les peuplades plus nomades se construisent souvent des huttes de neige durcie ou de glace. Elles sont faites avec art : la lumière pénètre par une fenêtre pratiquée au plafond et fermée par un fragment bien diaphane de glace. Un jour suffit pour élever ces constructions.

Les huttes d'été sont encore plus rudimentaires que celles d'hiver, et se composent seulement de quatre perches supportant des peaux de renne qui constituent le toit. Ces habitations d'été sont quelquefois soutenues en l'air par des perches, et on n'y arrive qu'en grimpant.

Dans les régions où la végétation est un peu plus florissante, où le combustible n'est pas rare, il y a des cheminées. Ainsi, les Kamtschadales passent l'hiver dans des huttes souterraines dont chacune sert d'asile à plusieurs familles. Là, pendant la mauvaise saison, ils allument de grands feux et se divertissent par des danses, pendant que la neige amoncelée couvre la hutte jusqu'au tuyau de la cheminée, la garantissant ainsi, mieux que ne le ferait la plus épaisse fourrure, du froid extérieur.

Et comme le bois est assez commun en Sibérie, et ces huttes creusées sous terre parfaitement closes, les naturels y obtiennent des températures dont nous n'avons aucune idée. L'abbé Chappe d'Auteroche, qui voyageait en Sibérie au dix-huitième siècle, a constaté dans des chaumières russes l'épouvantable température de + 50 degrés centigrades. Dans ce

four les indigènes vivent souvent absolument nus, tandis qu'à l'extérieur il fait un froid de — 30 à — 40 degrés.

Du reste, les habitants du Kamtschatka, de même que certaines peuplades relativement favorisées de la Sibérie, sont moins misérables et plus civilisés que les Esquimaux et les Lapons. Ainsi, les Yakoutes sont intelligents, industrieux, hospitaliers. Ils ont des sentiments élevés, protègent leurs parents et leur obéissent, honorent les vieillards. Leurs femmes, quelquefois jolies, sont très modestes et très réservées. Ils aiment le travail, et sont si durs à la fatigue qu'ils peuvent travailler trois et quatre jours sans rien manger. A côté de cela ils possèdent les vices de la civilisation ; ils sont ivrognes et volontiers menteurs.

Mais revenons aux bords de l'océan Glacial. Outre le problème des vêtements et de l'habitation, ces peuplades ont à résoudre le problème bien autrement difficile de la subsistance. De nourriture végétale, il n'y faut guère songer : c'est à peine si ces pays déshérités produisent assez pour nourrir quelques herbivores d'une frugalité incroyable. Et cependant la nourriture végétale doit, dans bien des cas, leur venir en aide.

Pendant l'hiver, les Lapons de Russie et les Samoyèdes mangent de la mousse, des écorces d'arbres, et une sorte d'herbe amère et malsaine. Les plus favorisés, et ils sont peu nombreux, y ajoutent du pain d'orge et de seigle, et quelques produits importés. Les gens des pays voisins, qui parcourent ces contrées pour le commerce du gibier et des fourrures, payent souvent en nature, et souvent avec les pires produits de la civilisation. Cependant chez les Lapons l'usage du café s'est en grande partie substitué à celui de l'eau-de-vie. Les plus riches parmi les Lapons en font un usage immodéré, jusqu'à en boire presque constamment. Ils en font un véritable aliment, en y ajoutant du sel, du fromage, du sang, de la graisse.

Mais tout cela n'est rien qu'un agrément pour les riches, s'il s'agit du café; qu'un pis-aller pour les pauvres, s'il s'agit de nourriture végétale. On peut dire, d'une manière générale, que ces gens du Nord ne vivent que de viande et de graisse. Les Esquimaux, par exemple, n'ont pour toute nourriture que de la chair de phoque, du saumon salé, et de l'huile de poisson dont ils font une consommation effrayante. Les uns, les nomades, qui vivent surtout dans l'intérieur des terres, se nourrissent de la viande et du lait de leurs troupeaux. Les autres, relativement sédentaires, vivent du produit de leur chasse, et surtout de leur pêche. Deux animaux domestiques, les deux seuls de ces climats, constituent toute la ressource de ces pauvres gens.

Les familles des pasteurs, aussi bien Samoyèdes que Lapons ou Esquimaux, ont le renne. Cet animal est fait pour le pays qu'il habite. Sa résistance au froid est illimitée, sa frugalité inouïe. En été, les rares herbes qui poussent sur le sol lui fournissent une nourriture abondante; en hiver, il sait vivre de rien. Le lichen qu'il trouve sous la neige suffit à sa subsistance. Mais ce lichen pousse avec une lenteur excessive: aussi ne peut-on paître une région qu'une fois tous les dix ans. Cette circonstance suffit à elle seule à expliquer la prodigieuse rareté des habitants dans ces régions. Il faut de 600 à 700 hectares de ces prairies de lichen pour nourrir 25 rennes, et 25 rennes sont nécessaires à l'existence d'un Lapon. C'est que le Lapon pasteur tire de son troupeau la totalité de sa subsistance. Il attelle ses rennes à son traîneau et se transporte ainsi, avec tout ce qu'il possède, d'un point à un autre de ses immenses et misérables pâturages. La dépouille du renne est utilisée tout entière par lui : la peau lui sert de vêtement, avec les boyaux il fait du fil, avec la vessie des bouteilles. Ces bouteilles servent à conserver la graisse, le sang. « Le repas ordinaire de la journée est la soupe de sang, faite de farine et de sang mêlé de caillot, que les ménagères savent garder pen-

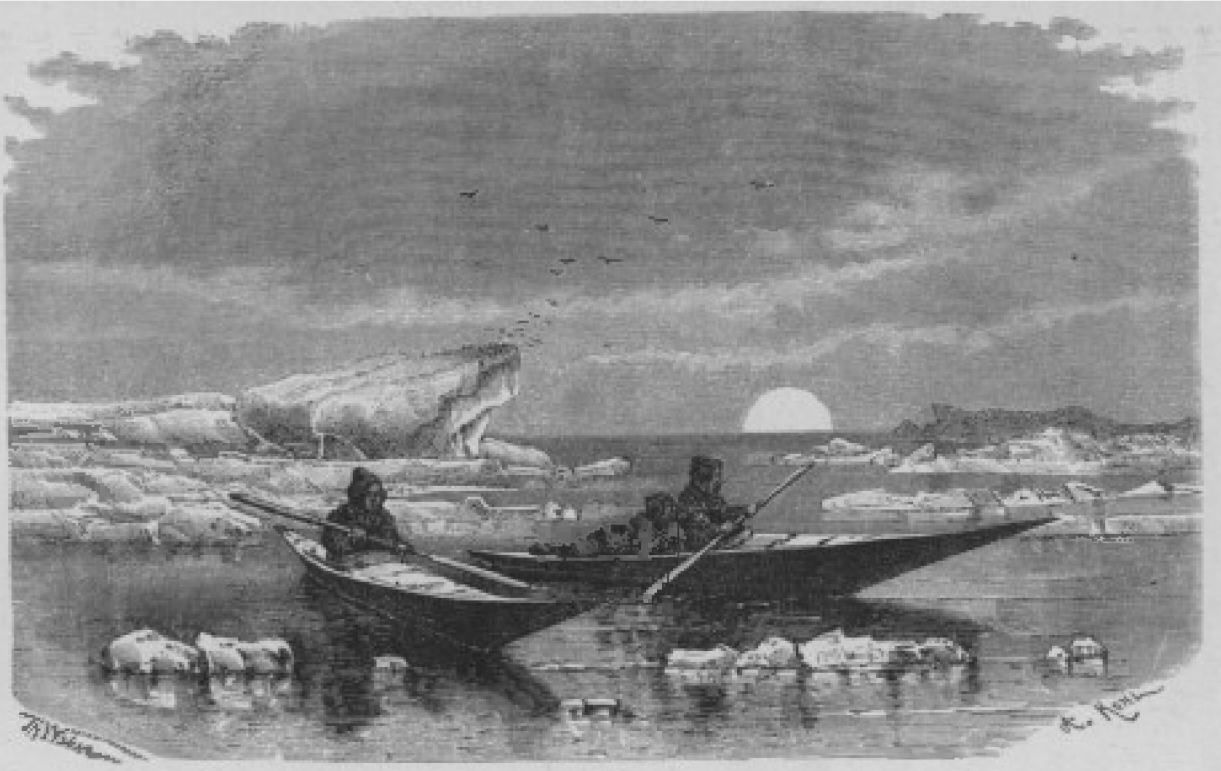
dant les mois d'hiver, à l'état liquide, dans des tonneaux ou des outres en estomac de renne. » Mais ce n'est pas seulement la chair et le sang du renne qui nourrissent le Lapon, son lait est aussi employé. Pendant tout l'hiver, le Lapon mange le lait du renne, conservé sous forme de rondelles.

Dans tous les voyages, le renne, qui n'est, comme force et vitesse, qu'un attelage médiocre, montre une résistance prodigieuse, et il se passe d'étable par une température capable de tuer les animaux les plus robustes.

Mais les pasteurs ne sont pas les plus nombreux, surtout parmi les Esquimaux. Un plus grand nombre de peuplades vivent surtout de leur chasse, et là ils sont aidés par le second animal domestique, par le chien.

Comme le renne, le chien sert de bête de trait. Le traîneau de l'Esquimaux ou du Samoyède, attelé de dix ou douze chiens, court sur la neige avec une rapidité vertigineuse, et pendant un temps très long. Malheureusement, ces chiens, toujours affamés, nourris exclusivement de viande, quand ils sont nourris, sont désobéissants et quelquefois féroces. Ils n'obéissent qu'au fouet, que les Esquimaux manœuvrent avec une incroyable adresse et avec une sévérité nécessaire. C'est que le chien des régions polaires, assez semblable à notre chien de berger, n'a aucun des instincts généreux du noble animal qui, chez nous, est l'ami de l'homme. C'est encore un animal sauvage, maintenu en servitude par les nécessités de son existence, et n'obéissant qu'à la force.

Tel qu'il est cependant, il est aussi indispensable au chasseur que le renne l'est au nomade. C'est grâce à lui que l'Esquimaux peut tirer parti des faibles ressources du triste pays qu'il habite. C'est lui qui le transporte dans ses courses, qui l'aide dans ses chasses. Sans le chien, il ne pourrait poursuivre ni le renne sauvage dans les prairies, ni le veau marin sous la glace, ni l'ours sur les glaçons flottants; sans le chien, plus de subsistance et bientôt la mort.



Esquimaux.

La pêche enfin est la troisième ressource des peuples du Nord, et la plus importante. La population des côtes est, en effet, la plus nombreuse, et elle vit presque exclusivement de poisson, et, qui plus est, de poisson cru, frais ou séché.

De même que les Samoyèdes, appelés aussi *Siroydis* ou *mangeurs de viande crue*, dévorent la viande du renne sans la faire cuire; de même les Esquimaux, dont le nom a à peu près le même sens, mangent le poisson absolument cru, presque vivant. La pêche est la seule occupation de ces peuples du littoral.

Les Esquimaux notamment y sont habiles. Ils ont de petits canots faits avec un art extrême, nommés kayaks. Composés d'un bois très léger, ils sont recouverts de peaux de phoque, si artistement cousues les unes aux autres qu'elles sont absolument imperméables à l'eau. Le canot, extrêmement petit, ayant la forme d'une aiguille de tisserand, n'a que bien juste la place du pêcheur. Là dedans, armé d'une rame unique de six pieds de long, il file comme le vent. Le corps complètement immobile, car le moindre mouvement ferait tout chavirer, il s'avance le long des côtes, navigue à travers les glaces, poursuivant le veau marin, le morse et le narval, faisant aussi le service de la poste entre les établissements danois.

Et c'est ainsi que ces peuples misérables, placés dans un milieu qui les menace de toutes parts, exposés à chaque instant à mourir de froid et de faim, traînent leur malheureuse existence, sans un instant de repos, plus à plaindre cent fois, dans cette terrible lutte pour l'existence, que les plus tristes animaux de nos pays. Combien, après ces peintures, vont nous sembler doux nos hivers les plus rigoureux, douces aussi les misères qu'ils traînent après eux!

CHAPITRE V

LE FROID DANS LES MONTAGNES.

A mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer, la température s'abaisse. Ce fait a été constaté de toute antiquité. On le remarque, soit que l'on monte en ballon à une certaine hauteur, soit qu'on gravisse péniblement les montagnes. On éprouve alors la même succession de température que si on allait de l'équateur au pôle, et on rencontre sur sa route, à mesure que l'on s'élève, des animaux et des plantes qui habitent d'ordinaire des pays de plus en plus froids. Le froid qui règne au sommet des montagnes un peu élevées suffit pour y maintenir des neiges éternelles, et alors elles deviennent complètement inhabitables pour l'homme, et souvent même inaccessibles. Aussi la plus grande altitude atteinte l'a-t-elle été en ballon. Glaisher et Coxvell seraient arrivés, le 5 septembre 1862, à la hauteur de 11 000 mètres.

Sur le flanc des montagnes on n'est pas allé si haut; le pic le plus élevé dont on ait visité le sommet est l'Ibi-Gamin, montagne du Thibet, qui a 6 730 mètres au-dessus du niveau de la mer. Mais les habitations permanentes sont loin d'aller à de telles hauteurs. Le village de Saint-Véran, le plus élevé de l'Europe, est à 2 009 mètres. L'hospice du Saint-Bernard est à 2 472 mètres. La maison la plus élevée de la terre, la station de poste de Rumihuasi, entre Cuzco et Puno, dans le Pérou, presque sous l'équateur, est à 4 934 mètres. Voyons l'aspect de ces régions élevées. Nous y trouverons un hiver perpétuel, ou, plus exactement, une région polaire égarée en pays chaud.

Sur les flancs des montagnes la neige tombée pendant l'hiver fond au printemps; mais à partir d'une certaine hauteur, la chaleur de l'atmosphère diminuant, la neige demeure toute l'année. La limite des neiges persistantes n'est pas la même partout. La ligne de séparation entre la zone des pluies et celle des neiges est d'autant plus élevée qu'on est plus près du pôle. Cette ligne ne s'abaisse probablement nulle part jusqu'au niveau de la mer. Toutes les terres connues, même le nord du Groenland et la terre François-Joseph, n'ont plus de neige au niveau de la mer pendant les quelques jours du milieu de l'été. Dans le Thibet, la limite des neiges persistantes ne commence qu'entre 5000 et 6000 mètres d'altitude. Dans les Alpes et les Pyrénées, elle commence vers 2800 mètres.

Il ne faudrait pas croire cependant que sur les hauts sommets le soleil n'ait pas de force; ce serait une complète erreur. Là-haut, au contraire, les nuages sont rares; le voyageur les a au-dessous et non pas au-dessus de lui. Entre le soleil et la montagne, rien qui intercepte les rayons, qui tamise leur chaleur : ils sont brûlants. Mais ces rayons passent à travers l'air sans l'échauffer, et, malgré leur ardeur, l'atmosphère reste froide. M. Tyndall va nous raconter les sensations que peut faire éprouver le soleil des montagnes :

« Tandis qu'un quartier de viande est rôti par l'action du foyer, l'air qui l'environne peut rester aussi froid que glace. L'air des hautes montagnes peut être excessivement froid, quoique le soleil darde des rayons brûlants. Les rayons solaires, qui, dans leur contact avec la peau humaine, sont presque douloureux, restent impuissants à échauffer l'air d'une manière sensible; il suffit de se mettre parfaitement à l'ombre pour sentir le froid de l'atmosphère. Jamais, dans aucune circonstance, je n'ai tant souffert de la chaleur solaire qu'en descendant du *Corridor*, au *grand plateau* du mont Blanc, le 13 août 1857; pendant que je m'enfonçais dans la neige jusqu'aux reins, le soleil dardait ses rayons sur moi avec une force into-

lérable. Mon immersion dans l'ombre du dôme du Gouté changea à l'instant mes impressions, car là l'air était à la température de la glace. Il n'était pourtant pas sensiblement plus froid que l'air traversé par les rayons du soleil, et je souffrais, non pas du contact de l'air chaud, mais du choc des rayons calorifiques lancés contre moi à travers un milieu froid comme la glace. »

Les rayons du soleil ne sont pas sans action sur la neige des hautes régions, et ils en déterminent constamment la fonte. La neige, fondue à la surface, produit une eau glacée qui s'enfonce. Soustraite alors à l'action du soleil, elle se regèle, et peu à peu la masse entière se transforme en glace. Au sommet de la montagne on a la neige, un peu plus bas le névé, ou neige déjà à moitié durcie par la fonte et le regel; plus bas encore, la transformation est complète, c'est le glacier.

Ce glacier, poussé sur la pente de la montagne de toute la force de son poids, descend lentement, se modelant sur les gorges et les vallées. C'est, comme nous l'avons expliqué, la fusion de la glace par pression, et sa recongélation quand la pression ne s'exerce plus, qui expliquent cette plasticité apparente du glacier, qui lui permet de couler pour ainsi dire comme un fleuve. Arrivée à la limite des neiges persistantes, la base du glacier se fond, formant un ruisseau, un torrent, la naissance d'un fleuve. Les neiges persistantes du sommet des montagnes ne sont donc pas des neiges éternelles; sans cesse elles fondent et descendent le long des pentes, soit lentement à l'état de glace, soit brusquement dans les avalanches qui causent si souvent en bas de terribles ravages. Aussi les neiges sont moins abondantes au sommet des monts à la fin de l'été qu'à son début.

Mais bientôt la provision est renouvelée. Elle l'est même en été, car dans ces hautes régions, où la température de l'air est constamment inférieure à zéro, il ne pleut jamais, il neige. Tout nuage qui se résout au-dessus du sommet de la montagne

se résout en neige; de telle sorte qu'à quelques heures d'intervalle on peut voir le soleil, par l'ardeur de ses rayons, fondant la neige à la surface, puis cette neige être renouvelée par une chute presque immédiate.

Et nous voyons bien nettement ici le rôle du soleil, rôle prépondérant dans notre monde, puisque c'est lui qui est la cause déterminante de tous les phénomènes qui se produisent à la surface de la terre. Cette eau, qui coule en bas du glacier par suite de l'action du soleil, va donner naissance à un fleuve, va alimenter l'océan. Peu à peu le soleil la reprend, la volatilise; elle devient invisible, mais se répand partout dans notre atmosphère, y jouant, au point de vue qui nous occupe, un rôle capital que nous aurons à examiner. Cette vapeur, rencontrée dans les hautes régions par un courant d'air froid, va former les nuages, puis la neige, qui viendra tomber de nouveau sur ce même pic peut-être d'où elle était partie quelques mois auparavant. Admirable évolution, dans laquelle nous voyons l'eau tour à tour solide, liquide, gazeuse, tournant sans cesse dans le même cercle, toujours nouvelle et toujours la même. Et toutes ces transformations sont dues à la même cause, la chaleur du soleil.

Rien n'est plus facile que de montrer directement, en quelques instants, sans sortir de sa chambre, les nombreuses métamorphoses de l'eau. Dans cette chambre bien chauffée introduisons un mélange réfrigérant. Aussitôt nous voyons le vase qui le renferme se recouvrir d'une blanche enveloppe. Râclée avec un couteau, la couche condensée nous donne de la neige; un peu pressée entre les mains, notre neige devient du névé. Comprimons ce névé dans un moule de bois, nous aurons une lentille de glace si transparente qu'on pourrait, en l'exposant aux rayons du soleil, l'employer pour allumer du feu. Mais bientôt notre glace fond, la voilà réduite en eau. Comme nous sommes un peu pressés, mettons cette eau sur le feu, et dans quelques minutes notre vase sera vide. L'air a repris, après

tant de transformations, la vapeur invisible que nous lui avons enlevée au début.

Dans les régions des neiges éternelles ne se trouvent plus d'habitants, mais il s'y rencontre encore des animaux et des plantes. Le système de distribution des plantes et des espèces animales, que l'on reconnaît en allant de l'équateur aux pôles, on le retrouve en gravissant une montagne. Faisons encore à ce sujet un emprunt à Élisée Reclus : « Prenons pour exemple, dit-il, le Canigou, qui se dresse si superbement. Les oliviers qui recouvrent les campagnes de la Têt et du Tech croissent aussi sur les racines avancées du mont, jusqu'à 420 mètres d'altitude : la vigne s'élève beaucoup plus haut, mais à 550 mètres elle disparaît à son tour : au delà de 800 mètres cesse de croître le châtaignier. Les derniers champs cultivés en seigle et en pommes de terre ne dépassent point 1 640 mètres, hauteur à laquelle le hêtre, le pin, le sapin, le bouleau, souffrent déjà du vent et de la rigueur des hivers. A 1 950 mètres s'arrête le sapin : le bouleau ne se hasarde point au delà de 2 000 mètres; mais le pin, plus hardi, escalade les rochers jusqu'à l'altitude de 2 430 mètres, non loin de la cime. Au-dessus, la végétation ne se compose plus que d'espèces alpines ou polaires. Le rhododendron, dont les premières touffes s'étaient montrées à 1 320 mètres, a pour limite une élévation de 2 840 mètres. Quant au genévrier, il monte en rampant et en cachant à demi son branchage dans le sol jusqu'à la pointe terminale, haute de 2 785 mètres, et couverte de neige pendant presque toute l'année. »

La végétation s'arrête donc seulement à la limite des neiges éternelles. Là, elle cesse complètement, car presque aucune plante ne semble pouvoir végéter à une température constamment inférieure à zéro degré. Dans les régions polaires, nous avons vu la triste végétation ne se développer que pendant les quelques jours d'été où la température s'élève un peu au-dessus de zéro.

Cependant, un saxifrage (*Saxifraga oppositifolia*) peut fleurir jusqu'au milieu des glaces du Spitzberg, et, dans les hautes montagnes, sur la lisière des neiges éternelles. D'autre part, M. Martins rapporte avoir vu en fleur la soldanelle alpine sous une voûte de neige. J'ai vu, pour ma part, pendant le terrible hiver de 1879-1880, des violettes en fleur sous la neige, au mois de décembre, par une température extérieure extrêmement basse.

Enfin, là où ni le rhododendron ni le genévrier ne peuvent vivre, on trouve encore, comme au Spitzberg, des lichens et des mousses, dernière végétation des pays froids.

Les animaux qui se rencontrent plus loin que les plantes dans les régions polaires vont aussi plus haut qu'elles sur les sommets des montagnes. On rencontre même des mammifères au-dessus de la limite des neiges perpétuelles. M. Hugi, puis ensuite M. Martins, ont en effet trouvé, à une hauteur de près de 4 000 mètres au-dessus du niveau de la mer, une sorte de souris que M. Martins a nommée le « campagnol des neiges. » La marmotte, si connue de tous, habite en été les plus hauts sommets des Alpes, tout couverts de neige. Elle semble fuir devant la chaleur et monter plus haut à mesure que les neiges fondent par le bas. Elle se tient juste à la limite des neiges, pour avoir à la fois la possibilité de rester dans le milieu qu'elle affectionne et de se nourrir des rares herbes qui poussent un peu plus bas.

Dans les montagnes de nos pays, l'ours brun a remplacé l'ours blanc des régions polaires; le chamois est venu prendre la place du renne. Les oiseaux sont plus nombreux que les mammifères; mais ici ils se trouvent dans des conditions bien différentes de celles des oiseaux des régions polaires. Quelques minutes de vol, quelques heures au plus, suffisent pour les conduire dans les prairies chaudes qui sont au-dessous, dans lesquelles ils trouvent une subsistance abondante et assurée. Pour les oiseaux, la montagne neigeuse est donc

plutôt un lieu de refuge qu'une aire d'habitation et de subsistance. Tel est l'aigle des Alpes.

Quelques oiseaux cependant semblent habiter réellement les neiges éternelles, y vivant d'insectes, et ne les quitter presque

L'ours brun.

jamais. Le bec-fin roitelet, un des plus petits oiseaux de notre pays, est dans ce cas. Plus haut encore se trouve le pinson des neiges, qu'on ne rencontre jamais dans nos plaines, mais qu'on voit en Sibérie et dans la Nouvelle-Bretagne, là où il retrouve ses conditions d'existence. Toujours au-dessus des neiges éternelles, perché sur un rocher qui a été dénudé par la tempête,

il daigne à peine descendre jusqu'aux hospices du Saint-Bernard et du Saint-Gothard pour y nicher quelquefois.

Les reptiles, presque inconnus dans les régions polaires, ont cependant quelques représentants dans les neiges des montagnes. Une espèce de lézard passe sa vie au sommet des Alpes, engourdi sous la neige pendant dix mois de l'année. Pendant son court réveil, il fait concurrence au bec-fin et au pinson, et leur dispute les rares insectes qui vivent là-haut. « La zone glaciale est si bien le milieu naturel de ces lézards, qu'ils aiment mieux mourir de faim que vivre dans des régions plus hospitalières où on a voulu les transplanter. »

LIVRE III

LES GRANDS HIVERS FRANÇAIS.

CHAPITRE PREMIER

LES GRANDS HIVERS AVANT CELUI DE 1709.

Nous n'avons, sur les hivers anciens, que des renseignements fort incomplets, et le plus souvent fort vagues. Maintes fois même les récits des historiens méritent peu de créance : il s'agit seulement de faits mal observés, souvent légendaires, presque toujours exagérés à plaisir. Nous les passerons très rapidement en revue.

Plusieurs savants ont recherché, chez les historiens, les mentions d'hiver rigoureux, et ont tenté d'en dresser une liste complète. Arago, notamment, a établi cette liste avec la description rapide de tous ces grands hivers. Nous y avons déjà fait, nous y ferons encore de nombreux emprunts; emprunts nécessaires, car la notice d'Arago renferme en abrégé tout ce qui peut être dit sur la matière.

Cette liste, complétée par M. Barral, renferme deux cent vingt hivers, compris entre l'année 396 avant notre ère et l'année 1858, bien proche de nous. Elle est, au début, nécessairement fort incomplète, car les historiens n'ont pas parlé de tous les hivers de rigueur moyenne comparables à ceux qu'Arago cite dans les derniers siècles.

L'hiver de 1709 étant le premier des grands hivers sur lesquels nous ayons des renseignements presque complets, nous allons d'abord nous occuper de ceux qui ont précédé celui-là. Nous n'en citerons que quelques-uns, non pas les plus rigoureux, puisque nous n'avons aucun moyen de mesurer exactement leur rigueur, mais ceux qui nous présenteront des faits dignes d'être rapportés. Nous passerons aussi sous silence ceux dont nous avons déjà eu occasion de parler dans la première partie de cette étude.

En 821 : « Toutes les plus grandes rivières de la Gaule et de la Germanie furent tellement glacées que, par l'espace de trente jours et davantage, on y passoit par-dessus et à cheval et avec des charrettes; de sorte que, venant cette glace à fondre, il y eut plusieurs villes et citez voisines des fleuves qui en furent grandement endommagées. »

En 1076 : « Cette année fut si étrangement froide que la plupart des arbres, vignes et fruictiers mourut, et que même les semences en furent intéressées ; et continuèrent les grandes gelées depuis le premier jour de novembre jusqu'à la my-avril, qui fut cause que la terre devint stérile pour quelques années ensuyvantes. » La disette de blé fut si grande que peu de gens purent se flatter d'avoir vu du froment de la récolte de cette année.

En 1124 : « Cet hiver fut plus rude que d'ordinaire et extrêmement pénible à supporter, à cause de l'amoncellement de la neige qui tomboit presque sans relâche. Un grand nombre d'enfants, et même de femmes, moururent de l'excès du froid. Dans les rivières, les poissons périrent emprisonnés sous la glace, qui étoit si épaisse et si solide qu'elle supportoit les voitures chargées, et que les chevaux circuloient sur le Rhin comme sur la terre ferme. On vit, en Brabant, un fait singulier : les anguilles, chassées en quantité innombrable de leurs marécages par la gelée, se réfugièrent dans les granges, où elles se cachèrent; mais le froid étoit tel qu'elles y périrent

faute de nourriture et se putréfièrent. Le bétail mourut dans beaucoup de contrées. Les intempéries se prolongèrent tellement que les arbres ne prirent leurs feuilles qu'en mai. » Il est impossible de voir en moins de mots une description plus complète d'un grand hiver. Elle est empruntée par Arago à Guillaume de Nangis. Tout s'y trouve parmi les effets que nous avons étudiés sur le froid.

En 1325, l'hiver fut très rigoureux. La débâcle de la Seine à Paris fut très difficile, et les deux ponts de bois furent emportés.

L'hiver de 1408 fut certainement l'un des plus rudes du moyen âge, et, d'après les chroniqueurs, il faut remonter au moins à 500 ans pour en rencontrer un semblable. Il nous serait aisé d'y insister longuement. On lit dans les registres du Parlement : « La Saint-Martin dernière passée, a esté telle froidure que nul ne pouvoit besogner; le greffier même, combien qu'il eût du feu près de lui en une pelette pour garder l'encre de son cornet de geler, toutes fois l'encre se geloit en sa plume, de deux ou trois mots en trois mots, et tant que enregistrer ne pouvoit. » Félibien en donne une assez longue description : « Tous les annalistes de ce temps-là ont pris soin de remarquer que l'hyver de cette année fut le plus cruel qui eût esté depuis plus de 500 ans. Il fut si long, qu'il dura depuis la Saint-Martin jusqu'à la fin de janvier, et si aspre, que les racines des vignes et des arbres fruitiers gelèrent. Toutes les rivières étoient gelées et les voitures passoient sur celle de Seine dans Paris. On y souffroit une grande nécessité de bois et de pain, tous les moulins de la rivière estant arrestez, et l'on seroit mort de faim dans la ville, sans quelques farines qui y furent apportées des pays voisins. Le temps commença à devenir plus doux le 27 janvier, mais le dégel causa de grands désordres. »

La débâcle commença à Paris dans la matinée du 30 janvier. Les premiers chocs des glaçons contre les arches des

ponts avertirent les habitants des nombreuses maisons construites dessus de pourvoir à leur sûreté : aussi, au moment de la rupture de deux de ces ponts, n'eut-on pas d'accidents de personnes à déplorer.

A voir avec quel soin Félibien donne la description de cet hiver, il semble qu'il n'y ait pas de doute possible et qu'on soit bien réellement en présence d'un hiver tout à fait exceptionnel. Il n'est pas, du reste, le seul historien à en parler, et, dans cette circonstance, Félibien est absolument véridique. Les divers récits se corroborent les uns les autres. Et cependant, seize ans après, à une époque où l'on ne pouvait avoir oublié cet hiver exceptionnel, il y en eut un autre : nombre d'historiens, qui n'avaient pas parlé des rigueurs de 1408, parlent de 1422; tandis que d'autres, après avoir raconté longuement l'hiver de 1408, ne font aucune mention de celui de 1422. Chacun se borne à déclarer que son hiver est le plus fort des hivers. Le *Journal de Paris*, dans les Mémoires pour servir à l'Histoire de France et de Bourgogne, s'exprime ainsi : « En 1422, douzième jour, fut le plus aspre froid *que homme eust veu faire;* car il gela si terriblement qu'en moins de trois jours le vinaigre, le verjus, geloient dans les caves, et fut la rivière de Seine, qui grande étoit, toute prise, et les fruits gelés en moins de quatre jours, et d'une telle âpre gelée dix-huit jours entiers... » Cet exemple, qui est loin d'être le seul, doit nous rendre fort circonspects dans nos recherches, et nous montre qu'il faut absolument renoncer à classer, par des considérations quelconques, les hivers qui ont précédé 1709. Nous savons, du reste, comment on écrivait l'histoire à cette époque. Continuons donc notre nomenclature rapide, sans y chercher autre chose que le récit de quelques faits curieux auxquels nous n'accorderons qu'une croyance modérée.

En 1434 : « L'hiver fut très long. Il neigea près de 40 jours consécutifs, la nuit comme le jour. Il fut ordonné d'enlever la neige des rues et de la porter dans la place de Grève, mais on

n'y pouvoit suffire. On a remarqué, comme une chose fort singulière, que dans le tronc d'un seul arbre il se trouva, de compte fait, plus de cent quarante oiseaux morts de froid. »

Nous ne pensions pas, en faisant les réserves précédentes, trouver sitôt l'occasion de les appliquer. Est-il croyable que la neige soit tombée pendant quarante jours consécutifs? La vie à Paris n'aurait-elle pas été complètement interrompue, et n'en serait-il pas résulté une perturbation telle dans la capitale que tous les historiens en eussent parlé? Et sur ce point tous gardent le silence. Il y a donc ici une exagération flagrante, exagération doublée d'enfantillage. Quoi, il est tombé de la neige pendant quarante jours à Paris, et l'effet le plus remarquable de ces neiges a été de faire périr quelques petits oiseaux. Ceux qui ont vu Paris après une chute de neige de 24 heures, qui ont été obligés de circuler alors dans les étroites rues de la vieille ville, ne pourront que sourire en lisant les lignes qui précèdent.

François de Belle-Forest nous donne, dans *les Grandes Annales*, la description de l'hiver de 1564 : « Le roi entrant en Languedoc, l'hiver commença aussi premièrement par pluies, puis devint si âpre et si rigoureux, et si violent en vents, gelées et neiges, qu'il n'y avoit homme, tant vieux fût-il, qui l'ait vu ni si long, ni tant véhément, comme ainsi fait que les rivières demeurèrent éprises et caillées plus de deux mois, et ainsi le cours d'icelles empesché; ne faut-il s'ébahir si le trafic cessoit et s'il y avoit faute de bois en plusieurs lieux, et surtout à Paris, et si au dégel les ponts et les moulins furent emportés par les glaçons; tant y a que les vignes, les arbres et fruictiers se ressentirent tellement de cette froidure, et la terre en fut de telle sorte épuisée de sa chaleur radicale, qu'elle a esté assez longtemps après sans être si fertile qu'auparavant, et les vignes à demi mortes ont été plusieurs années si étonnées, que la moindre gelée leur ôtoit leur puissance de produire et de nourrir le raisin, d'où est advenue cette grande cherté

des vins qui dure si longuement en ce royaume. » C'est dans cet hiver que le roi fut pris à Carcassonne par les neiges.

Sa durée nous est indiquée par les vers suivants de Pierre de l'Estoile :

L'an mil cinq cent soixante-quatre,
La veille de la Saint-Thomas,
Le grand hyver vint nous combattre,
Tuant les vieux noyers à tas :
Cent ans a qu'on ne vit tel cas.
Il dura trois mois sans lâcher,
Un mois outre la Saint-Mathias,
Qui fit beaucoup de gens fâcher.

Enfin, pour terminer ce rapide examen de quelques-uns des anciens hivers, passons à celui de 1608, juste cent ans avant le terrible hiver de 1709.

Mézeray, dans son Histoire de France, éditée en 1755, en parle en ces termes : « L'année 1608 est nommée encore aujourd'hui l'année du grand hiver, à cause de sa longue et terrible froidure. Elle avoit commencé à devenir très âpre le jour de Saint-Thomas, et ayant duré plus de deux mois sans relâcher qu'un jour ou deux, elle glaça, pour ainsi dire, pétrifia toutes les rivières, gela presque toutes les jeunes vignes et les jeunes plantes à la racine, tua plus de la moitié des oiseaux et du gibier à la campagne, grand nombre de voyageurs par les chemins, et près de la quatrième partie du bétail dans les étables, tant par la rigueur du temps que par le défaut de fourrages. On remarqua que les chaleurs de l'été suivant égalèrent presque les rigueurs de l'hiver et que néanmoins l'année fut des plus abondantes. » Cette abondance montre que les ravages exercés sur la végétation ne furent pas aussi grands que l'indique Mézeray.

Le 10 janvier, à Paris, dans l'église Saint-André des Arcs, le vin gela dans le calice; « il fallut, dit l'Estoile, chercher un

réchaux pour le fondre. » Le pain qu'on servit à Henri IV, le 23 janvier, était gelé; il ne voulut pas qu'on le lui changeât. A Anvers, les habitants dressèrent des tentes sur l'Escaut, et on allait y banqueter. Mézeray, complétant sa description, parle

1608. Anvers. — Les habitants dressèrent des tentes sur l'Escaut.

de la débâcle : « Les glaces des rivières rompirent les bateaux, les chaussées et les ponts; les eaux, grossies par les neiges fondues, inondèrent toutes les vallées; et la Loire, bouleversant ses digues en plusieurs endroits, fit un second déluge dans les campagnes voisines. En Italie, il survint du commencement un si grand débordement des rivières, que Rome se vit presque en un déluge par les eaux du Tibre, qui descendirent avec une telle violence des monts Apennins que plusieurs maisons en furent renversés. »

De son côté, Jean de Serres, dans l'*Inventaire de l'histoire*

de France, décrit dans un langage quelque peu ampoulé les rigueurs de cet hiver. Nous trouverons cités dans cette description quelques faits dont il a été déjà question au début de cet ouvrage. « Le commencement de l'an 1608 fut signalé d'un hiver si grand et qui fit sentir les pointes de sa froidure si rigoureuses, qu'il n'en est parlé de pareilles de mémoire d'homme. Ni les glaces de la Samartie (Russie), ni les âpres gelées des Palus Méotides (mer d'Azof), ne furent jamais plus extrêmes. On trouve Tacite hardi en ses témoignages, comme entre autres où il tient qu'un soldat portant un faix de bois, ses mains se tordirent de froid et se collèrent à sa charge, de sorte qu'elles y demeurèrent attachées et mortes, s'étant départies des bras. Et pourroit-on bien encore trouver le sieur du Bellay aussi hardi, où il récite que durant le voyage de Luxembourg les gelées furent si âpres que le vin de munition se coupoit à coups de hache et de coignée, et se débitoit par poids aux soldats qui l'emportoient dans des paniers. Mais quiconque dira que la froidure de cet hyver a été plus horrible, et qu'il n'y a point d'égalité en ces rigueurs et celles des autres, il dira vérité. La France, assez tempérée d'ailleurs, est néanmoins fameuse des difficultés et des mésaises d'un si grand et si extrême hyver. Celles-cy en sont, que les voyageurs, accueillis d'horribles monceaux de neige, en perdoient la connaissance du pays et des chemins. Et n'eût été trop mal propre à d'aucun, que pour se mettre à couvert et sauver du froid ils se fussent avisés, ainsi que l'armée de Bajazet passant par la Russie, d'éventrer les chevaux et montures pour se jetter dedans et jouir de la chaleur vitale, si les bêtes mêmes n'eussent perdu toute chaleur naturelle qui les pût défendre de la gelée. La disette et la cherté du bois apporta d'autres incommodités à ceux des villes, principalement à la commune de Paris. Ceux qui n'estoient fournis de provisions l'achetoient quatre fois plus que d'ordinaire, et la pluspart même n'en avoient pas pour de l'argent. La cause la plus urgente en fut rapportée tant à la rigueur et

âpreté du froid qu'au cours de la Seine et autres rivières arrêtées par la glace. Si fut-elle cette eau affermie d'une telle épaisseur de glace, que les carrosses et chariots tout chargés, le roi même, les seigneurs de sa cour, et plusieurs du menu peuple, y passoient assurément que sur terre ferme. » Nous bornerons là ces citations des hivers anciens, d'autant plus que nous avons déjà eu l'occasion, dans les chapitres précédents, de conter un grand nombre de faits les concernant. Nous tâcherons seulement, pour terminer, de chercher s'il nous serait possible de fixer approximativement le froid de ces hivers, en l'absence de toute donnée thermométrique; de voir s'ils sont plus rigoureux, ou moins rigoureux, que les grands hivers actuels.

Le docteur Fuster nous servira de guide dans cette recherche, car il a indiqué, dans sa remarquable étude *sur les changements dans le climat de la France*, la marche à suivre pour faire cette comparaison. A défaut des indications du thermomètre, qui n'existe que depuis bien peu de temps, comme nous l'avons vu, il se sert des phénomènes naturels relatés dans les divers récits qui viennent de passer sous nos yeux.

La température à laquelle les fleuves commencent à charrier des glaçons est assez constante. Ceux des provinces du nord : la Seine, le Rhin, la Moselle et la Loire, charrient communément au bout de trois ou quatre jours d'un froid de — 7 degrés à — 8 degrés ; ceux des provinces du Midi : la Gironde, la Garonne, le Tarn, le Var, la Durance et le Rhône, charrient, en général, un peu plus tôt que les premiers, et c'est communément après trois ou quatre jours d'un froid de — 5 à — 6 degrés. Ces rapports assez fixes peuvent servir de point de départ pour les degrés inférieurs d'une échelle de nos grands hivers.

On ne peut rien conclure, au contraire, du fait de la congélation complète des fleuves. Nous avons vu, en effet, cette congélation se produire parfois totalement par des tempéra-

tures de — 9 degrés, tandis que d'autres fois elle n'a pas été produite, comme cela eut lieu en 1709, par des froids de — 23 degrés. Nous observons plus de constance dans les rapports thermométriques de la congélation des grands étangs du Languedoc et de la Provence, des côtes et des petits ports de la Méditerranée, des côtes et des petits ports de la Manche. L'expérience des deux hivers de 1709 et de 1789 donne le droit de penser que ces côtes et ces bassins ne gèlent pas en entier, à moins d'un froid continu de — 20 degrés.

Ce phénomène nous permet d'affirmer qu'aucun hiver n'a été, sur les côtes de la Méditerranée, pendant notre siècle, aussi rigoureux que ceux qui virent ces congélations, comme 1638 et 1709.

Les végétaux, depuis ceux du midi les plus susceptibles, tels que dattiers et orangers, jusqu'à nos essences forestières les plus résistantes, peuvent aussi nous donner une échelle de graduation des hivers rigoureux.

Or, tous ces phénomènes se produisent actuellement, comme ils se sont produits aux temps anciens. Nous voyons encore les rivières se geler, les arbres périr, même les plus résistants. Nous devons en conclure que les grands hivers ne sont actuellement ni beaucoup plus froids ni beaucoup plus chauds que les grands hivers anciens, et que, s'il s'est produit dans la suite des siècles des changements dans notre climat, il faut avoir recours, pour les mettre en évidence, à des faits étrangers aux grands hivers.

CHAPITRE II

LE GRAND HIVER DE 1709.

Nous avons été obligés, jusqu'à présent, de passer très rapidement sur les grands hivers. Les renseignements donnés sur eux par les historiens sont généralement fort vagues : ils se contentent d'enregistrer quelques faits, en les exagérant généralement, de telle manière qu'il est absolument impossible d'établir, par une méthode de discussion quelconque, un classement de ces hivers par ordre de rigueur.

A partir de 1709 nous allons marcher plus sûrement. Et d'abord, cet hiver est le premier sur lequel nous possédions quelques renseignements thermométriques. Sans doute ils sont fort incomplets, et, qui plus est, peu précis, mais tels qu'ils sont ils constituent des éléments précieux pour la comparaison.

Mais avant d'entrer dans la discussion du froid thermométrique de cet hiver, donnons une idée de sa rigueur par les récits des contemporains. Comme ils abondent, nous n'aurons qu'à choisir. Nous emprunterons au *Magasin pittoresque* un grand nombre de ces récits. Nous y verrons comme un résumé de tous les hivers rigoureux qui l'ont précédé, comme un tableau général du type des grands hivers. C'est ce qui nous engagera à y insister.

Les mois d'octobre et de novembre 1708 furent doux ; le mois de décembre présenta une température très ordinaire. Janvier débuta comme avait fini décembre, par de la chaleur ; mais, par sauts brusques, du 4 au 13 la température s'abaissa jusqu'à un froid excessif. Avec des alternatives de douceur relative et

de gelées plus fortes, l'hiver resta rigoureux jusqu'au milieu du mois de mars.

Ce ne fut pas seulement à Paris que le froid se fit sentir avec cette rigueur, mais bien dans toute l'Europe. L'hiver de 1709 est un de ceux qui se sont étendus sur le plus grand nombre de régions. En France, en Italie, en Espagne, en Allemagne, en Angleterre, en Russie, sur toute l'Europe enfin, il exerça ses ravages. En quelques jours tous les fleuves furent entièrement pris ; il n'y eut pas jusqu'aux eaux de la mer, même sur les côtes méridionales de l'Italie et de la France, qui furent gelées.

La Garonne, ce qui est bien rare, l'Ebre même, furent glacés. La Meuse fut prise, à Namur, à 1^{m}.60 de profondeur. Le 8 avril, la Baltique était encore couverte de glaces, aussi loin que la vue, aidée de lunettes, pouvait s'étendre. Le Rhône fut gelé jusqu'à la hauteur de 12 pieds par les couches de glace qui s'y amassèrent, « et l'étang de Thau, ordinairement fort orageux, et qui communique à la mer par un court et large canal, s'est pris de bout à bout, et plusieurs personnes sont allées des bains de Balaruc et du lieu de Bousigues jusqu'à Cette par-dessus la glace, route inconnue à nos pères, et qui le sera peut-être longtemps à nos neveux. » Enfin la mer se gela au loin à Cette, à Marseille, dans la Manche et dans l'Adriatique.

Nous avons vu que pendant ce grand froid, alors que les mers, les lacs les plus profonds, comme celui de Constance et celui de Zurich, étaient pris à porter des charrettes, la Seine demeura complètement libre à Paris, et le Rhône à Viviers. Nous avons donné l'explication de ce fait qui préoccupa beaucoup les contemporains. Des inondations considérables furent aussi la suite d'un dégel sans exemple : la Loire rompit ses levées, monta à une hauteur telle qu'on ne l'avait pas vue depuis deux siècles, et ensevelit tout sur son parcours.

Les effets du froid extraordinaire de cet hiver sont longuement décrits dans les Mémoires des contemporains.

Gauteron écrivait de Montpellier à l'Académie des sciences : « La nuit du 10 au 11 janvier a été la plus froide qu'on ait jamais sentie dans ce pays-ci : dans les maisons les mieux étoffées on sentait un froid très cuisant, dont on avait peine à se garantir ; et peu de personnes purent dormir d'un bon somme, malgré toutes les précautions qu'elles ont pu prendre pour se mettre à couvert de ce grand froid. »

Un grand nombre de voyageurs périrent de froid par les chemins. Gauteron remarque encore que « le dégel du 23 janvier, comme celui du 25 de février, ont été suivis d'un rhume épidémique, dont presque personne n'a été exempt. Tant de personnes en furent saisies toutes à la fois, qu'on ne peut rapporter cette maladie qu'à une cause générale qui ait agi en même temps sur tous les hommes. »

Et voilà son explication : « Pendant le grand froid le sang retient beaucoup de parties séreuses et lymphatiques qui demeurent enveloppées dans ses parties sulfureuses, et dont il ne peut se débarrasser que par une fonte générale. Cette fonte d'humeurs doit arriver par le dégel. Dans ce temps-là le nitre se divise en petites molécules, une grande quantité de ce sel se mêle brusquement avec le sang, l'anime et le fermente ; il n'en faut pas davantage pour faire séparer tout à coup une grande quantité de lymphe et de sérosité qui se jette sur toutes les glandes du corps et produit le mal de tête, le dégoût, l'enchifrenure, la toux, la crudité et l'abondance des urines, la lassitude qu'on appelle spontanée, et quelquefois un peu de fièvre.

» Ce rhume est, d'après Gauteron, fort différent de celui qui arrive pendant le grand froid : dans celui-ci les humeurs circulent avec peine, et par leur épaississement donnent occasion à quelques parties séreuses de s'en séparer, ce qui produit la roupie et la toux, qui sont souvent accompagnées d'un larmoyement involontaire, parce que les points lacrymaux se trouvent quelquefois bouchés par l'épaississement de la muco-

sité qui se sépare dans le nez. Aussi doit-on traiter ces rhumes d'une manière bien différente; les rhumes de froid se guérissent plus promptement par le parfum de Rababé que par aucun autre remède, sans doute à cause de la quantité de sel et de soufre volatil que cette résine contient.

» Le vin et l'eau-de-vie brûlés avec du sucre, le thé, le café et le chocolat, conviennent par la même raison, et j'ai guéri plusieurs rhumes cet hiver très violents et très opiniâtres avec des bouillons de poulet, dans lesquels je faisais bouillir pendant un quart d'heure une once de chair de serpent séchée avec une poignée de feuilles de cresson.

» Les rhumes de dégel doivent être traités d'une manière toute différente. Il faut empêcher la trop grande fonte des humeurs par des émulsions cuites, les crèmes de riz, de gruau, d'orge, par l'eau de son, l'eau de rose et le jaune d'œuf avec le sucre candi, par le petit lait et par le lait même. Les narcotiques et la saignée conviennent aux deux espèces de rhume, surtout quand les malades sont fatigués de la toux, et que l'on craint quelque inflammation de poitrine.

» Voilà quelle idée j'ai de la gelée et de ses effets. »

Qui s'étonnerait après cela de voir Molière bafouer les médecins qui ont immédiatement précédé celui-là.

A Paris, le froid fut tel que, tant qu'il dura, le Parlement n'entra pas au palais : le commerce et les travaux furent interrompus; l'Opéra cessa ; la Comédie et les jeux furent fermés. Cependant une note de la main de Réaumur démontre que les savants ne furent pas si délicats : « En 1709, écrit-il, les séances furent tenues pendant la durée du froid, mais le samedi 26 janvier, il n'y eut pas d'assemblée à cause d'un grand dégel. »

Les animaux ne furent pas plus épargnés que les hommes. Plusieurs espèces de petits oiseaux et d'insectes furent presque anéantis en Angleterre et dans le nord du continent. Derham compte jusqu'à vingt espèces d'oiseaux de la zone glaciale qui

furent vus et tués sur les côtes d'Angleterre. Le bétail périt dans plusieurs provinces. Mais ce furent surtout les végétaux qui eurent à souffrir.

Faisons à ce sujet quelques emprunts aux Mémoires de Jamerai Duval, ce gardeur de dindons qui devait devenir un savant. Chassé de chez ses maîtres, il allait à l'aventure, dans une misère profonde. Pris par la petite vérole, il est recueilli près de Provins par un pauvre paysan qui le met dans une étable à brebis, dans un trou sous le fumier. La misère de ce pauvre homme était telle que Duval écrit : « Les seuls aliments que l'on fut en état de me fournir, consistèrent en un peu de soupe maigre et quelques morceaux de pain bis que la gelée avait tellement durci, qu'on avoit été obligé de le couper à coups de hache, de façon que, nonobstant la faim qui me pressait, j'étais réduit à le sucer. »

Puis il ajoute : « Pendant que j'étois comme inhumé dans l'infection et la pourriture, l'hiver continuoit à désoler la campagne par les plus terribles dévastations. Derrière la bergerie, il y avoit plusieurs touffes de noyers et de chênes fort élevés qui étendoient leurs branches sur le toit qui me couvroit. Je passois peu de nuits sans être éveillé par des bruits subits et impétueux, pareils à ceux du tonnerre ou de l'artillerie; et quand, au matin, je m'informais de la cause d'un tel fracas, on m'apprenoit que l'âpreté de la gelée avoit été si véhémente, que des pierres d'une grosseur énorme en avoient été brisées en pièces, et que plusieurs chênes, noyers et autres arbres, s'étoient éclatés et fendus jusqu'aux racines. Enfin, tout ce que la terre produit pour l'aliment de l'homme, sans même en excepter les arbres fruitiers de la plus solide consistance, avoit été détruit par la force et la pénétrante activité de la gelée, »

A Montpellier, les oliviers et les orangers perdirent leurs feuilles et leurs branches : la plus grande partie de ces arbres moururent jusqu'à la racine, et, « ce qu'on n'avoit jamait vu

dans ce pays-ci, dit Gauteron, les lauriers, les figuiers, les grenadiers, les jasmins, les yeuses et quelques chênes même, ont eu le même sort. »

Dans toute la France, beaucoup d'arbres forestiers furent gelés jusqu'à l'aubier, et vingt ou trente ans plus tard on retrouvait, dans la coupe d'un vieux tronc, la marque de la cicatrice de 1709. Les lauriers, les cyprès, les chênes verts, les oliviers, châtaigniers, les noyers les plus vieux et les plus forts, moururent en grand nombre. Ecoutons Réaumur, qui nous explique la cause principale des dégâts :

« Le premier dégel vint le 26 janvier, mais le froid reprit peu de jours après. Ce fut cette reprise qui fit tout le mal, parce que, l'eau n'ayant pas eu le temps de s'emboire dans la terre, ni de se sécher sur les arbres, la gelée forte et subite qui revint saisit et coupa toutes les racines du blé, et détruisit l'organisation même dans les arbres délicats. »

Les blés auraient été en partie protégés par la neige, sans un grand vent qui causa bien du mal. Voici ce que consigne à ce sujet, dans le registre de sa paroisse, le curé de Feings, près de Mortagne : « Le lundi 7 janvier commença une gelée, qui fut ce jour-là la plus rude et la plus difficile à souffrir : elle dura jusqu'au 3 ou 4 février. Pendant ce temps-là, il vint de la neige d'environ demi-pied de haut : cette neige étoit fort fine, elle se fondoit difficilement. Quelques jours après qu'elle fut tombée, il fit un vent fort froid entre bise et galerne (vent du nord-ouest) qui la ramassa dans les lieux bas; il découvrit les blés, qui gelèrent presque tous. »

La vigne disparut dans plusieurs parties de la France; les jardins et les vergers furent dépouillés de leurs arbres fruitiers. Beaucoup de pommiers parurent n'être pas morts; ils poussèrent des feuilles et des fleurs et moururent ensuite; d'autres succombèrent l'année suivante. La destruction des blés surtout causa une calamité publique.

La famine fut si grande que de mémoire d'homme on n'en

avait vu de pareille. Au palais de Versailles même on ne mangea plus que du pain bis, et Mme de Maintenon se mit au pain d'avoine. Que l'on se figure la misère du peuple, quand les grands, à la cour, étaient réduits à cette extrémité. Ce fut cette année que Louis XIV vendit pour quatre cent mille francs de vaisselle d'argent à la Monnaie. Le désastre fut tel que les blés manquèrent universellement par toute la France. En Normandie, dans le Perche et sur les côtes de Bretagne, on récolta de quoi faire la semence. « Du blé de 1709, écrit un contemporain, il n'en sera point du tout mangé. » Aussi, le prix du pain s'élève rapidement à des hauteurs inconnues : à Chartres, le pain se vend, le 15 juin 1709, au prix de 35 sous les neuf livres, au lieu de 7 à 8 sous, prix ordinaire.

Par bonheur, quelques agriculteurs avisés promenèrent la charrue sur leurs champs ensemencés en blé pour y mettre, malgré les prescriptions de la police, l'orge qui servit à faire le pain nommé de disette.

La famine devint telle qu'au mois d'avril il parut un arrêt du Conseil qui ordonnait à tous les citoyens, sans distinction, ainsi qu'aux communautés, de déclarer exactement leurs approvisionnements en grains et denrées, sous peine de galère et même de mort.

On fit en divers endroits de Paris, et notamment au Louvre, des distributions de pain. Une estampe du temps porte pour devise : « Distribution du pain du roi au Louvre. » Au-dessous sont gravés les quatre mauvais vers suivants :

Chacun accourt au pain : c'est à qui en aura.
O Dieu ! la foule est si grande qu'on *si* tue :
La livre est à deux sous ; pour l'avoir il faudra
Risqué d'être étouffé, si cela continue.

Le peuple fut réduit à se nourrir d'animaux immondes et d'herbes d'habitude réservées aux animaux.

Écoutons de nouveau Jamerai Duval, qui, remis de sa petite

vérole, marchait toujours à l'aventure, cherchant des climats plus cléments. Il arrive au printemps en Champagne : « L'indigence et la faim avoient établi leur séjour dans ces tristes lieux. Les maisons couvertes de chaume et de roseaux s'abais-

Les haillons dont ils étoient couverts...

soient jusqu'à terre et ressembloient à des glacières. Un enduit d'argile broyée avec un peu de paille étoit le seul obstacle qui en défendit l'entrée. Quant aux habitants, leur figure cadroit à merveille avec la pauvreté de leurs cabanes. Les haillons dont ils étoient couverts, la pâleur de leur visage, leurs yeux livides et abattus, leur maintien languissant, morne et engourdi,

la nudité et la maigreur de quantité d'enfants que la faim desséchoit, et que je voyois dispersés parmi les haies et les buissons pour y chercher certaines racines qu'ils dévoroient avec avidité : tous ces affreux symptômes d'une calamité publique m'épouvantèrent et me causèrent une extrême aversion pour cette sinistre contrée. Je la traversai le plus rapidement qu'il me fut possible, n'ayant pour tout aliment que des herbes et un peu de pain de chènevis que j'achetois, et que j'avois même beaucoup de peine à trouver. Cette nourriture brûlante et corrosive, destinée seulement à repaître les plus vils animaux, émoussa mes forces, altéra la bonté de mon tempérament, et me causa des infirmités dont j'ai longtemps ressenti les tristes effets. »

Une telle misère suscita la pitié publique, et des comités de charité se formèrent, à Paris, pour secourir autant que possible les plus malheureux. Les détails qui suivent sont extraits d'un placard imprimé à Paris, par les soins d'un comité de charité, sous le titre de *Nouvel advis important sur les misères du temps*. Tout ce qui est rapporté dans ce placard est déclaré très véritable, étant écrit par témoins oculaires, gens de bien et de capacité, et très dignes de foi, qui en ont donné des témoignages authentiques et dont on garde les originaux.

Voilà quelques extraits de ce placard : « De Romorantin, du 18 avril, on mande qu'outre mille pauvres qui y sont déjà morts de misère, il s'y en trouve encore près de deux mille autres qui languissent et qui sont aux abois ; la plupart n'ayant rien que leurs métiers, dont ils ne travaillent plus, personne ne les occupant.

» A Onzain, près Blois, un vertueux ecclésiastique prêcha à quatre ou cinq cents squelettes, des gens qui, ne mangeant plus que des chardons crus, des limaces, des charognes et d'autres ordures, sont plus semblables à des morts qu'à des vivants. La misère passe tout ce que l'on en écrit, et, sans un

prompt remède, il faut qu'il meure dans le Blésois plus de 20 000 pauvres.

« Sans parler d'Illiers et des environs de Chartres, où il est déjà mort plus de trois cents personnes de faim, du Vendômois, on écrit de Montoire, du mois d'avril, qu'outre les extrémités qu'on souffre là comme ailleurs, le désespoir a rendu le brigandage si commun que personne ne s'en croit à couvert ; que, depuis peu, huit hommes ont massacré une femme pour avoir un pain qu'elle portoit, et qu'un homme, pour défendre le sien, en a tué un autre qui venoit le lui prendre, et que, sur les grands chemins, il y a des gens masqués qui volent; il est commun, dans tout ce pays-là, de faire du pain de fougère toute seule, concassée, avec la septième partie de son, et du potage avec le gui des arbres et des orties.

» Dans la plupart des villes et des villages de la Beauce, du Blésois, de la Touraine... on meurt à tas; on les trouve morts ou mourants dans les jardins et sur les chemins. Dans les faubourgs de Vendôme, on voit des gens couchés par terre qui expirent ainsi sur le pavé, n'ayant pas même de la paille pour mettre sous leur tête, ni un morceau de pain.

» En plusieurs endroits, lorsque les chiens trouvent quelque chose de mangeable, les pauvres se jettent dessus pour le leur arracher; ceux qui achètent du blé sont obligés de s'armer, de peur d'être volés.

» A Amboise, les misères sont à tel excès, qu'on y a vu plusieurs hommes et femmes se jeter sur un cheval écorché, en tirer chacun leur morceau et n'y laisser rien de reste; qu'il s'est trouvé une fille orpheline morte de faim après s'être mangé une main, et un enfant ses doigts.

» Il y a des lieux où, de quatre cents feux, il ne reste que trois personnes. Le 10 mai, un enfant pressé par la faim, arracha et coupa avec les dents un doigt à son frère, qu'il avala, n'ayant pu lui arracher une limace qu'il avoit avalée. Il s'en

trouve de si foibles que les chiens les ont en partie mangés : à Beaumont-la-Ronce, le mari et la femme étant couchés sur la paille et réduits à l'extrémité, la femme ne put empêcher les chiens de manger le visage à son mari, qui venoit d'expirer à son côté, tant elle étoit débile. »

A la fin du dix-huitième siècle, Roucher, dans son poème sur *les Mois*, prend l'hiver de 1709 comme type, et en fait la peinture suivante :

Vieillards dont l'œil a vu ce siècle à son aurore,
Nestors français, sans doute il vous souvient encore
De ce neuvième hiver, de cet hiver affreux,
Qui fit à votre enfance un sort plus désastreux.
Janus avait ouvert les portes de l'année,
Et tandis que la France, aux autels prosternée,
Solennisait le jour où l'on vit autrefois
Le berceau de son Dieu révéré par des rois,
Tout à coup l'aquilon frappe de la gelée
L'eau qui, des cieux naguère à grands flots écoulée,
Écumait et nageait sur la face des champs;
C'est une mer de glace, et ses angles tranchants,
Atteignant les forêts jusques à leurs racines,
Rivaux des feux du ciel, les couvrent de ruines;
Le chêne des ravins tant de fois triomphant,
Le chêne vigoureux crie, éclate, et se fend.
Ce roi de la forêt meurt. Avec lui, sans nombre,
Expirent les sujets que protégeait son ombre.
. . . . . .
Brillante Occitanie, hélas! encor tes rives
Pleurent l'honneur perdu de tes rameaux d'olives!
L'hiver s'irrite encor; sa farouche âpreté
Et du marbre et du roc brise la dureté :
Ouverts à longs éclats, ils quittent les montagnes,
Et, fracassés, rompus, roulent dans les campagnes.
L'oiseau meurt dans les airs, le cerf dans les forêts,
L'innocente perdrix au milieu des guérets;
Et la chèvre et l'agneau, qu'un même toit rassemble,
Bêlant plaintivement, y périssent ensemble;
Le taureau, le coursier, expirent sans secours;
Les fleuves, dont la glace a suspendu le cours,

La Dordogne et la Loire, et la Seine et le Rhône,
Et le Rhin si rapide, et la vaste Garonne,
Redemandent en vain les enfants de leurs eaux.
L'homme faible et percé jusqu'au fond de ses os,
Près d'un foyer ardent, croit tromper la froidure.
Hélas! rien n'adoucit les tourments qu'il endure.
L'impitoyable hiver le suit sous ses lambris,
L'attaque à ses foyers, d'arbres entiers nourris,
Le surprend dans sa couche, à ses côtés se place,
L'assiège de frissons, le raidit et le glace.
Le règne du travail alors fut suspendu,
Alors dans les cités ne fut plus entendu
Ni le bruit du marteau, ni les cris de la scie;
Les chars ne roulent plus sur la terre durcie;
Partout un long silence, image de la mort.
Thémis laisse tomber son glaive, et le remord
Venge seul la vertu de l'audace du crime.
Tout le courroux des dieux vainement nous opprime,
Les temples sont déserts; ou si quelques mortels
Demandent que le vin coule encore aux autels,
Le vin, sous l'œil des dieux que le prêtre réclame,
S'épaissit et se glace à côté de la flamme.
. . . . . .

Tâchons maintenant de rechercher quelles furent les températures de cet hiver mémorable, et s'il fut en réalité plus rigoureux que les hivers qui l'ont précédé et qui devaient le suivre.

En 1709, on faisait déjà depuis assez longtemps des observations thermométriques. L'invention du thermomètre remonte vraisemblablement à l'année 1625. A cette époque, en effet, Sanctorius, médecin d'Italie célèbre par ses écrits, né à Capo d'Istria, en 1561, « s'avisa de faire une machine appelée *thermomètre*, pour connoître les différents degrés de chaleur de ceux qui avoient la fièvre, sans faire attention, suivant toutes les apparences, que la même machine pouvoit lui montrer les changements qui arriveroient à l'air qui peut augmenter de volume par les différentes chaleurs, et qu'elle seroit fort

curieuse et plus utile au public par la connoissance qu'elle lui donneroit des températures de l'air que par l'application qu'il en vouloit faire à la médecine. »

Quoi qu'il en soit de la date précise de l'invention du thermomètre, ses observations régulières faites à l'Observatoire de Paris remontent à l'année 1666. En 1709, les observations étaient faites depuis déjà trente ans par de la Hire : « Mon thermomètre, dit-il, est placé dans la tour orientale de l'Observatoire, laquelle est découverte; en sorte qu'il est à l'abri du vent, et que le soleil ne donne jamais sur la boule ni sur le tuyau. Toutes les observations sont faites un peu avant le lever du soleil, qui est le moment où la température est ordinairement le plus bas. »

Ce thermomètre n'était donc pas placé dans des conditions convenables, et quoique la tour fût découverte, il y faisait certainement une température supérieure pendant les froids à la température extérieure. De plus, le thermomètre de de la Hire n'était pas gradué au moyen d'une règle bien déterminée, comme cela se fait de nos jours. Or, ce thermomètre a été détruit vers la fin du dix-huitième siècle, et on n'a pas une correspondance exacte de ses températures avec celles du thermomètre centigrade. Aussi tous les savants se préoccupèrent-ils, pendant toute la durée du dix-huitième siècle, de ramener les températures de 1709, au moyen de comparaisons approximatives, aux échelles connues. Grâce aux travaux de Réaumur, de Meissier, de Lavoisier, de Van-Swinden, de M. Renou, on a pu établir à peu près cette correspondance. Malheureusement, elle ne s'étend que sur quelques observations. Il ne reste, en effet, des notes de l'époque, que les deux fragments que nous allons citer, l'un de de la Hire lui-même, l'autre écrit un peu plus tard par Réaumur.

De la Hire écrit : « Le froid du commencement de cette année a été excessif avec beaucoup de neige; car mon thermomètre est descendu jusqu'à 5 parties, le 13 et le 14 jan-

vier; et, les jours suivants, étant un peu remonté, il revint à 6 parties le 20, et le 21 à 5 3/4; mais ensuite le froid diminua peu à peu. Ce grand froid a été fort sensible; car, le 4 de ce mois de janvier, le thermomètre était à 42 parties, qui est un état fort proche du moyen, que j'ai déterminé à 48; le 6, il vint à 30; le 7, à 22; le 10, à 9; et enfin, le 13, à 5. C'est sans doute ce changement subit qui a paru si extraordinaire. Ce thermomètre n'était encore jamais descendu si bas.

» En 1695 il n'avait pas été si bas, et cependant le froid de cet hiver a été regardé comme un des plus grands qu'il ait fait il y a longtemps. L'hiver de cette année a duré fort longtemps, car le 13 mars il gelait encore très fort, le thermomètre était à 24 parties, et la gelée commence quand il est à 32. »

Voilà, d'autre part, les renseignements donnés par Réaumur, qui sont, au moins quant aux nombres, copiés sur la note de de la Hire : « Le froid commença presque subitement le 5 janvier au soir, jour auquel il avait plu une grande partie de la journée, et où le thermomètre était à 42, très proche du tempéré fixé à 48. Le 13 et le 14 janvier furent les plus froids. Le thermomètre descendit à 5 parties le 13 et le 14 janvier. Le froid vint sans vent considérable. Le vent était très faible, et, ce qui est à remarquer, au sud ; et lorsque le vent augmentait et tournait vers le nord, le froid diminuait. »

De la Hire ajoute que le froid de 1709 a dû être plus violent que celui de 1608, appelé cependant grand hiver. Réaumur, Lavoisier, affirment que le froid de 1709 est le plus grand froid qu'on ait éprouvé de mémoire d'homme en France.

Il semble donc certain qu'il faut remonter au moins au quinzième siècle pour trouver un hiver comparable à celui de 1709, et même aucun document précis ne nous autorise à affirmer qu'il y ait jamais eu en France, avant 1709, un hiver aussi froid.

Les travaux des savants que nous avons cités, pour ramener les nombres de de la Hire à des échelles connues, ont conduit

à des résultats quelque peu contradictoires. Mais on peut affirmer que ces températures, exprimées en degrés centigrades, ont été certainement moins froides que celles données par les nombres suivants :

29 octobre 1708.	— 1°.5
12 décembre.	— 5 .2
4 janvier 1709.	+ 7 .5
6 janvier	— 1 .4
7 janvier	— 7 .6
10 janvier	— 18 .0
13 janvier	— 23 .1
14 janvier	— 21 .3
20 janvier	— 20 .4
21 janvier	— 20 .6
13 mars	— 5 .6

Nous savons, d'après la lettre de Réaumur, citée à propos de l'effet sur les végétaux, que le froid ne dura pas sans interruption du 5 janvier au 13 mars, puisqu'il y eut à la fin de anvier un dégel complet. A cette époque les observations thermométriques commençaient déjà à se répandre quelque peu, et l'on a sur les froids de divers points de l'Europe quelques renseignements.

A Montpellier, le froid le plus vif eut lieu le 11 janvier; il fut de — 16°.1. A Marseille, on observa — 17°.5.

Le froid qu'on éprouva dans la Hollande, en Angleterre et en Prusse, fut moindre qu'à Paris. Il commença à geler, dans les environs de Londres, le jour de Noël, et la gelée dura jusqu'à la fin de mars ; le plus grand froid observé fut le 14 janvier, de — 17°.3 au collège de Gresham. A Berlin, les 9 et 10 janvier, on eut — 16°.6. A Namur on eut — 19°.1

Remarquons, dès maintenant, que ces froids sont bien moins intenses que ceux observés en France pendant le mois de décembre 1879.

CHAPITRE III

LES HIVERS DE 1709 A 1830.

Dans la période de cent vingt ans qui s'écoule entre les deux grands hivers de 1709 et de 1830, il y eut un grand nombre d'hivers rigoureux. Arago en compte quarante-cinq, Fuster trente seulement. En somme, il n'y en eut pas plus de trois ou quatre qui furent réellement extraordinaires. Quelques-uns même, et notamment celui de 1740 et celui de 1776, ont été peut-être aussi rigoureux que celui de 1830. Nous y insisterons cependant beaucoup moins, car nous n'aurions qu'à répéter pour eux, en les atténuant, les récits que nous venons de faire. Nous nous contenterons de citer les faits saillants de quelques-uns de ces hivers.

« Le nom d'année du grand hiver est devenu propre à 1709, écrivait Réaumur dans les Mémoires de l'Académie des sciences; celui de long hiver est dû à aussi bon titre à 1740 : quoique le froid ait été assez vif à Paris dans cette dernière année, il n'a pas été aussi considérable qu'en 1709; mais il a duré plus longtemps. »

En effet, le froid le plus vif se fit presque constamment sentir pendant les mois de janvier, de février et les neuf premiers jours du mois de mars. La température s'éleva fort peu le reste de ce mois et durant le mois d'avril; elle ne monta réellement à sa hauteur normale que le 23 mai. La Seine fut gelée dans toute sa longueur. Montpellier ne ressentit nullement le rigoureux hiver de cette année. Les observations du président Bon ont établi que l'hiver y avait été plus doux que le printemps à Paris.

Les végétaux n'eurent pas autant à souffrir qu'en 1709, mais la longue durée du froid eut des conséquences funestes sur la santé publique : la mortalité fut énorme à la suite de cette saison calamiteuse. Le mémoire de Réaumur, dont nous donnons plus loin des extraits, le montrera.

Les hirondelles, venues au commencement d'avril, moururent d'inanition, par suite du retard apporté par la durée de l'hiver à l'éclosion des nymphes des petits insectes dont elles se nourrissent en volant. Elles tombaient à toute heure dans les rues, dans les cours, dans les jardin.

« Dans cette saison, le peuple de Londres construisit sur la glace une cuisine spacieuse, dans laquelle on fit rôtir un bœuf entier. A Saint-Pétersbourg, on construisit un palais de glace, au-dessus duquel étaient six canons, également de glace, chargés chacun d'un quartaut de poudre et d'un boulet. On les tira sans faire éclater la glace. Comme en 1709, le dégel fut accompagné d'inondations désastreuses ; le pont de Rouen fut emporté par les glaces. »

Quelques extraits d'un mémoire de Réaumur nous donneront sur cet hiver des notions précises : « L'année 1740 peut être mise au nombre de celles où la mortalité a été la plus grande, au printemps, dans le royaume. Dans la plupart de ses provinces, les campagnes ont perdu un nombre prodigieux d'habitants ; je connais des villages du Poitou à qui la moitié des leurs a été enlevée. »

Les blés n'eurent pas à souffrir des froids de l'hiver, et, en juin, ils avaient une magnifique apparence ; mais le froid relatif de juillet et les pluies continuelles d'août anéantirent presque complètement la récolte. La vigne, qui, elle aussi, avait d'abord été très belle, trompa les espérances, et en beaucoup de localités on ne vendangea même pas, le fruit n'ayant pu mûrir. Dans certains pays du Nord, le froid de 1740 fut plus vif que celui de 1709.

« M. Celsius a rassemblé un grand nombre de faits qui con-

courent à prouver que le froid de 1740 fut excessif en Suède. Les hommes qui s'étaient trouvés exposés à l'air sans s'être assez vêtus moururent de froid. Le froid fit périr dans les forêts une très grande quantité d'animaux. Toute l'eau des petits lacs et peu profonds devint une pièce de glace. Vers la fin de février, dans le milieu du lac Ekoln, qui est une partie considérable du lac Meler, la glace avait d'épaisseur vingt-huit de nos pouces de Paris et trente-quatre pouces à quelque distance du rivage. La mer qui est entre la Suède et la Finlande fut assez gelée pour que le messager pût passer dessus. »

L'hiver de 1776 n'a été surpassé que par celui de 1709. Mais ce froid de 1776 a procédé fort inégalement. Sa violence dans le nord le place au rang des plus rudes. Il a été moins vif en général dans les provinces du centre et du midi ; on l'a très peu senti dans quelques-unes, et il a même été nul sur d'autres points. Les fortes gelées firent périr beaucoup de monde sur les grandes routes, à la campagne et jusque dans les rues. Beaucoup de rivières gelèrent ; sur les côtes maritimes les glaces eurent jusqu'à $3^{m}.40$ d'épaisseur. « L'embouchure de la Seine, sur une largeur de plus de 8 000 mètres, se montra, le 29 janvier et les jours suivants, toute couverte de glace, ainsi que cette partie de la mer comprise entre la baie de Caen et le cap de la Hève, en sorte que du Havre la mer paraissait couverte de glace jusqu'à l'horizon. Cette glace était rompue par le flux et le reflux, ce qui donnait à notre mer l'apparence de la Baltique. »

Le grand froid de cet hiver attira beaucoup l'attention des savants. Meissier, Lavoisier, notamment, firent des travaux importants, principalement dans le but de le comparer à l'hiver de 1709. Le public lui-même ne resta pas indifférent ; voilà ce que nous dit Meissier à ce sujet : « Le grand froid intéressait généralement les habitants de la capitale. Les matins, un grand nombre de personnes se rendaient chez moi pour avoir le degré de froid, et je fus obligé de mettre chez le

Une scène de l'hiver de 1776.

portier de l'hôtel de Cluny un bulletin qui contenait le degré de froid observé ; on y venait en foule pour le copier et le répandre ensuite dans la capitale. »

Le long mémoire que Meissier consacre à cet hiver renferme des faits pleins d'intérêt.

Il remarque que, à cause de l'abondance de la neige, il y eut un grand nombre d'accidents dans les rues de Paris. La consommation du bois, ainsi que celle du charbon, fut considérable. Les pendules s'arrêtèrent dans les appartements à feu. Plusieurs cloches se cassèrent en sonnant : celle du collège de Cluny, place de la Sorbonne, fut du nombre.

Le fait suivant est assez rare pour être cité : « La fenêtre de ma cuisine, dit Meissier, qui donnait au levant, et qui avait été fermée pendant le temps des grands froids, ayant été ouverte le 3 février vers midi (au moment du dégel, par une grande élévation de température), la communication de l'air extérieur avec celui de ma cuisine produisit au moment même une détente des parties de toute la vaisselle de faïence, avec un bruit assez fort pour craindre qu'elle ne se cassât. Deux gobelets de verre, vides et sans être couverts, se cassèrent ; le bruit fut considérable au moment de l'explosion. »

Adanson dressa une liste des plantes qui furent tuées par cet hiver, et de celles qui résistèrent. Il montre le rôle protecteur de la neige, qui avait quatre pouces d'épaisseur. Il ajoute : « Le peuple a beaucoup souffert ; on amenait tous les jours à Paris plusieurs hommes et femmes trouvés morts de froid et gelés à la campagne : il est constant aussi que plusieurs personnes aisées, obligées de voyager, allant de Paris à Versailles dans leurs équipages, ont essuyé une maladie très sérieuse par l'effet du froid. » Le courrier de Paris pour la Picardie fut trouvé gelé dans sa voiture, lorsqu'il arriva à Clermont en Beauvoisis. « Les mendiants qui couchent dans les granges, dit Duhamel, eurent les pieds gelés ; d'autres ont péri le long des chemins ; on en a même trouvé de morts dans

les maisons. Beaucoup de vieillards ont été frappés de mort subite. »

Le gibier eût beaucoup à souffrir. On vit des volées de perdrix s'abattre aux Tuileries. Au mois de mai, on trouva dans l'emplacement clos où l'on construisit la Comédie française, un lièvre qui s'y était réfugié pendant l'hiver.

Louis XVI fit supprimer les sentinelles du château de Versailles : il en fit ouvrir toutes les cuisines aux pauvres. Touché du triste sort de ces pauvres malheureux, il leur fit distribuer plusieurs charrettes de bois. Voyant un jour passer une file de ces voitures, tandis que beaucoup de seigneurs se préparaient à se faire traîner rapidement sur la glace, il leur dit : « Messieurs, voici mes traîneaux. »

C'est la reine Marie-Antoinette qui avait mis les traîneaux à la mode. Mme Campan nous l'indique en ses Mémoires, dans les termes suivants : « L'hiver 1776 fut très froid. La reine eut le désir de faire des parties de traîneau. Cet amusement avait déjà eu lieu à la cour de France ; on en eut la preuve en retrouvant, dans le dépôt des écuries, des traîneaux qui avaient servi au Dauphin, père de Louis XVI, dans sa jeunesse. On en fit construire quelques-uns d'un goût plus moderne pour la reine. Les princes en commandèrent de leur côté, et en peu de jours il y en eut un assez grand nombre. Ils étaient conduits par les princes et les seigneurs de la cour. Le bruit des sonnettes et des grelots dont les harnais des chevaux étaient garnis, l'élégance et la blancheur de leurs panaches, la variété des formes de ces espèces de voitures, l'or dont elles étaient toutes rehaussées, rendaient ces parties agréables à l'œil... Mais cette mode, qui tient aux usages des cours du Nord, n'eut aucun succès auprès des Parisiens. La reine en fut informée ; et quoique tous les traîneaux eussent été conservés, et que depuis cette époque il y ait eu plusieurs hivers favorables à ce genre d'amusement, elle ne voulut plus s'y livrer. »

Et, en effet, quelques années plus tard, en 1783-1784, un nouvel hiver très rigoureux se produisit. La température descendit à Paris jusqu'à 19 degrés au-dessous de zéro. Comme en 1709, il y eut nombre d'accidents de personnes, des gens dévorés par les loups, la circulation interrompue par les neiges, une misère extrême; « on manquait de tout, de pain, de bois et d'argent. »

Les inondations dues au dégel occasionnèrent de grands désastres : des ponts rompus, des villages entiers presque détruits, des habitants emportés avec leurs meubles. Sur l'ordre du roi Louis XVI on alluma des feux publics dans les rues pour chauffer les pauvres gens. Le peuple reconnaissant éleva une statue de neige au roi, à la barrière des Sergents; elle resta là plusieurs semaines sans fondre.

Cet hiver de 1783 à 1784 se renferma presque exclusivement dans la zone du nord. On le trouve mentionné comme l'un des plus rudes à Paris par le Gentil et le P. Cotte, tandis qu'il n'en est nullement question dans les observations météorologiques de Bordeaux, de Marseille, de Montpellier, ni généralement de la région des oliviers.

L'hiver de 1788-1789 a été long et rigoureux sur toute l'Europe. Il présenta à Paris 86 jours de gelée, dont 56 presque consécutifs, nombres qui ne se sont pas rencontrés depuis. Les mois de novembre, décembre, janvier, mars, furent très rigoureux ; celui de février, au contraire, fut très doux, avec seulement deux jours de gelée. Les caractères furent ceux de tous les grands hivers précédents. Nous y voyons de grandes neiges, presque toutes les rivières arrêtées, des voyageurs mourant de froid, les végétaux très éprouvés. Cet hiver gela nos ports de mer et la mer sur nos côtes; la masse des glaces intercepta la communication de Calais à Douvres, couvrit la Manche à deux lieues au large, obstrua les ports de ces parages et emprisonna les navires. A Marseille, les bord du bassin furent couverts de glace. Dans le pays toulousain, le pain gela

dans presque tous les ménages : on ne pouvait le couper qu'après l'avoir exposé au feu. Les débâcles furent désastreuses. Citons-en une seule : « Dans une sinuosité du lit de la Loire, dit un rapport adressé au directeur général des ponts et chaussées, la glace s'est amoncelée et a formé une digue qui a obstaclé et barré le courant presque en entier. Les eaux se sont élevées de manière à excéder la hauteur des levées, et elles se sont précipitées à torrents sur le terrain bas qui se trouvait derrière. La levée, en cet endroit, a bientôt été dégradée et emportée par la violence du courant, et il s'est fait deux brèches voisines l'une de l'autre. C'est par cette rupture, qui se trouve précisément dans la direction du courant de la rivière, que passe depuis cinq jours l'énorme quantité de glace dont elle était couverte dans sa partie supérieure. » Tout le Val, près d'Orléans, fut inondé et dévasté par suite de cette rupture des digues.

Cependant cet hiver n'amena pas de famine. Les blés, protégés par la neige, apparurent très verts au dégel, plus épais même qu'à l'ordinaire, parce qu'ils avaient été purgés des mauvaises herbes qui les étouffent après les hivers doux. L'année fut assez abondante, et cependant la misère du peuple fut grande pendant l'année 1789 ; mais la faute n'en était pas à la rigueur de la saison.

L'hiver de 1794-1795, moins rigoureux en somme, mérite de nous retenir à cause de son intérêt historique. On y observa un des plus grands froids qui aient jamais été observés à Paris, — 23°.5, mais il n'y eut que 64 jours de gelée. C'est grâce à la rigueur exceptionnelle de cet hiver que Pichegru put, presque sans combattre, conquérir la Hollande. Toutes les rivières étaient prises, et l'armée ne rencontrait dans sa marche aucun obstacle. Bientôt l'armée française entrait dans Amsterdam. « Les soldats français donnèrent dans cette occasion le plus bel exemple d'ordre et de discipline. Privés de vivres et de vêtements, exposés à la glace et à la neige, au mi-

lieu de l'une des plus riches capitales de l'Europe, ils attendirent pendant plusieurs heures, autour de leurs armes rangées en faisceaux, que les magistrats eussent pourvu à leurs besoins et à leurs logements. » — « Le merveilleux lui-même, dit M. Thiers, vint s'ajouter à cette opération de guerre déjà si extraordinaire. Une partie de la flotte hollandaise mouillait près du Texel. Pichegru, qui ne voulait pas qu'elle eût le temps de se détacher des glaces et de faire voile vers l'Angleterre, envoya des divisions de cavalerie et plusieurs batteries d'artillerie légère vers la Nord-Hollande. Le Zuyderzée était gelé ; nos escadrons traversèrent au galop ces plaines de glace, et l'on vit des hussards et des artilleurs à cheval sommer comme une place forte ces vaisseaux devenus immobiles. Les vaisseaux hollandais se rendirent à ces assaillants d'une espèce si nouvelle. »

Bientôt la conquête fut complète, conquête due à l'admirable constance des soldats, à leur force de résistance, à la saison, beaucoup plus qu'à l'habileté des généraux.

C'est aussi pour des faits de guerre que l'hiver 1812-1813 restera à jamais mémorable. Il ne présenta pas, en effet, en France, de rigueurs bien extraordinaires, et même sa température minima à Paris, — 10°.6, est observée au moins une année sur deux; mais en Russie, là où se trouvait l'immense armée qui était forcée de quitter Moscou, il était précoce et très rigoureux. Dès le commencement de novembre, le froid devint intense, et le 23, jour de l'évacuation complète de Moscou, la neige tombait déjà depuis plus d'un mois, et la température était inférieure à — 25 degrés. Les rivières étaient toutes gelées de manière à porter l'artillerie.

Ce sont d'abord les neiges qui s'opposent à la retraite : « Pendant que le soldat s'efforce, dit M. de Ségur dans son *Histoire de la campagne de Russie*, pour se faire jour au travers de ces tourbillons de vent et de frimas, les flocons de neige, poussés par la tempête, s'amoncellent et s'arrêtent dans

toutes les cavités; leur surface cache des profondeurs inconnues qui s'ouvrent profondément sous nos pas. Là, le soldat s'engouffre, et les plus faibles, s'abandonnant, y restent ensevelis. Ceux qui suivent se détournent, mais la tourmente leur fouette au visage la neige du ciel et celle qu'elle enlève de la terre; elle semble vouloir avec acharnement s'opposer à leur marche. L'hiver moscovite, sous cette nouvelle forme, les attaque de toutes parts : il pénètre au travers de leurs légers vêtements et de leurs chaussures déchirées. Leurs habits mouillés se gèlent sur eux; cette enveloppe de glace saisit leur corps et raidit tous leurs membres. Un vent aigu et violent coupe leur respiration; il s'en empare au moment où ils l'exhalent et en forment des glaçons qui pendent à leur barbe autour de leur bouche. Les malheureux se traînent encore en grelottant jusqu'à ce que la neige qui s'attache sous leurs pieds en forme de pierre, quelque débris, une branche, ou le corps de leurs compagnons, les fasse trébucher et tomber. Là, ils gémissent en vain; bientôt la neige les couvre; de légères éminences les font reconnaître : voilà leur sépulture ! La route est toute parsemée de ces ondulations comme un champ funéraire. Les plus intrépides ou les plus indifférents s'affectent : ils passent rapidement en détournant leurs regards. Mais devant eux, autour d'eux, tout est neige; leur vue se perd dans cette immense et triste uniformité, l'imagination s'étonne : c'est comme un grand linceul dont la nature enveloppe l'armée. Les seuls objets qui s'en détachent, ce sont de sombres sapins, des arbres de tombeau avec leur funèbre verdure, et la gigantesque immobilité de leurs noires tiges, et leur grande tristesse qui complète cet aspect désolé d'un deuil général, d'une nature sauvage et d'une armée mourante au milieu d'une nature morte. Tout, jusqu'à leurs armes encore offensives à Malo-Iaroslawitz, mais depuis seulement défensives, se tourna alors contre eux-mêmes. Elles parurent à leurs bras engourdis un poids insupportable. Dans les chutes fré-

1812. — Retraite de Russie.

quentes qu'ils faisaient, elles s'échappaient de leurs mains, elles se brisaient ou se perdaient dans la neige. S'ils se relevaient, c'était sans elles; car ils ne les jetèrent point, la faim et le froid les leur arrachèrent. Les doigts de beaucoup d'autres gelèrent sur le fusil qu'ils tenaient encore, et qui leur ôtait le mouvement nécessaire pour y entretenir un reste de chaleur et de vie. »

Puis le froid fait périr ceux qui n'ont pas été ensevelis sous la neige. Le 6 décembre 1812, « en quittant Molodeczno, le froid devint encore plus rigoureux, et le thermomètre descendit à 30 degrés Réaumur (— 38 degrés centigrades). La vie se serait interrompue même dans des corps sains, à plus forte raison dans des corps épuisés par la fatigue et les privations. Les chevaux étaient presque tous morts; quant aux hommes, ils tombaient par centaines sur les chemins. On marchait serrés les uns contre les autres, en troupe armée ou désarmée, dans un silence de stupéfaction, dans une tristesse profonde, ne disant mot, ne regardant rien, se suivant les uns les autres et tous suivant l'avant-garde, qui suivait elle-même la grande route de Wilna partout indiquée. A mesure qu'on marchait, le froid, agissant sur les plus faibles, leur ôtait d'abord la vue, puis l'ouïe, bientôt la connaissance, et puis, au moment d'expirer, la force de se mouvoir. Alors seulement ils tombaient sur la route, foulés aux pieds par ceux qui venaient après comme des cadavres inconnus. Les plus forts du jour étaient à leur tour les plus faibles du lendemain, et chaque journée emportait de nouvelles générations de victimes.

» Le soir, au bivouac, il en mourait par une autre cause: c'était l'action trop peu ménagée de la chaleur. Pressés de se réchauffer, la plupart se hâtaient de présenter à l'ardeur des flammes leurs extrémités glacées. La chaleur ayant pour effet ordinaire de décomposer rapidement les corps que le principe vital ne défend plus, la gangrène se mettait tout de suite aux pieds, aux mains, au visage même de ceux qu'une trop grande

impatience de s'approcher du feu portait à s'y apposer sans précaution. Il n'y avait de sauvés que ceux qui, par une marche continue, par quelques aliments pris modérément, par quelques spiritueux ou quelques boissons chaudes, entretenaient la circulation du sang, ou qui, ayant une extrémité paralysée, y rappelaient la vie en la frictionnant avec de la neige. Ceux qui n'avaient pas eu ce soin se trouvaient paralysés le matin, au moment de quitter le bivouac, ou de tout le corps, ou d'un membre que la gangrène avait atteint subitement. » (Thiers, *Histoire du Consulat et de l'Empire.*)

L'hiver 1819-1820 fut, en France, le plus grand de tous les hivers compris entre 1789 et 1830. Son étude ne nous présenterait rien de nouveau à signaler, nous ne l'entreprendrons pas.

CHAPITRE IV

LE GRAND HIVER DE 1830.

L'hiver de 1829-1830 a été le plus rigoureux du dix-neuvième siècle, jusqu'à celui de 1879-1880. Il a été aussi remarquable par sa longueur que par sa rigueur, et, à cause de cette longueur même, il a été extrêmement funeste à l'agriculture. Ses ravages, comme pour celui de 1709, s'étendirent sur toute l'Europe. Dès le mois de novembre, les gelées ayant commencé partout à être très fortes, l'Europe presque entière se couvrit d'une grande quantité de neige qui, presque partout, resta longtemps sans fondre. Ainsi, le 2 novembre, il tomba assez de neige à Varsovie pour qu'on pût aller en traîneau dans les rues. En Prusse, il tomba beaucoup de neige, et, en janvier, il y en avait cinquante centimètres dans les rues de Berlin. Toutes les voitures y étaient transformées en traîneaux dès la fin de décembre. Dans le midi de la France, il neigea abondamment en décembre et en janvier, et dans certains endroits la neige couvrit le sol pendant cinquante-quatre jours consécutifs. C'est énorme pour le climat du Languedoc et de la Provence, où, le plus souvent, elle se fond en tombant, ou à peu près. A Genève, il y avait dans les rues plus de trente centimètres de neige, pendant qu'il n'y en avait pas dans la vallée de Chamouny, au pied du mont Blanc, ni sur le mont Saint-Bernard : phénomène qui semble extraordinaire, et qui cependant se reproduit dans un grand nombre d'hivers rigoureux.

En Corse, en Italie, en Portugal, il tomba d'énormes quantités de neige. En Espagne, les communications se trouvèrent

interrompues. Dans certaines vallées, on en mesura plus de trois mètres. En France, à Roncevaux, il y en eut six pieds de hauteur. Ces chutes de neige étaient parfois accompagnées de violentes tempêtes. Ainsi, dans le canton de Rivesaltes, une bergerie s'écroula, dans la nuit du 27 au 28 décembre, sous l'action du vent, et écrasa dans sa chute un troupeau de trois cents moutons.

En Savoie, par un froid de 19 degrés, l'Arve fut glacé d'une épaisseur de treize pieds, et les montagnes furent ensevelies sous quarante pieds de neige.

En bien des points, notamment à Pau, les loups, chassés des montagnes par une telle abondance de neige, se répandirent dans la plaine, attaquant les personnes, et portant l'effroi dans les habitations. En Espagne, ils descendirent en troupes nombreuses, firent de cruels ravages parmi les troupeaux, et dévorèrent un grand nombre de personnes.

Les communications ne tardèrent pas à être interrompues en un grand nombre de points : les courriers n'arrivèrent plus à destination. Ainsi, on écrivait de Toulouse, le 26 décembre : « Depuis quelques jours le froid se fait sentir avec une grande violence. Il y a huit à dix pouces de neige dans les environs, et il ne cesse pas d'en tomber avec abondance. On attend la diligence de Paris, qui n'arrive pas. »

De même, à la même date, on mandait de Caen : « Il est tombé une si grande quantité de neige dans les départements du Calvados et de la Manche, que les communications de la ville de Caen avec les campagnes et les villes voisines sont non seulement devenues difficiles, mais même dangereuses. Il paraît que les neiges, poussées par les gros vents qui se sont fait sentir les jours précédents, se sont amoncelées jusqu'à cinq et six pieds dans le Cotentin. » Beaucoup de voituriers disparurent dans ces immenses neiges.

A Paris, il en était presque de même, et, dans les premiers jours de janvier, la circulation des voitures dans les rues était

impossible. Six cents tombereaux et quatre mille individus furent employés pendant plusieurs semaines à l'enlèvement des glaces et des neiges dans Paris.

Le froid fut assez cruel pour que presque partout les hommes et les animaux en aient été victimes. A Paris, un soldat mourut dans la nuit du 26 décembre après avoir fait sa faction. A Rouen, un enfant mourut de froid. A Montreuil, le 1er janvier, deux hommes furent ramassés morts de froid. A Marseille, le 12 janvier, on trouva cinq individus qui avaient également succombé sur la voie publique. A la Peña d'Orduna, en Espagne, quatorze muletiers moururent de froid. A Berlin, le nombre des décès s'éleva considérablement, les hôpitaux et les maisons de travail se remplirent de malheureux accablés par la misère et le froid.

Les pauvres gens, sans bois pour se chauffer, souffraient horriblement. Le maire du septième arrondissement et celui du dixième firent établir des chauffoirs publics à partir du 15 janvier. On fut obligé d'envoyer en Alsace des soldats à la poursuite des malheureux qui pillaient les bois et les forêts pour se chauffer; il y eut même, le 10 février, une émeute à Guebwiller, amenée par la répression du vol du bois. Le roi Charles X crut devoir, par une ordonnance du 4 mars, accorder une amnistie pour les délits forestiers commis pendant la durée de l'hiver. Partout dans Paris on organisa des quêtes pour les indigents. Les membres de la famille royale s'étant distingués par leur générosité, le marquis de Valori, chevalier des ordres de Malte et de la Légion d'honneur, célébra cette bienfaisance en termes pompeux et emphatiques. Cette *Ode sur l'hiver de 1830* se trouve en entier dans le *Moniteur universel;* quelques extraits nous suffiront:

. . . . . .

Oui, je consolerai sur la glèbe durcie
Le soc agriculteur, aux stériles efforts;
Et le cristal des flots, rebelle à l'âpre scie,

Se brisera sous mes trésors.

. . . . . .

Attendrissant spectacle ! Au banquet charitable,
Le riche citadin sans peine a consacré
L'orgueil de ses habits, le luxe de sa table,
Et l'éclat de son char doré.

. . . . . .

De pudiques tributs quelle moisson pieuse !
Je ne sais, mais je crois que d'invisibles mains
Prirent avec le ciel une part glorieuse
Au soulagement des humains.

. . . . . .

Ainsi l'orme géant, fortifié par l'âge,
Prolongeant dans les bois ses verdoyants arceaux,
Garantit de la neige et des feux de l'orage
Le peuple nain des arbrisseaux.

La perte en bestiaux fut aussi très considérable. On écrivait d'Arles, le 6 février : « L'hiver dépassera celui de 1789. Nos oliviers meurent sous l'action du froid ; les troupeaux périssent en détail : tout souffre dans les fermes comme à la ville. » On porte à quatorze mille têtes de bétail les pertes de l'Andalousie. L'abondance de la neige força à suspendre partout, pendant trois mois, les travaux de la campagne. Les dégâts sur les végétaux, très considérables, le furent cependant beaucoup moins qu'en 1709. Les récoltes en terre, blés, avoines, orges, sainfoins, prairies, furent en partie préservées par la neige. Cependant en beaucoup d'endroits, comme en 1709, les champs dépouillés de la neige par le vent furent exposés à toute la rigueur du froid, et les récoltes furent gelées. Dans d'autres points, les gelées arrivant après le dégel furent fatales. Sur les terres en pente, où les eaux purent facilement s'écouler, les blés furent très bons, et il ne vint rien dans les creux au milieu des plaines. La sécheresse du printemps vint augmenter le mal et causa autant de dommages que la gelée. En somme, les blés, les fourrages, les maïs, furent clairs et courts. La récolte fut des plus médiocres, mais non pas

nulle. Il n'en résulta aucune famine comparable à celles des siècles précédents. C'est que déjà, à cette époque, les famines étaient passées pour ne plus revenir.

Quant aux arbres, que la neige ne pouvait garantir, ils furent plus malheureux encore, quoique beaucoup se soient sauvés. La liste de ceux qui périrent serait trop longue. Citons seulement rapidement les plus importants. Les oliviers, les vignes, les châtaigniers, les figuiers, les mûriers, les lauriers, périrent en grand nombre, et on se chauffa pendant l'hiver suivant avec les nombreux arbres qu'il fallut couper au pied. Au contraire, les noyers, noisetiers, cognassiers, néfliers, sorbiers, cerisiers, abricotiers, pruniers, poiriers, pommiers, eurent peu à souffrir, de même qu'un certain nombre d'arbres exotiques.

Les phénomènes de congélation, les débâcles, les inondations dues à la fonte des neiges, méritent de nous arrêter plus longuement; d'autant plus que nous n'avons guère eu à en parler pour l'hiver de 1709. Presque tous les fleuves d'Europe furent gelés, et l'énumération en serait trop longue.

Pour ne dire que quelques mots des faits qui se produisirent hors de France : à Genève, le 29 décembre au matin, le vent du nord s'étant apaisé, le lac cessa d'être agité, et les vagues, transformées depuis la veille en nombreux glaçons qu'on voyait flotter le long des rives et à l'entrée du port, se sont aussitôt soudées et ont transformé la surface liquide en une plaine solide, qui permettait presque de traverser le lac à pied depuis les pâquis aux Eaux-Vives, en longeant l'estacade.

Le 10 du mois de janvier, la glace de la Meuse s'est rompue devant Schiedam, au moment où plus de quatre cents personnes se trouvaient dessus; elles ont été toutes sauvées, à l'exception de deux.

En Suède et en Danemark, le froid, intense et continu en décembre, faiblit en janvier; les glaces du Belt n'interrompirent la navigation que pendant douze jours; mais des traî-

neaux, pesamment chargés, traversèrent, en décembre, le Sund sur une largeur de sept à huit lieues entre la Suède et le Danemark. En janvier, la communication directe sur la glace, entre Elseneur et Helsingfors, fut interrompue par la violence des courants, et sur d'autres points le peu d'intensité de la gelée de ce mois rendit les excursions sur la glace très périlleuses. Le port d'Odessa, dans la mer Noire, fut pris dès le 8 décembre,

La débâcle du Danube et de ses affluents, et les débordements produits par la fonte des neiges, furent si graves en Allemagne que des ponts furent rompus, des faubourgs dévastés. Trente cadavres furent retrouvés le 4 mars.

En France, tous les fleuves, toutes les rivières, furent gelées, même celles du midi, qui ne sont complètement prises que bien rarement. Le Rhin fut presque entièrement gelé le 26 janvier; les glaçons charriés par ce fleuve, après avoir longtemps battu les soutiens du pont du Rhin, en ont enfin enlevé une partie vers le milieu de la journée, et interrompu de cette manière toute communication entre Strasbourg et Kehl. Dans le midi, la Garonne, la Dordogne, la Durance, le canal des deux mers, furent pris, et l'on passa le Rhône sur la glace.

Ainsi, on écrivait de Bordeaux, à la date du 31 décembre : « La Garonne continue à se couvrir de glaçons, et les sinistres qu'elle produit sont de jour en jour plus affligeants; on ne voit sur les glaces que mâts brisés et que chaloupes sans pilote. A la marée montante, deux navires, *la Clémentine* et *la Danaé*, ont chassé sur leurs ancres et ont été jetés par la force des glaces en travers du pont. *La Bonne-Madeleine*, entraînée de même, passa sous les ponts, et les mâts s'opposant à son passage, ils furent brisés. »

Le Rhône et la Saône se prirent deux fois en totalité, et les débâcles présentèrent des particularités dignes de nous arrêter.

La première débâcle du Rhône eut lieu le 24 janvier, en plein jour. Le pont d'Avignon, sur la grande branche du

Rhône, assailli par d'énormes blocs de glace, ne put résister à la violence des chocs, et deux arches furent d'abord empor-

1830. La Garonne. — On ne voit sur les glaces que mâts brisés et chalonpes sans pilote.

tées; plusieurs autres, fortement ébranlées, durent être reconstruites.

La seconde débâcle se produisit le 9 février; elle causa de grands malheurs dans Lyon : « Les glaces que le fleuve charrie, écrivait-on, s'étant accumulées pendant la nuit, ont formé un barrage qui a retenu et fait élever les eaux de plusieurs pieds, jusqu'à ce que, surmontant violemment cet obstacle, elles aient repoussé la digue de glace, qui s'est alors précipitée sur les usines. Quelques-unes ont été rejetées et brisées contre les glacis de la chaussée, d'autres ont été gravement endommagées. L'une a été fixée dans les glaces au milieu du Rhône et y est demeurée plusieurs jours. »

La seconde débâcle de la Saône eut lieu aussi dans la première quinzaine de février. Elle donna naissance à une banquise analogue à celles qui se produisirent en 1880, et sur lesquelles nous insisterons. Citons textuellement le rapport publié par *le Moniteur universel*, en février 1830 : « La débâcle de la Saône donnait, à Lyon, les plus vives inquiétudes; les glaces, amoncelées en amont du pont de Serin et de l'île Barbe, touchaient au fond de la rivière et s'élevaient par place fort au-dessus du niveau des eaux. Cette masse énorme menaçait d'une destruction subite le pont de Serin, qui devait en éprouver le premier choc. Les piles de ce pont sont en pierre et les arches en bois, et si le tablier en eût été enlevé par un encombrement de glaces, il se serait formé en aval un barrage par-dessus lequel les eaux, se précipitant avec une force incalculable, auraient inondé la ville. On craignait les malheurs les plus affreux, et l'énormité de l'amas de glace défiait toutes les mesures par lesquelles on aurait pu tenter de les prévenir. »

» Enfin, le 16 février, ce vaste chaos, soulevé par l'eau qui pénétrait dessous, s'est tout à la fois mis en mouvement; en moins de cinq minutes, la rivière s'est élevée de deux mètres; des glaçons d'une épaisseur moyenne de quarante à cinquante centimètres, soudés les uns contre les autres sous toutes les inclinaisons, semblaient ne former qu'une seule plaine hérissée sur toute l'étendue de la rivière et marchaient comme un seul corps : on eût dit un glacier des Alpes descendant silencieusement vers la mer. Ce spectacle, dont on ne saurait peindre la majestueuse horreur, a duré près de cinq quarts d'heure. Heureusement, la débâcle n'a point eu lieu par une crue; elle s'est opérée par un temps froid, il a gelé pendant les trois nuits qui l'ont précédée. Avec un mètre d'eau de plus, le pont de Serin, dont les glaces ont atteint les fermes, aurait été infailliblement emporté, et il n'est pas donné de calculer les suites qu'aurait entraînées un pareil événement.

» On n'a à déplorer aucun malheur sérieux; dans l'appré-

hension où chacun se trouvait, on ne tint pas compte de quelques bateaux emportés. »

Dans le centre et dans le nord, les rivières ne présentaient pas un aspect différent. A Argenton, « les plus vieux habitants de nos contrées ne se souviennent pas d'avoir vu un froid si rigoureux. La glace qui couvre la Creuse est épaisse de 15 pouces en certains endroits, et supporte les plus lourdes charrettes. Les vignes sont presque entièrement détruites, et on a trouvé dans la campagne des arbres fendus par la force du froid. Plusieurs chasseurs ont tué des cygnes, des butors et d'autres oiseaux qui n'avaient jamais paru dans nos climats. »

A Boulogne, on prenait, en décembre et janvier, des quantités prodigieuses de soles chassées des mers du Nord par les froids.

Le 8 février, la Scarpe (Nord), subitement grossie par le dégel, renversait les digues en plusieurs points et envahissait les campagnes.

Mais ce furent surtout les faits de congélation et de débâcle de la Seine et des rivières de son bassin qui, comme toujours, occupèrent l'opinion publique. Dès le 26 décembre, les bâtiments sortis du Havre et de Honfleur à destination de Rouen, furent obligés de regagner le port, pour éviter les glaces qui commençaient à charrier très fort. Le 27, la rivière était entièrement prise dans tout son cours. Ces bâtiments attendirent dans les ports, pendant plus d'un mois, que la débâcle arrivât pour leur permettre de remonter jusqu'à Rouen. Le 18 janvier, on établit à Rouen une foire sur la glace. A Paris, des boutiques s'établirent sur le petit bras de la Seine.

L'administration, justement préoccupée des désastres que pouvait amener la débâcle, cherchait à en diminuer les dangers en brisant d'avance les glaces. On employa successivement deux moyens.

Des essais furent faits le 17 janvier, près de la plaine d'Ivry, avec des marrons à briser la glace, chargés de poudre. Ils

furent repris quelques jours après à côté du pont des Arts. Malheureusement l'effet produit ne répondit pas aux espérances. Le sciage des glaces fut employé près du quai de l'École avec beaucoup plus de succès.

Cependant les marrons à briser la glace étaient employés depuis plusieurs années à Mulhouse avec un succès complet, et cette année 1830 ils réussirent comme toujours. Il est vrai de dire qu'à Paris, sous prétexte de faire mieux, on avait imaginé un grand nombre de moyens divers de lancer les marrons, se refusant toujours à employer le moyen usité à Mulhouse, qui donnait pourtant de si bons résultats.

Ces marrons de M. Glück étaient employés avec un plein succès à Mulhouse depuis 1778. — « 12 février 1830. C'est grâce à l'emploi des marrons de M. Glück qu'on s'est rendu maître des énormes glaçons qui s'amoncelaient partout. Ainsi, pendant qu'à Paris on venait de faire un essai infructueux de cet ingénieux moyen, parce qu'on n'avait pas voulu suivre les ndications données, ce même moyen réussissait complètement à Mulhouse ; des glaçons d'une grandeur et d'une grosseur énormes, qu'aucun levier n'aurait pu faire céder, se rompaient en éclats, comme par enchantement, par l'emploi d'un seul marron, et remettaient à flot des masses d'autres glaçons qui s'étaient arrêtés aux piles des ponts. »

« M. Fournet, ingénieur en chef du département, et M. Morin, ingénieur de l'arrondissement, ont été témoins du prodigieux effet des marrons de M. Glück, lorsqu'ils sont bien employés, c'est-à-dire lorsque, au lieu d'être lancés au fond de l'eau, comme l'a fait M. Ruggieri à Paris, on les fixe à une perche pour les présenter et les faire éclater immédiatement sous le glaçon flottant qu'on veut briser. »

Enfin la débâcle se produisait à Paris le 26 janvier. En voici le tableau, d'après le rapport de l'inspecteur général de la navigation : « Un exprès, arrivé hier de Choisy-le-Roi, avait annoncé que les glaces descendues de Melun et Corbeil étaient

arrêtées au pont de Choisy et y formaient un mur de 15 pieds de hauteur; que les piles étaient submergées jusqu'au couronnement; que la commune se trouvait dans un lac, l'eau couvrant le parc et menaçant d'en renverser les murs, les grandes berges tombées, et les bois chantiers environnants en péril. Ainsi averti, on s'est tenu sur ses gardes, s'attendant pour la nuit à une violente débâcle dans Paris..... A trois heures du matin, les glaces sont parties avec force, ont marché pendant 35 minutes, et se sont arrêtées en formant d'énormes rencharges contre les ponts supérieurs et la grande estacade de l'île Saint-Louis... Sur les 5 heures et demie, les glaces sont reparties avec une furie impossible à décrire, et la grande estacade, fermée cette année avec un soin particulier, et renforcée de charpentes nouvelles, a essuyé un choc si terrible qu'elle en a reculé de 11 pouces, ébranlant et dérangeant les assises des culées du quai sur lequel elle s'appuie. Elle a résisté comme par miracle et a préservé non seulement les riches et nombreux bateaux placés derrière elle, mais encore les ponts du grand bras que cette masse de bateaux aurait pu entraîner avec elle. La blanchisserie *les Sirènes*, au pont des Arts, a été enfoncée par les glaçons qui s'y sont logés, l'ont brisée et coulée à fond de manière à ne pouvoir être sauvée... On a des inquiétudes pour les ponts de Choisy-le-Roi, de Bezons et du Pecq... La retenue des glaces à Choisy-le-Roi, où, formant une espèce de barrage, elles ont fait déborder les eaux sur toute la commune, et les temps secs qui ont régné depuis quelques jours, ont heureusement amorti pour Paris les effets de la débâcle et de l'inondation, qui probablement, sans ces circonstances, auraient été aussi terribles qu'en 1802.» Cette débâcle devait bientôt être suivie d'une autre. En effet, le 5 février, la Seine était de nouveau complètement reprise, et une seconde débâcle se produisait le 10, sans aucun accident. Le rapport de l'inspecteur général de la navigation remarque que, depuis 1789, on n'avait pas vu

deux débâcles à Paris dans un même hiver. Cette seconde débâcle, qui devait se terminer sans aucun accident, avait cependant causé les plus grandes inquiétudes, à cause d'une accumulation de glace analogue à celle qui s'était produite à Choisy lors de la première.

« On craint, le 9 février, une seconde débâcle plus grave que la première. Un amas effrayant de glaces, venues de la Marne supérieure, s'est arrêté dans la longueur d'une lieue et demie sur la partie de la rivière qui traverse Corbeil, et menace le voisinage. On prend des mesures pour débarrasser le cours de la rivière. »

Heureusement il devait en être de l'embâcle de la Marne comme de celle de la Saône. Le 15 février, tout danger avait disparu ; la débâcle s'était achevée sans entraîner aucun des graves accidents que l'amoncellement des glaces avait fait redouter et contre lesquels toutes les mesures de précaution possibles avaient été prises.

Maintenant que nous avons passé en revue les principaux traits de cet hiver rigoureux, occupons-nous de rechercher ses températures. Disons d'abord qu'il fut rigoureux sur toute l'Europe. En France, le midi eut plus à souffrir que le nord, proportionnellement aux hivers moyens. Le tableau suivant donne quelques-unes des températures les plus basses pour quelques villes de France.

Mulhouse	— 28°.1	Pau	— 17°.5
Nancy	— 26 .3	Paris	— 17 .2
Épinal	— 25 .6	Toulouse	— 15 .0
Aurillac	— 23 .6	Avignon	— 13 .0
Strasbourg	— 23 .4	Lyon	— 12 .0
Metz	— 20 .5	Bordeaux	— 10 .6
Dieppe	— 19 .8	Marseille	— 10 .1
Colmar	— 18 .0	Hyères	— 5 .3

Pour Paris nous pouvons entrer dans quelques détails, mais il nous faut d'abord donner des définitions.

On appelle température maxima et température minima d'une journée, la plus haute et la plus basse température de cette journée. Elles sont données, soit par des thermomètres spéciaux, dits thermomètres à maxima et à minima, soit par des thermométrographes qui inscrivent automatiquement la température à chaque instant du jour et de la nuit.

Imaginons maintenant qu'on prenne la température à chacune des 24 heures de la journée; la somme de ces 24 températures, divisée par 24, est ce qu'on nomme la température moyenne de la journée. Le nombre auquel on arrive en faisant cette opération est sensiblement le même que celui obtenu en prenant la demi-somme de la température maxima et de la température minima de la journée. Aussi cette demi-somme est-elle prise très souvent comme température moyenne du jour.

Exemples :

Température maxima. . . . . + 12°
Température minima. . . . . + 6

$$\text{Moyenne } \frac{12+6}{2} = 9°$$

Température maxima. . . . . + 2°
Température minima. . . . . — 6

$$\text{Moyenne } \frac{+2-6}{2} = -2°$$

Température maxima. . . . . — 2°
Température minima. . . . . — 10

$$\text{Moyenne } \frac{-2-10}{2} = -6°$$

Nous pouvons avoir ainsi la température moyenne de chacun des jours du mois de janvier. La somme de ces 31 moyennes, divisée par 31, donne la température moyenne de janvier.

On aura de même la température moyenne de tous les mois d'une année. La somme de ces températures moyennes, divisée

par 12, est la température moyenne de l'année. De même la somme des températures moyennes des trois mois de décembre, janvier, février, divisée par 3, est la température moyenne de l'hiver météorologique.

Tous les calculs que venons d'indiquer ont été faits, pour le climat de Paris, à l'aide des observations de l'Observatoire depuis le commencement du siècle. Avant cette époque, les renseignements ne sont pas complets.

Prenons donc, depuis le commencement du siècle, une longue série d'observations, par exemple 50 ans. Faisons la somme des 50 températures moyennes de janvier pour ces 50 années; divisons cette somme par 50, nous aurons la température moyenne autour de laquelle oscillent les mois de janvier des diverses années. On aura de même la température moyenne normale de chaque mois, de chaque saison, de l'année entière.

Voici le tableau des températures moyennes normales déduites de cinquante années d'observations (1816 à 1866), faites à l'Observatoire de Paris, et calculées par M. Renou :

Hiver, + 3°.26	Décembre. .	+ 3°.54	Été, + 18°.12	Juin	+ 17°.24
	Janvier. . .	+ 2 .32		Juillet . . .	+ 18 .69
	Février. . .	+ 3 .91		Août. . . .	+ 18 .44
Printemps, + 10°.16	Mars. . . .	+ 6 .41	Automne, + 11°.15	Septembre .	+ 15 .59
	Avril. . . .	+ 10 .17		Octobre . .	+ 11 .27
	Mai	+ 13 .89		Novembre .	+ 6 .58

Moyenne de l'année, + 10°.67.

Un hiver est rigoureux, lorsque la moyenne de ses trois mois, jointe, s'il y a lieu, à la moyenne des mois de novembre et de mars, est sensiblement plus basse que la moyenne normale. Mais cette moyenne ne suffit pas pour qu'on puisse apprécier complètement la rigueur d'un hiver. On aura à tenir compte de tous les détails des oscillations de la température pendant cet hiver, et en particulier du nombre de jours de gelée, c'est-à-dire du nombre de jours où le thermomètre à

minima s'est abaissé au-dessous de zéro. Le nombre le plus considérable observé à Paris, depuis que les observations sont régulières, est de 86 pour l'hiver 1788-1789; le moins considérable est de 10 pour l'hiver 1820-1821. Le nombre moyen des jours de gelée à Paris est de 47.

Le tableau suivant, calculé d'après les principes que nous venons d'indiquer, résume l'hiver de 1829-1830. Il comprend les cinq mois de la saison froide.

HIVER 1829-1830.

MOIS.	MOYENNE normale du mois à Paris.	MOYENNE pour l'hiver 1829-1830.	DIFFÉRENCES en faveur du mois normal.	NOMBRE des jours de gelée.	MOYENNE des minima du mois.	TEMPÉRATURE la plus basse du mois.
Novembre .	+ 6.58	+ 4.7	+ 1.88	8	+ 1.9	— 5.3
Décembre .	+ 3.54	— 3.5	+ 7.04	26	— 5.7	— 14.5
Janvier . .	+ 2.32	— 2.5	+ 4.82	21	— 4.5	— 17.2
Février . .	+ 3.91	+ 1.2	+ 2.71	17	— 2.0	— 15.6
Mars. . . .	+ 6.41	+ 8.9	— 2.49	4	+ 4.4	— 2.3

Ce tableau nous montre que les quatre mois de novembre, décembre, janvier, février, furent beaucoup plus froids que la moyenne normale, et qu'au contraire le mois de mars fut très chaud.

La moyenne des trois mois d'hiver est de — 1°.6 inférieure de 4°.86 à l'hiver normal. La moyenne des cinq mois de la saison froide est de + 1°.76, inférieure de 2°.79 à la moyenne correspondante de l'année normale.

Il y eut trois périodes de froid bien marquées : la période de décembre, du 6 décembre au 7 janvier; c'est la plus longue. Elle est suivie, après une bien courte interruption, de la période la plus cruelle, du 12 au 20 janvier. Puis vient un dégel sérieux qui amène les premières débâcles. Le 29 janvier, le froid

revient aussi fort qu'auparavent, pour se terminer le 8 février, et amener les secondes débâcles.

C'est à cette date que se terminent les rigueurs de l'hiver : il avait duré deux mois, pendant lesquels on avait compté 54 jours de gelée. Des gelées peu intenses, avant le 6 décembre et après le 8 février, au nombre de 22, complètent le nombre total de 76 gelées pour l'hiver entier, nombre qui n'avait pas été obtenu depuis l'hiver de 1788-1789.

Pour ceux auxquels les moyennes que nous venons d'examiner ne seraient pas assez familières, employons la méthode de calcul employée dans les applications de la météorologie à l'agriculture. Faisons la somme des degrés de chaleur comptés au-dessus de zéro pendant la durée des trois mois de décembre, janvier, février, de l'hiver 1829-1830. Faisons, d'autre part, la somme des degrés de froid comptés au-dessous de zéro pendant le même temps. Nous trouverons que la somme des degrés de froid surpasse la somme des degrés de chaleur de 153 degrés. Donc l'hiver de 1829-1830 a présenté une somme de 153 degrés au-dessous de la température moyenne de zéro. Au contraire, en année normale, la somme est de 291 degrés au-dessus de cette même moyenne. Donc il a manqué 444 degrés, en trois mois, pour faire de l'hiver 1829-1830 un hiver normal. Cette somme, répartie sur les 90 jours des trois mois, montre que la température a été chaque jour de près de 5 degrés, en moyenne, inférieure à la température normale.

CHAPITRE V

LES HIVERS DE 1830 A 1879.

De 1830 à 1879 il n'y eut pas en France de bien grands hivers. Si quelques-uns furent un peu rudes, aucun n'a été comparable à celui que nous venons d'examiner. Nous aurons bien vite fait d'indiquer, en suivant l'ordre chronologique, les faits saillants de cette période de cinquante ans.

L'hiver 1837-1838 fut remarquable par 77 jours de gelée, dont 33 consécutifs, nombres supérieurs à ceux de 1829-1830. La température minima à Paris fut de — 19 degrés, le 20 janvier. Il semble donc, au premier abord, que cet hiver ait été plus rigoureux que le grand hiver 1829-1830. Mais, quand on y regarde de près, on voit que, d'abord, il s'étendit sur une surface de l'Europe beaucoup moindre, et que, même à Paris, les gelées si nombreuses furent très souvent peu intenses. Aussi, la moyenne des trois mois d'hiver fut-elle de + 0°.7 au lieu de — 1°.6, présentée par 1829-1830, supérieure à cette dernière de 2°.3.

Cet hiver présente cependant ce point remarquable, que la température moyenne de janvier, — 4°.4 est la moyenne la plus basse qui ait jamais été rigoureusement calculée, jusqu'au mois de décembre 1879. Aussi, pendant ce mois de janvier, vit-on se produire tous les caractères qui accompagnent les grands hivers, prise des rivières, congélation d'hommes et d'animaux, pertes grandes pour l'agriculture et la sylviculture.

L'hiver 1840-1841 ne présenta rien de bien particulier, à aucun point de vue, et plus de quinze hivers du dix-neuvième siècle, dont nous ne parlerons même pas, ont été plus rigou-

reux. Il est resté cependant gravé dans bien des mémoires, à cause d'un événement qui s'y produisit. Le 15 décembre, jour du plus grand froid, où la température descendit à — 14 degrés, eut lieu l'entrée solennelle, par l'arc de triomphe de l'Étoile, des cendres de l'empereur Napoléon rapportées de Sainte-Hélène. « Une multitude innombrable de personnes, les légions de la garde nationale de Paris et des communes voisines, des régiments nombreux, stationnèrent depuis le matin jusqu'à deux heures de l'après-midi dans les Champs-Élysées. Tout le monde souffrit cruellement du froid. Des gardes nationaux, des ouvriers, crurent se réchauffer en buvant de l'eau-de-de vie, et, saisis par le froid, périrent d'une congestion immédiate. D'autres individus furent victimes de leur curiosité : ayant envahi les arbres de l'avenue pour apercevoir le coup d'œil du cortège, leurs extrémités, engourdies par la gelée, ne purent les y maintenir; ils tombèrent des branches et se tuèrent. »

En 1844-1845, il y eut 79 jours de gelée à Paris; c'était le nombre le plus considérable depuis 1789, mais elles ne furent pas très intenses, et s'échelonnèrent sur un long intervalle; il n'y en eut jamais plus de quinze consécutives. Aussi, quoique la moyenne de cet hiver soit plus basse que celle de 1838, il fit moins de mal. Cet hiver est surtout remarquable par l'énorme quantité de neiges qui tombèrent pendant plusieurs mois sur une grande partie de l'Europe. « Non seulement les Ardennes, les Vosges, le Jura, les Alpes, les Cévennes, les montagnes de l'Auvergne et les Pyrénées, furent couvertes, dans cet hiver, d'une couche de neige triple de celle dont ces hauteurs sont chargées dans les hivers ordinaires, mais presque toutes les routes dans le midi en furent encombrées; les communications furent interrompues sur un nombre considérable de points; à Marseille, il tomba $0^{m}.50$ de neige en trente-six heures. En Allemagne, les railways du Harz et de la Silésie, ceux de Magdebourg et de Leipzig à Dresde,

furent enterrés sous une couche d'une épaisseur de 7 mètres. Dans la haute Silésie, des maisons furent ensevelies avec leurs habitants. Dans le département de la Drôme, dans les Pyré-

1844-1845. — Toutes les routes du midi furent couvertes de neige.

nées, près de Nîmes, des hommes et des animaux furent ensevelis sous la neige. »

Les hivers de 1854-1855 et de 1855-1856 ne furent pas très rudes en France, mais ils resteront célèbres aussi, ceux-là, à cause des pertes considérables que le rude climat de la Crimée fit subir à nos troupes. Nous lisons, en effet, dans l'*Histoire de la guerre de Crimée*, de M. Camille Rousset, que pendant cette longue et terrible guerre, plus de 265 000 hommes périrent, tant Français qu'Anglais, Piémontais, Turcs et Russes. Et ce nombre est certainement de beaucoup trop faible. Sur tant de victimes de la guerre, moins de 40 000

périrent par suite du feu de l'ennemi ; tout le reste, soit plus de 225 000 hommes, mourut de maladie. Grâce à la rigueur de la saison, par des températures allant jusqu'à — 27 degrés, les affections de poitrine, la dyssenterie, le scorbut, puis le typhus, exerçaient des ravages incroyables. Les chevaux sans abri mouraient par centaines ; la cavalerie était presque démontée. Il n'y avait que les chevaux d'Afrique et les mulets qui résistaient admirablement au froid, à la fatigue, à la faim.

Les cas de congélation étaient fréquents et graves ; pendant le mois de janvier 1855, il n'y en eut pas moins de 2500 dans la seule armée française, pour un tiers suivis de mort, pour la plupart de mutilations dangereuses : on compterait le nombre de ceux qui ne demeurèrent pas à jamais estropiés. Sur 75 000 hommes que comptait au 31 janvier l'armée française, il y en avait dans les hôpitaux et les ambulances plus de 9 000, un huitième à peu près de l'effectif général.

L'hiver de 1870-1871 n'est pas non plus extrêmement froid, du moins à Paris, mais il restera à jamais mémorable en France à cause des tristes circonstances dans lesquelles il s'est produit, à cause des souffrances que ses rigueurs ont occasionnées à nos soldats. A ce point de vue surtout il mérite qu'on s'y arrête.

A Paris, il n'y eut aucune gelée en octobre ni en novembre 1870, fait qui se produit assez rarement ; et la moyenne de température de ces deux mois fut à peu près égale à la moyenne normale des mois d'octobre et de novembre. Mais au 1er décembre le froid commence et se maintient presque sans interruption pendant toute la durée de décembre et de anvier. Pendant les soixante-deux jours qui constituent ces deux mois, le thermomètre s'abaissa quarante-quatre fois au dessous de zéro degré, sans qu'il y eût aucun froid excessif, la température la plus basse de janvier ayant été de — 11°.7 le 24, et celle de février de — 11°.9 le 5. Puis le froid disparaît subitement comme il était venu, et la température de février

est très notablement supérieure à la moyenne ordinaire. Cet hiver n'a donc été ni long, ni extrêmement rigoureux. On n'y compte à Paris, en tout, que 50 jours de gelée, et des températures minima qui n'ont rien d'exceptionnel. La température moyenne de décembre y fut de —0.7, et depuis le commencement du siècle, six mois de décembre avaient été plus froids que celui-là; la température moyenne de janvier y fut de —0.8, et depuis le commencement du siècle, neuf mois de janvier avaient été plus froids. Ni décembre ni janvier n'ont donc isolément rien présenté d'extraordinaire par leurs températures; mais ils ont été froids tous les deux, tandis qu'en général deux mois froids ne se suivent pas immédiatement.

Si nous considérons seulement l'ensemble des deux mois de décembre et janvier, l'hiver de 1870-1871 arrive, comme rigueur, pour la période de 1800 à 1878, immédiatement après ceux de 1829-1830 et de 1838-1839. Mais si nous tenons compte du nombre des jours de gelée et de la moyenne totale des mois froids, l'hiver 1870-1871 doit être considéré comme simplement assez rude. Il serait, comme celui de 1812-1813, tristement célèbre aussi, et, pour la même cause, classé au dixième ou douzième rang parmi ceux du siècle.

En certains points du territoire, le froid constant de ces deux mois de décembre et janvier, joint aux misères de la guerre, aux tristesses de l'occupation prussienne, eut une funeste influence sur la santé publique. M. Renou écrivait de Vendôme, en février 1871 : « La mortalité est effrayante ici. Il est mort autant de monde en janvier qu'il en meurt ordinairement en un an, et cela sans compter les décès des militaires français ou prussiens. On a enterré ici cinquante-sept personnes le 27 décembre. » Mais c'est surtout dans le midi que les froids se firent sentir. Tandis qu'à Paris ils n'atteignaient pas —12 degrés, il dépassaient —17 degrés à Bordeaux, —23 degrés à Périgueux, —16 degrés à Montpellier. Une

seule fois, dans cette dernière ville, le 20 janvier 1855, on avait observé un froid plus vif, de — 18°.2.

M. Martins, dans un mémoire adressé à l'Académie des sciences, établit qu'en janvier comme en février 1871, les températures minima de Montpellier furent constamment inférieures à celles de Paris. Il est vrai que, à cause de la sérénité habituelle du ciel du midi, à des nuits très froides succédaient des journées presque chaudes : aussi la moyenne générale est-elle plus élevée à Montpellier qu'à Paris. Les effets de cette température si anormale furent désastreux sur la végétation. Dans le jardin botanique de Montpellier, nombre d'arbres indigènes furent gelés jusqu'aux racines : les chênes verts, les pins d'Alep, les oliviers, les cyprès, les grenadiers, les figuiers, moururent.

Qu'on songe aux souffrances que durent éprouver nos soldats, couchant dehors par un mois de novembre sans cesse pluvieux, par un mois de décembre et un mois de janvier constamment froids. A Paris, plus peut-être qu'ailleurs, les souffrances furent grandes. Les soldats, aux avant-postes, n'étaient pas les seuls à souffrir. Les femmes, obligées d'aller passer plusieurs heures chaque jour à la porte des boucheries et des boulangeries, pour obtenir les quelques grammes de viande, le petit morceau de pain, et quel pain ! qui étaient alloués à chacun, n'étaient pas plus heureuses. « Aux souffrances de la faim, dit le général Ducrot, vint s'ajouter celle du froid : plus de houille, plus de coke, plus de bois; on rationna la chaleur comme on avait rationné la nourriture. »

Lisons, dans les *Mémoires sur la défense de Paris*, de E. Viollet-le-Duc, le tableau des avant-postes : « Il faut avoir passé des nuits au bivouac, dans la tranchée, aux avant-postes, l'âme inquiète et l'oreille au guet, au milieu de ces soldats mornes, pelotonnés autour d'un brasier, sales, défaits, couverts de lambeaux sans nom, abrités derrière les débris de

meubles arrachés à quelques maisons voisines, ne répondant aux questions que par monosyllabes, laissant brûler leurs restes de vêtements et leurs souliers, n'entendant plus la voix de leurs officiers. Il faut avoir vu la pâle lueur d'une aurore d'hiver se

Nuits au bivouac sur la neige.

lever sur ces demi-cadavres, sur ces membres engourdis et couverts de givre, sur ces visages sans éclairs... » Que ceux qui ont passé les longs mois du siège de Paris aux avant-postes, dans les tranchées d'Arcueil-Cachan, des Hautes-Bruyères, ou de la ferme des Mèches, se souviennent et disent si ce sombre tableau n'est pas frappant de ressemblance.

A Belfort, les souffrances étaient plus grandes encore; car le froid était plus intense et les ressources moindres. Nous lisons dans *la Défense de Belfort* : « Nous ne pouvions remplacer la chaussure usée des hommes. Ces malheureux, presque

tous sans guêtres et avec les mauvais souliers qu'on avait livrés à la troupe, avaient cruellement à souffrir par ces froids terribles atteignant, certaines nuits, jusqu'à 18 et 19 degrés centigrades au-dessous de zéro. Nombre d'hommes avaient les pieds gelés. Il fallut, pour parer à ces graves inconvénients, faire flèche de tout bois, et le gouverneur mit à la disposition des corps de troupe les sacs à farine vides, pour en faire des guêtres. Il ordonna également qu'en cas d'extrême besoin de cuir et en l'absence de moyens pour tanner les peaux des bêtes mangées, on devrait les utiliser non tannées, pour faire des chaussures à la manière des peuples primitifs. »

Les armées qui tenaient la campagne, souvent sans abris, sans tentes, étaient décimées par les maladies, par les cas fréquents de congélation. Et cet hiver semblait s'acharner surtout contre nous en favorisant nos ennemis. M. de Freycinet en fait la remarque dans son histoire de *la Guerre en province :* « Les influences météorologiques ont constamment lutté contre nous. Il semblait que la nature eût fait un pacte avec nos ennemis. Chaque fois qu'ils se mettaient en marche, ils étaient favorisés par un temps admirable, tandis que tous nos mouvements étaient contrariés par la pluie ou le froid. La rigueur de l'hiver a été certainement pour moitié dans l'insuccès de la campagne de l'Est. Le froid a contribué beaucoup à la défaite d'Orléans, et même à celle du Mans : c'est la pluie qui a retardé une première fois la marche de l'armée de la Loire, ou qui, du moins, a permis de justifier son inaction. Nos ennemis, au contraire, ont toujours été secondés dans leurs mouvements. Qui ne se rappelle le temps exceptionnel qui a régné pendant tout le mois de septembre et la première quinzaine d'octobre, alors que l'armée prussienne marchait sur Paris et installait les travaux du siège? Qui ne se rappelle également la température printanière qui a régné dès la fin de janvier, aussitôt après que l'armistice a clos les hostilités? Autant l'hiver avait été rude pour les mouvements de notre armée de l'Est, autant

il a été propice pour le retour des Prussiens en Allemagne. »

L'hiver qui suivit celui de la guerre s'annonça d'abord comme devant être beaucoup plus rigoureux. Heureusement il ne tint pas complètement ses promesses. Trois gelées en octobre et dix-sept en novembre, avec des moyennes de + 9°.5 et + 3°.1, voilà le début. Ces deux mois, en 1870, n'avaient donné aucune gelée, et les moyennes en avaient été de + 11°.2 et + 6°.1. Dès le 22 novembre, la Loire charriait des glaçons à Châtillon. D'après M. Renou, depuis un siècle, quatre mois de novembre seulement avaient été plus froids : ceux de 1774, 1782, 1786 et 1858. Puis, à partir du commencement de décembre, la température s'abaissa progressivement pour atteindre, le 9 décembre au matin, dans le parc de Montsouris, un froid sans précédent, de — 23°.7. On ne trouve, en effet, nulle part, dans aucun document, la trace d'une pareille température réellement observée à Paris. Les deux circonstances analogues que l'on peut rappeler sont celles du 31 décembre 1788, où le thermomètre s'abaissa à — 21°.5, et celle du 23 janvier 1795, où l'on eut — 23°.4. Ce coup de froid extraordinaire ne sévit ni d'une manière simultanée, ni au même degré, sur toute la France. C'est entre Charleville et Paris que, le 9, s'étendait la région du maximum de froid. Cette température extrêmement basse était localisée sur une très petite étendue du continent et même de la France. Dans le Loiret, on observait 25, 26 et même 27°.5 au-dessous de zéro, tandis qu'il ne gelait même pas en certains points du littoral de l'Océan. Bien plus, tandis qu'à Angers la température descendait à — 12 degrés et à Vendôme à — 14 degrés, à la Flèche, presque à égale distance des deux villes, et si rapprochée de chacune d'elles, le thermomètre demeurait constamment au-dessus de zéro.

Les hivers de 1874-1875 et de 1875-1876 furent dans leur ensemble presque aussi rigoureux que celui de 1870-1871, et cependant ils ont passé inaperçus. Ils ont présenté l'un et

l'autre, à Paris, une température minima plus basse que celle de 1870-1871, un nombre de jours de gelée bien plus considérable, mais malgré cela une moyenne plus élevée. Les froids se sont étendus sur plus de mois, mais n'ont pas été si continus.

Enfin l'hiver 1878-1879 doit être considéré comme un hiver assez rigoureux. Il a présenté soixante-huit jours de gelée, et la moyenne des trois mois d'hiver est à peine supérieure à celle de 1770-1871. La moyenne des cinq mois froids est même moins élevée pour cet hiver que pour celui de 1870-1871. Le froid, très prolongé, ne fut pas très vif, puisque le minimum de Paris a été de — 8°.6.

Comme phénomènes remarquables de cet hiver, il y a lieu de noter les chutes abondantes de neige dont le sol est resté couvert pendant plusieurs semaines, et la pluie de verglas qui, succédant à la neige, a causé de grands dégâts à la sylviculture, entre le 22 et le 24 janvier. Nous allons nous en entretenir plus longuement.

LIVRE IV

LE GRAND HIVER DE 1879-1880

CHAPITRE PREMIER

LES TEMPÉRATURES DU GRAND HIVER.

L'hiver 1879-1880 a été incontestablement un des plus rudes qui aient jamais désolé la France. Le point à examiner est seulement de savoir jusqu'à quelle époque il faut remonter pour en rencontrer un aussi rigoureux. Il semble, du reste, que dès les saisons précédentes, les influences météorologiques qui déterminent les variations de température aient oscillé d'un extrême à l'autre de l'échelle. Cet hiver si froid avait, en effet, été précédé, à deux ans de distance, par un autre, celui de 1876-1877, tout aussi remarquable, car sa moyenne à Paris surpasse toutes celles que nous connaissons.

Le grand hiver dont nous allons nous occuper a été bien entouré. A en croire un préjugé populaire, un hiver chaud succède d'habitude à un été froid ; pour cette fois, la tradition s'est trouvée singulièrement en défaut. L'abaissement de température qui devait aboutir à des nombres inconnus jusqu'à nos jours, semblait se préparer depuis bien des mois. Toute l'année météorologique 1878-1879 fut, en effet, extrêmement froide.

L'Annuaire de l'Observatoire météorologique de Montsouris

et les articles publiés par M. Angot dans la *Revue scientifique,* vont nous fournir quelques renseignements sur ce premier hiver rigoureux et sur l'été extraordinaire qui l'a suivi. M. Angot écrivait, en avril 1879 : « L'hiver que nous venons de traverser comptera parmi l'un des plus froids qui se soient fait sentir depuis longtemps. Bien que le thermomètre ne soit pas un seul jour descendu à un chiffre exceptionnel, il est resté peu élevé pendant un long espace de temps, de sorte que la température moyenne des mois de novembre et décembre 1878, janvier et février 1879, est une des plus basses qu'on puisse signaler dans ces trente dernières années. »

Si l'on compare les températures moyennes de ces quatre mois, telles qu'elles ont été notées à Montsouris, avec leurs valeurs normales pour Paris, déduites de cinquante années d'observations, on trouve les résultats suivants :

MOIS.	TEMPÉRATURES normales.	TEMPÉRATURES de l'hiver 1878-1879.	DIFFÉRENCES.
Novembre . .	+ 6°.58	+ 5°.0	— 1°.58
Décembre . .	+ 3 .54	+ 0 .9	— 3 .64
Janvier. . . .	+ 2 .32	— 0 .1	— 2 .42
Février. . . .	+ 3 .9	+ 4 .5	+ 0 .6

Le mois de février est donc le seul qui se soit trouvé un peu plus chaud que la température normale. Les trois autres, au contraire, et surtout décembre et janvier, ont été notablement plus froids.

M. Angot termine son étude de l'hiver 1878-1879 par la prédiction suivante, faite un peu au hasard, il faut bien le dire, mais qui devait si tristement être réalisée dès l'année suivante : « Mais il faut ajouter que, suivant toute probabilité, nous aurons encore, sous peu, d'autres hivers analogues. Depuis quel-

ques années, en effet, la température moyenne de la saison froide est notablement plus élevée que sa valeur normale, même en comprenant le dernier hiver dans le calcul de la moyenne. La température de l'été, au contraire, varie beaucoup moins et reste toujours sensiblement ce qu'elle doit être. Or, à moins d'admettre un réchauffement général de notre climat, chose qui ne paraît rien moins que probable, il faut de toute nécessité qu'il se produise, d'ici peu de temps, quelques hivers rigoureux pour compenser l'excès de chaleur de ces derniers temps, et ramener la moyenne à la chaleur que lui ont assignée nos plus longues séries d'observations. Bien que cette perspective n'ait rien de particulièrement agréable, l'hiver dernier sera donc probablement suivi, à courte échéance, d'autres hivers également froids. »

Et, comme pour donner raison à M. Angot, le froid, après s'être reposé un peu pendant les mois de février et mars, est revenu plus extraordinaire en avril, mai, juin et juillet. Pendant les cent vingt-deux jours dont se composent ces quatre mois, dix-huit seulement ont été plus chauds que leur moyenne normale, tous les autres plus froids. Le tableau suivant nous montrera que cette période de l'année a été plus froide encore que l'hiver précédent, comparativement à la température normale.

MOIS.	TEMPÉRATURES normales.	TEMPÉRATURES en 1879.	DIFFÉRENCES.
Avril. . .	+ 10°.17	+ 8°.4	— 1°.77
Mai . . .	+ 13 .89	+ 10 .6	— 3 .29
Juin. . .	+ 17 .24	+ 16 .2	— 1 .04
Juillet . .	+ 18 .69	+ 16 .2	— 2 .49

Il faut remonter jusqu'à l'année 1740 pour trouver un mois de mai aussi froid que celui de 1879, et jusqu'en 1735 pour

trouver une moyenne aussi basse pour la période entière des quatre mois. Cette période a été, au point de vue de la température, tout aussi extraordinaire que l'hiver qui devait suivre, et les conséquences ont été tout aussi fatales. La température constamment très basse, le ciel toujours couvert de nuages, les pluies presque journalières, tout cela nuisit aux récoltes, de manière à en rendre quelques-unes à peu près nulles. Car ce fut presque sur toute la France que se produisit ce funeste abaissement de la température de l'été.

Le petit excès de chaleur arrivé pendant les mois d'août et de septembre ne put suffire à réparer le mal, ni à amener la maturité des raisins dans le centre de la France. De plus, cette seconde recrudescence de chaleur ne devait pas être de plus longue durée que la première. Dès le mois d'octobre le froid revenait, plus intense que jamais, et pour une nouvelle période de quatre mois. Le second hiver rigoureux commençait, et il devait laisser bien loin derrière lui celui qui l'avait précédé. Il peut être considéré, dans son ensemble, comme l'un des plus froids qui se soient jamais produits dans nos climats.

Pour ne parler d'abord que de Paris, la gelée commença dès le mois d'octobre, pour devenir âpre et fréquente en novembre, horrible et continue en décembre, et se soutenir encore fort rude pendant toute la durée de janvier. Les premiers jours de février furent encore assez froids, puis, presque subitement, la température s'éleva de telle sorte, que les deux derniers mois de l'hiver, février et mars, ont été aussi remarquables par leur chaleur extrême que l'avaient été les premiers par leur prodigieuse froidure. Un nouveau tableau nous montrera ces froids. Les moyennes que nous donnons pour le mois de cet hiver ne sont peut-être pas exactement celles qui seront publiées bientôt par l'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, mais elles ne s'en écartent certainement pas beaucoup. Elles suffiront pour nous montrer les caractères principaux du grand hiver.

MOIS.	MOYENNES normales.	MOYENNES de 1879-1880.	DIFFÉRENCES.	TEMPÉRATURES minima.	NOMBRE des jours de gelée à Montsouris.
Octobre . .	11°.27	+ 10° 6	— 0°.7	— 1	1
Novembre .	6 .58	+ 3 .9	— 2 .7	— 6	12
Décembre .	3 .54	— 7 .4	— 11 .0	— 25.6	28
Janvier . .	2 .32	— 1 .1	— 3 .4	— 11	27
Février . .	3 .91	+ 6 .1	+ 2 .2	— 6	6
Mars. . . .	6 .41	+ 11 .0	+ 4 .5	+ 1	0

Ce tableau nous montre que l'hiver a été caractérisé par une succession, non pas de deux mois, mais de trois mois froids, ce qui est très rare. Aussi, quoiqu'il ait été terminé dès le commencement de février, doit-on le considérer comme un hiver long.

Le mois d'octobre, un peu plus froid que la moyenne normale, n'eut cependant rien de rigoureux. Mais novembre commence la série; on y remarque une température — 6 degrés, qui s'observe bien rarement à Paris dans ce mois. Trois mois de novembre seulement, depuis le commencement du siècle, celui de 1871, celui de 1858 et celui de 1815, furent plus froids.

Puis arrive décembre. Ici nous avons une moyenne absolument extraordinaire de — 7°.4, inférieure de 11 degrés à la température normale du mois. Aucune période de trente jours consécutifs, prise à une époque quelconque de l'hiver, n'a présenté une moyenne aussi basse depuis l'origine des observations météorologiques. Le mois le plus froid du siècle avait été celui de janvier 1838, avec une moyenne de — 4°.6 seulement. Il avait été précédé d'un mois de décembre chaud, et fut suivi d'un mois de février qui ne fut pas très froid. M. Renou, à la suite de calculs qui présentent une suffisante garantie d'exactitude, a admis que les mois les plus froids du siècle dernier avaient été le mois de décembre 1788 et le mois de

janvier 1795, dont la moyenne, pour l'un comme pour l'autre, aurait été d'environ — 6°.5. Nous pouvons donc affirmer que, depuis deux cents ans au moins, une pareille série de froid ne s'était pas produite en France, et rien ne nous autorise à supposer que dans les siècles du moyen âge on ait jamais rien observé de tel.

Cette moyenne a été produite par une longue succession de températures extrêmement basses. Voici, pour ce mois, la série des températures minima notées à l'Observatoire de Saint-Maur :

1er	— 8	11	— 8.4	21	— 18
2	— 11	12	— 9.1	22	— 17.5
3	— 13.7	13	— 11	23	— 16
4	— 5	14	— 12.5	24	— 18.5
5	— 7	15	— 12.5	25	— 16.5
6	— 10	16	— 19.8	26	— 8
7	— 15.6	17	— 21.6	27	— 17.7
8	— 17.8	18	— 11	28	— 16.2
9	— 24.2	19	— 13.7	29	+ 2.2
10	— 25.6	20	— 13.8	30	— 0.5
				31	+ 2

Pendant ce mois, la température s'est abaissée huit fois au-dessous de la température la plus basse du grand hiver de 1829-1830. Elle a présenté deux jours de suite des maxima, — 24°.2 et — 25°.6, qui n'avaient jamais été observés à Paris. Il n'en faut pas conclure que le froid n'ait jamais été aussi rigoureux à Paris : les températures de — 21°.5 et — 23°.5, observées en décembre 1788 et janvier 1795, correspondent probablement à des froids aussi vifs. Elles ont été relevées, en effet, près d'habitations, dans Paris même, sur des thermomètres mal exposés, et marquant par suite trop haut. Il est constant toutefois que s'il a fait quelquefois à Paris aussi froid qu'en décembre 1879, du moins jamais n'y a-t-on vu le thermomètre aussi bas.

Il n'est pas sans intérêt de comparer ce rude hiver à ceux

qui l'ont précédé. Notre comparaison ne portera que sur Paris : nous manquerions d'espace et de documents précis pour étendre la comparaison à d'autres points.

M. Renou admet que le grand hiver de 1829-1830 est peut-être le plus grand qu'il y ait eu en France depuis plusieurs centaines d'années. Voilà, en effet, comment il s'exprimait, en 1871, dans une discussion sur l'hiver qui venait de prendre fin : « La moyenne, — 1°.6, de l'hiver de 1830 est plus basse que celle des hivers de 1789 et 1795, plus basse aussi certainement que celle de 1709, et il ne paraît même pas qu'elle ait jamais été notablement moindre dans les hivers les plus rudes, tels que 1408, 1658..., pendant lesquels la Seine a été gelée plus de cinquante jours comme en 1789. »

Donc, d'après M. Renou, l'hiver de 1830 a été, à Paris, plus rude que ceux de 1795, 1789, 1709..., et peut-être aussi de 1658 et de 1408. Il nous suffira par conséquent de le comparer à celui de 1879-1880 pour voir s'il doit conserver son rang. Nous avons, pour l'un et pour l'autre, tous les éléments d'une comparaison rigoureuse.

La moyenne des trois mois d'hiver, décembre, janvier, février, est, pour 1829-1830, de — 1°.6; elle est de 0°.8 pour 1879-1880. En y ajoutant le mois de novembre, qui a été rigoureux dans les deux années, on arrive à un résultat de même sens. Mais ceci prouve seulement une chose : que l'hiver 1829-1830, qui a duré quatre mois, a été plus long que celui de 1879-1880, qui n'en a duré que trois. Dans le dernier, février, très chaud, a considérablement relevé la moyenne. Mais si l'hiver de 1880 a été moins long, il a présenté, en trois mois, une plus grande somme de froid que l'autre en quatre. Du 14 novembre au 6 février, sur un espace de quatre-vingt-quatre jours, il a offert soixante-treize jours de gelée; tandis qu'en 1829-1830, pour trouver ce même nombre de gelées, il faut embrasser un espace de quatre-vingt-dix-sept jours, allant du 16 novembre au 21 février. Et les gelées du

dernier hiver ont été beaucoup plus intenses, puisque la somme des degrés comptés au-dessous de zéro dans l'hiver de 1879-1880 a été d'à peu près six cents, répartis en quatre-vingt-quatre jours; tandis qu'en 1829-1830, il n'avait été que de quatre cent soixante-dix-huit répartis en plus de cent jours.

Au point de vue des froids intenses et de leur prolongation, au point de vue des effets nuisibles que ces froids ont pu produire sur la végétation, l'hiver dernier est donc incontestablement plus rigoureux que celui de 1829-1830, et sans doute plus rigoureux que tous les hivers du siècle dernier. Et comme si, pendant cet hiver, tout devait être exceptionnel, il a été terminé par un mois de mars qui n'a pas été moins extraordinaire que celui de décembre. C'est le mois de mars le plus chaud dont il soit fait mention dans les registres des observatoires météorologiques. Non seulement il n'a présenté à Paris aucun jour de gelée, fait qui se produit assez rarement, mais sa moyenne est supérieure de près de 5 degrés à sa moyenne normale. Il a été très notablement plus chaud que le mois de mai 1879, fait qui, non plus, ne s'était pas présenté depuis plus de cent ans.

Allons-nous maintenant rechercher les causes de la rigueur extrême de cet hiver, puis de la chaleur excessive du début du printemps? Il nous faudrait pour cela quitter le domaine des faits pour entrer dans le champ des hypothèses. Il nous faudrait ajouter au tableau des températures celui des pressions barométriques, de la direction des vents, de toutes les circonstances climatériques, pour n'arriver, en fin de compte, qu'à avouer notre ignorance. Nous ne le ferons pas. Disons seulement que les températures très basses ont été, comme cela a lieu le plus souvent pendant les grands hivers, accompagnées de pressions barométriques très élevées, et d'un ciel presque constamment serein. De plus, « Ce régime exceptionnel, dit M. Angot, présentait une autre particularité remarquable : il était spécial aux régions supérieures de l'atmosphère. Le sol

semblait recouvert d'une couche d'air froid d'un millier de mètres d'épaisseur au plus; au-dessus, la température était beaucoup plus douce, et non pas seulement d'une manière relative. Le 9 et le 10 décembre, les températures au pic du Midi et au Puy de Dôme étaient à peine égales à celles que l'on observait au pied; dans la seconde moitié du mois, l'inversion devenait complète : au Puy de Dôme, il faisait, le 17 décembre, 17 degrés de plus qu'à Clermont, 20 degrés le 27, et jusqu'à 21 degrés le 22; nous ne citons, bien entendu, que les nombres les plus grands, car la même distribution se reproduisit presque chaque jour depuis le 8 décembre. Au pic du Midi, le phénomène était tout aussi marqué : depuis le 19 décembre jusqu'à la fin du mois, le thermomètre montait chaque jour bien au-dessus de zéro. De pareilles interversions ne sont pas rares; on en signale chaque hiver. »

Nous irons plus loin : non seulement, comme le dit M. Angot, ce phénomène d'interversion n'est pas rare, mais il se produit constamment dans les hivers rigoureux; non seulement il n'est pas l'exception, mais il est la règle des grands hivers. La cause qui produit les grands froids, quelle qu'elle soit, est certainement la même qui amène les pressions barométriques élevées et les interversions de la température. Ces trois phénomènes vont généralement de front.

Point n'était besoin, du reste, pendant l'hiver qui nous occupe, de monter sur les montagnes élevées pour constater l'interversion : on l'a remarquée en bien des points, sur les plus petites collines. Elle s'est produite au Puy de Dôme, au pic du Midi, au mont Néthou, au Righi, à l'Utliberg, au Ballon de Guebwiller. Dans le département de Saône-et-Loire, les habitants des collines souffrirent beaucoup moins que ceux des plaines; dans le Cantal, l'hiver a été très doux; les montagnards des environs de Clermont-Ferrand étaient saisis, lorsqu'ils descendaient à la ville, par un froid contre lequel ils n'avaient pas songé à se prémunir.

Dans les plaines, au contraire, l'hiver présentait à peu près les mêmes caractères qu'à Paris; mais s'il a été en bien des points plus rigoureux que celui de 1829-1830, il est certain qu'il s'est étendu beaucoup moins, et il semble même que, dans certaines régions de la France, il a été moins rude, non seulement que celui de 1830, mais même que celui de 1870-1871. Dans le Cantal, dans l'Ariége, on a eu pendant la plus grande partie de l'hiver une température printanière.

Le midi n'a guère souffert. A Montpellier, la moyenne de décembre est + 0°.85, de beaucoup inférieure à la moyenne normale, mais supérieure cependant à la moyenne de janvier 1872. Grâce à la constante sérénité du ciel, l'écart entre la température minima et la température maxima d'une journée a toujours été considérable. Tandis que le matin la température descendait fréquemment à — 8 degrés, — 9, et même — 11, elle atteignait dans l'après-midi + 10, + 12, et même + 15 degrés, avec un écart double au moins de celui de Paris. En France, les froids se sont surtout fait sentir dans le centre et dans l'est, et là ils ont été, comme à Paris, plus rigoureux qu'ils ne l'avaient jamais été.

Le froid même augmentait à mesure qu'on allait vers l'est, de sorte que l'hiver, à Nancy, par exemple, a été, proportionnellement au climat de cette ville, tout aussi rude qu'à Paris. Le tableau suivant nous le montrera.

MOIS.	TEMPÉRATURES normales calculées d'après 10 ans d'observations.	MOYENNES pour 1879-1880.	DIFFÉRENCES.	TEMPÉRATURE minima.	NOMBRE des jours de gelée.
Novembre .	+ 4°.06	+ 2 .09	— 1°.97	— 8°	12
Décembre .	+ 0 .88	— 8 .58	— 9 .41	— 22 .4	29
Janvier. . .	+ 0 .78	— 2 .64	— 3 .42	— 16 .0	27
Février. . .	+ 7 .00	+ 3 .05	+ 6 .05	+ 10 .8	11

Nous voyons qu'à Nancy les moyennes ont été plus basses qu'à Paris, mais cependant un peu moins éloignées des moyennes normales. De plus, la température minima de l'hiver n'a été que de —22°.4, moins froide que celle de Paris. Mais cela tient surtout à ce que les observations du tableau précédent ont été faites dans l'intérieur de la ville, où la température est toujours plus élevée en hiver que dans les champs. Et, en effet, en rase campagne, à la station météorologique de Bellefontaine, tout près de Nancy, le minimum du 8 décembre a été de —30 degrés, température observée scientifiquement, comme cela a lieu pour les observations parisiennes, c'est-à-dire avec un bon thermomètre placé sous abri. Les moyennes de la station de Bellefontaine sont certainement beaucoup plus basses que celles de Nancy.

A Logelbach, près de Colmar, la moyenne de décembre a été —8°.7, et celle de janvier —4°.1.

Voici, pour terminer, une liste de quelques-unes des températures les plus basses observées en divers points de la France pendant cet hiver ; elles se sont presque toutes produites dans le voisinage du 9 décembre.

Charolles	—24 degrés.
Melun	—25
Joigny (Yonne)	—27
Chaumont	—27
Soissons	—28
Orléans	—28
Toul	—29
Monceau-les-Mines	—29
Près de Nancy	—30
Autun	—31
Langres	—33

Dans les Vosges, on aurait même observé la température de —35 degrés. Même en ne tenant pas compte de cette dernière observation, nous voyons que le minimum de Langres, —33,

est le plus bas qui ait jamais été cité pour la France. La plus froide température observée jusqu'à ce jour avait été de — 31 degrés à Pontarlier, en 1794. Dans cette ville même, ce froid a été dépassé le 8 décembre 1879.

Pendant que l'hiver faisait rage en France, l'Amérique présentait, au contraire, un grand excès de température; l'Angleterre continuait à jouir de son climat insulaire; c'est à peine si l'on pouvait y patiner sur les petits lacs. Mais à l'est de notre pays, le froid allait en augmentant : en Belgique, en Hollande, en Allemagne, en Russie, en Italie même et en Grèce, l'hiver était rude.

CHAPITRE II

1879. LA NEIGE, LE VERGLAS ET LA PRISE DES RIVIÈRES.

L'année 1879, qui devait, comme nous l'avons vu, présenter pendant toute sa durée des températures anormales, débuta par un phénomène presque unique, par un prodigieux verglas. Le verglas est connu de tous; mais personne n'en avait encore vu de comparable à celui de janvier 1879.

Presque chaque année, il arrive qu'une pluie fine tombant sur le sol s'y solidifie instantanément et le recouvre d'une couche uniforme de glace, dangereux et glissant vernis qui disparaît bientôt : c'est le verglas. Cette couche est généralement de très faible épaisseur; elle se borne à entraver, pendant quelques heures, la circulation : aussi les physiciens ne s'étaient pas préoccupés, jusqu'à aujourd'hui, de son mode de formation. Ce mode semblait bien simple, et on admettait, sans examen, que l'eau tombant à une température supérieure à zéro sur un sol fortement glacé par les froids antérieurs ou par l'effet du rayonnement nocturne, se congelait immédiatement. Bientôt le sol réchauffé par le contact de l'eau, réchauffé aussi par le fait même de la congélation, se mettait en équilibre de température avec l'eau; la formation du verglas cessait, et la mince couche se fondait même rapidement. On admettait ainsi que la couche de verglas ne pouvait jamais devenir épaisse, et qu'elle ne se formait que par des températures supérieures à zéro degré.

Tout cela est vrai le plus souvent; mais le phénomène qui se produisit le 22 janvier 1879 a montré que l'explication que nous venons de donner ne peut s'appliquer à tous les cas. Il

résulte des observations de nombreux savants, et notamment de celles de MM. Godefroi, Piébourg, Decharme, Colladon..., que, le 22, le 23 et le 24 janvier 1879, il est tombé de l'eau liquide quand la température extérieure était de — 2 degrés, — 3 degrés, et même — 4 degrés; c'est-à-dire inférieure à celle de la formation normale de la glace. Cette pluie était donc à l'état de surfusion. Arrivée sur le sol également très froid, cette eau se solidifiait immédiatement, comme le fait tout liquide en surfusion auquel on fait subir une agitation ou un choc, et il se formait un verglas dont l'épaisseur pouvait augmenter indéfiniment.

Déjà, à plusieurs reprises, depuis le commencement du siècle, on avait observé des pluies par des températures inférieures à zéro; mais on n'avait pas attaché d'importance à ce fait, qui n'avait produit aucun phénomène frappant. Il devait en être autrement en janvier 1879; la formation du verglas y prit presque, en effet, le caractère d'un fléau pour la sylviculture.

On ne trouve dans aucun document la preuve qu'aucun verglas ait jamais produit des dégâts comparables à ceux que nous allons enregistrer. Arago, dans sa Notice sur les grands hivers, n'en cite qu'un seul, celui de 1498-1499, dans lequel on ait eu des pertes sérieuses dues à l'action du verglas. Voici ce passage, extrait, au moins pour le fond, de la *Chronique* de Jean Molinet : « Les frimas de cet hiver se présentèrent dans le Hainaut sous une forme tout à fait insolite. Il tomba, dans la nuit de Noël, une grêle très forte, mêlée de pluie, qui fut immédiatement saisie par la gelée et forma une rivière de glace polie. Vint ensuite une neige abondante, « tellement que le tout, » dit le chroniqueur, congéré et entremeslé ensemble, causèrent » une glace dure comme pierre. » Les arbres, ne pouvant supporter un tel fardeau, « furent esbranchez et desbrisez par » grands esclas » ; les branches qui résistèrent, agitées par le vent, formaient un bruit « à manière du cliquetis de harnois

d'armes. » Cette singulière gelée dura douze jours, et quand vint le dégel, des pièces de glace énormes tombèrent des clochers et endommagèrent les nefs et les chapelles des églises. »

Le verglas extraordinaire de janvier 1879 dut être semblable à celui-là. Il causa d'immenses dégâts dans la sylviculture. Un météorologiste distingué, M. Angot, les a rapportés très exactement : « Sur une longue bande étroite, s'étendant du nord-est au sud-ouest, le désastre fut immense; tel qu'on peut difficilement se le figurer. Tous les objets, le sol, les arbres, les plus petits brins d'herbe, étaient recouverts d'une couche de glace, qui atteignit deux centimètres d'épaisseur. Sur les fils télégraphiques, le diamètre de l'enveloppe glacée arrivait à 38 millimètres; une petite branche, du poids de sept grammes, portait 193 grammes de glace. Sous une surcharge aussi grande, bien peu d'arbres pouvaient résister, et beaucoup étaient rompus ou déracinés. Dans la forêt de Fontainebleau notamment, les dégâts furent incalculables : à certains endroits, on aurait dit une forêt mitraillée. Les routes restèrent longtemps coupées par des troncs d'arbres qui les jonchaient, et, dans la région envahie par le fléau, toutes les lignes télégraphiques furent détruites. »

M. Louis Figuier, dans *l'Année scientifique*, écrit : « Dans les bois et dans les forêts des environs de la Chapelle-Saint-Mesmin, le phénomène du verglas eut des conséquences désastreuses. Le poids des branches recouvertes de glace augmenta de plus en plus. Dès la première nuit, plusieurs furent brisées. Dans la soirée du second jour, le phénomène prit des proportions effrayantes. Toute la nuit, les craquements se succédèrent avec une rapidité toujours croissante. Le lendemain matin, les branches arrachées et brisées jonchaient le sol; des arbres entiers gisaient déracinés; d'autres, et des plus grands, étaient fendus en deux depuis le sommet jusqu'à la base. Le plus grand nombre étaient entièrement dépouillés de leurs branches,

de sorte que certaines régions boisées simulaient assez bien les abords d'un bassin à flot hérissé de mâts. »

D'après des documents officiels, on peut évaluer à deux cent mille stères le volume des bois brisés par le verglas dans les forêts domaniales du seul département de Seine-et-Marne. Il aurait été presque impossible d'y retrouver un seul bouleau intact. L'œuvre de la restauration de la forêt de Fontainebleau s'est trouvée retardée de trente ans. La forêt de Villefermoy (Seine-et-Marne) ressemblait à une immense exposition de cristallerie. « Rien de plus saisissant, dit un témoin oculaire, que l'immobilité et le silence qui pesaient sur la forêt, brusquement troublés de temps en temps par l'effroyable fracas des bris d'arbres. »

M. Jamin, dans *la Revue des Deux Mondes*, raconte des effets bien curieux de ce verglas : « Les animaux n'ont pas été plus épargnés que les plantes; des alouettes ont été fixées au sol, rivées dans le verglas par les pattes ou par la queue. Dans la Champagne, on trouva des perdreaux gelés, debout dans un linceul de glace; et l'on ne peut s'empêcher de comparer cet ensevelissement glaciaire à celui qui, aux époques géologiques, a surpris les mastodontes qu'on retrouve aujourd'hui sur les bords de la Léna. Eux aussi se présentent debout, le nez en l'air, serrés dans un vêtement de glace, non de neige, comme s'ils avaient été surpris par un immense verglas. Cette hypothèse est aussi plausible que celle du tourbillon glacé qu'on a imaginé pour expliquer leur ensevelissement. »

Le verglas si extraordinaire du 24 janvier 1879, phénomène presque unique jusqu'alors, devait se reproduire aussi désastreux, à quelques mois de distance, au début de la période des grands froids du mois de décembre de la même année. Sur une grande partie de l'Europe, la neige tomba dans la nuit du 3 au 4 décembre; cette chute de neige fut suivie dans un grand nombre de régions, et principalement dans

l'ouest de la France, d'une pluie glacée qui recouvrit tout d'une immense couche de verglas. Dans la nuit du 4 au 5, une effroyable tempête de neige, pendant laquelle tous les éléments semblaient déchaînés, vint cacher la glace qui recouvrait le sol et déterminer le rupture de nombreux arbres trop fortement chargés. Sous l'action du verglas, toutes les maisons se recouvrirent d'un vernis luisant qui avait quelquefois plus d'un centimètre d'épaisseur, qui rendait les vitres presque opaques, et soudait si bien les fenêtres qu'on ne pouvait les ouvrir. Puis, quand vint l'ouragan, la neige, fine et sèche, pénétrait entre les ardoises des toits et remplissait les greniers les mieux clos.

M. Demoget a donné, au journal *la Nature*, une description du verglas du 4 décembre à Nantes : « Le mercredi 3 décembre, dit-il, le ciel resta couvert, et la journée fut très froide; vers sept heures du soir, la neige commença à tomber; et le lendemain jeudi la terre en était complètement couverte. Mais, vers huit heures du matin, la neige se changea en une pluie glacée par un vent d'est assez violent et très froid. Dans la journée, la pluie se congelait en partie, se fixait aux divers objets qu'elle rencontrait, et formait bientôt une couche épaisse de verglas recouvrant toute la végétation. Vers le soir, sous le poids de la couche glacée, les branches d'arbres commencèrent à se rompre. Enfin, pendant la nuit, une tempête de neige, chassée par un fort vent d'est, vint encore aggraver la situation. Un grand nombre d'arbres surchargés par le verglas et la neige se brisèrent. Les ormes des promenades publiques et ceux bordant les routes, moins solidement charpentés, furent les plus maltraités. En général, les arbrisseaux et les arbres à basse tige résistèrent beaucoup mieux, parce que les stalactites de glace, en se soudant aux parties inférieures de la plante, consolidèrent les branches jusque sur le sol et empêchèrent leur rupture. Toute la plante était emprisonnée sous une charpente glacée, qui reliait et soudait toutes les

branches et les feuilles entre elles. Le vendredi 5 décembre, le ciel étant très pur, le soleil vint augmenter la beauté du phénomène, en faisant scintiller cette splendide végétation de cristal. C'est la deuxième fois pendant l'année 1879 que ce rare phénomène météorologique se produit. »

La campagne de Nantes n'était pas seule éprouvée ; on écrivait, de Saint-Georges-sur-Loire, à *l'Union de l'Ouest :* » Une pluie glaciale est tombée toute la journée du 4, se congelant au fur et à mesure ; et, vers le soir, les arbres étaient revêtus d'une couche de verglas d'une épaisseur extraordinaire. De tous côtés on voyait les branches cédant sous ce poids énorme s'incliner vers la terre ; quelques-unes se brisaient ; cependant, si le temps restait calme, on pourrait espérer que le mal ne serait pas trop grand. »

Mais le temps ne resta pas calme, la tempête ne tarda pas à se déchaîner. « Quelle nuit ! A chaque instant, au milieu des hurlements de la tempête, on entendait des décharges d'artillerie, suivies de véritables feux de file. C'étaient les chênes centenaires, les ormes, les frênes, qui s'abîmaient sous la rafale, tandis que les jeunes arbres se brisaient net par la moitié ! Vers le matin, le calme se rétablit ; mais le mal était fait, il dépassa même les prévisions. Le jour, en se levant, éclaira une scène de désolation. Le sol jonché de débris, les arbres déchirés, brisés de haut en bas, les peupliers surtout n'ayant plus de cime, plus de branches, nus comme des poteaux de télégraphe ; à moins de l'avoir vu, rien ne peut donner une idée de ce spectacle lamentable. Tous les parcs du pays, Serrant, l'Épinai, la Cauterie, la Bénaudière, le Pin, Lancran, le Chillon, etc., sont littéralement ravagés. Il faudra dix ans pour réparer le désastre d'une nuit, et encore bien des dégâts sont-ils irréparables. »

Le verglas a été localisé, mais la neige couvrit une grande partie de l'Europe. « En même temps, une chute abondante de neige recouvrait la France, interrompant toutes les com-

munications : aux environs de Paris, l'épaisseur de cette couche atteignit en moyenne vingt-cinq centimètres. La neige reprit un instant le 8, ajoutant une nouvelle couche de plus de dix centimètres à la première; de sorte qu'il s'accumula sur le sol, du 4 au 8 décembre, une couche d'eau gelée qui, fondue, ne correspondait pas à moins d'un volume de quarante-cinq litres d'eau par mètre carré de surface. » Quoique cette abondance n'eût rien d'extraordinaire, elle suffit pour causer de graves accidents, tels que l'effondrement du marché Saint-Martin, et pour arrêter la circulation pendant plusieurs jours. »

Nous n'avons pas à discuter ici les moyens employés pour débarrasser le sol de cette couche encombrante. Disons seulement que ceux qui ont préconisé l'emploi de la vapeur surchauffée pour fondre la neige des rues n'ont fait que prouver l'ignorance absolue dans laquelle ils sont des plus simples notions de la physique. Une grande locomotive routière, capable de brûler 70 kilogrammes de charbon par heure, aurait pu, étant donnée l'épaisseur de neige qui se trouvait sur le sol de Paris, nettoyer 50 mètres carrés de chaussée par heure. A ce chiffre, 1000 locomotives auraient à peine, en un mois, terminé leur besogne.

En province, la neige était par régions beaucoup plus abondante qu'à Paris. Dans le centre et le nord, elle atteignait une hauteur tout à fait insolite. A Joigny, dans l'Yonne, il y en avait plus de 50 centimètres. Dès le 1er décembre, il y en avait 30 centimètres dans les rues de Valenciennes, et il devait en tomber beaucoup encore. A Laval, on observait 50 centimètres de neige. A Bapaume, au milieu de décembre, il y eut en certains endroits 1m.60 de neige : le courrier dut, au péril de sa vie, porter sur son dos le sac des dépêches.

Près de Cambrai, des villages bloqués par les neiges demandent des secours et des vivres. Dans les Ardennes, des villages entiers étaient ensevelis, et demeuraient pendant plu-

sieurs jours isolés du reste du monde, dans une détresse affreuse, sur le point de manquer complètement de pain. Les moulins ne pouvaient plus moudre, la farine manquait, tout gelait dans les maisons.

Dans certaines parties des Vosges, la neige, poussée par le vent, comblait les vallées, et s'amassait en masses de 10 mètres d'épaisseur. Sur divers points, nombre de gens étaient ensevelis sous la neige et périssaient misérablement. Les transports étaient devenus presque impossibles, et, près de Cambrai, les cultivateurs imaginaient d'employer des traîneaux grossiers pour leurs transports.

A l'étranger il y avait aussi de grandes neiges. A Naples, les trains étaient arrêtés par les grandes accumulations de neige.

Dans les montagnes, au contraire, de même qu'il y avait peu de froid, il n'y avait guère de neige. Les habitants du Causse de Chanac étaient obligés, faute d'eau et de neige, de faire un très long parcours pour aller chercher dans le lit du Lot de gros blocs de glace qu'ils charriaient à la ferme, et qu'ils faisaient fondre au fur et à mesure pour les besoins du ménage et pour abreuver les bestiaux. Le 14 décembre, le général Nansouty télégraphiait plaisamment à un ami, du haut du pic du Midi : « Nous sommes en détresse ; nous ne trouverons bientôt plus assez de neige pour faire l'eau pour le thé et la soupe. Apportez-nous de la neige si Paris en a assez. »

C'est à la suite de cette grande chute de neige que se produisirent les froids extraordinaires de l'hiver. Les phénomènes de congélation de divers liquides, cités toujours par les historiens comme caractérisant les grands hivers, ont été observés alors dans un grand nombre de localités. L'eau, en maints endroits, s'est gelée au fond des puits ; l'eau-de-vie, exposée à l'air, s'est prise en une masse solide ; le vin a pu être coupé à la hache. A Verneuil, département de l'Eure, le vin gèle

dans les caves, cinq cents bouteilles de vin sont brisées. Dans le Berry, au fond d'une cave bien close, plusieurs centaines de bouteilles de vins fins éclatent par l'effet de la gelée.

Dans le département de Saône-et-Loire, tout gèle dans les maisons. Dans plusieurs départements, toutes les provisions qui n'étaient pas enfermées dans des caves très profondes étaient totalement perdues.

Dans des chambres à feu, l'eau se gelait dans les carafes pendant la durée du repas. La rapidité de la congélation devenait extrême quand l'eau était placée à l'extérieur. Au milieu du mois de janvier, le feu se déclare dans la caserne d'artillerie, à Orléans, au milieu de la nuit. Pendant deux heures il est impossible de manœuvrer les pompes, les conduites d'eau étant gelées. La température était cette nuit-là de — 18 degrés. L'eau qui tombait sur les murs se solidifiait et formait au-dessous des poutres des stalactites de glace. Les pompiers étaient recouverts d'une épaisse couche de verglas. Les conduits d'alimentation des pompes ont été tellement avariés que l'administration municipale a dû consacrer un important crédit à leur réparation.

M. Déleveaux, professeur au lycée d'Orléans, a profité de ces basses températures pour refaire l'expérience de William. Le 17 décembre, il a rempli d'eau un obus de 95 millimètres de diamètre. Il l'a placé en plein air, et le lendemain l'a trouvé cassé. Les vases rompus par suite de la gelée ont été très nombreux, même dans les appartements qui semblaient le mieux à l'abri des accidents de cette nature. Le journal *la Nature* donnait le curieux spécimen, d'après une photographie, d'un effet de congélation sur une bouteille contenant une solution faible de nitrate d'argent. Le bouchon avait été soulevé, dans un placard de laboratoire, à une grande hauteur par une colonne de glace sortie du goulot.

Dès le début du mois de décembre, les fontaines publiques

de Paris présentaient, par suite de la formation des glaces, l'aspect le plus agréable. Les lions de la fontaine Saint-Michel étaient notamment d'un magnifique aspect. Sur la place de la Concorde, les statues qui décorent les fontaines étaient enveloppées dans d'immenses blocs de glaces dont elles formaient en quelque sorte le noyau.

Mais c'est surtout la prise des cours d'eau qui nous présente des faits dignes d'attention. Dès le mois de novembre, la Néva avait été prise. A Saint-Pétersbourg, les glaçons emportaient treize bateaux et plusieurs débarcadères. Des paquebots partis de Cronstadt avec trois cents passagers étaient entourés par des masses de glace flottante et jetés sur un banc de sable.

Dès les premiers jours de décembre, toutes les rivières du nord et du centre de la France étaient couvertes de glaces épaisses. La congélation s'était produite, pour certaines rivières, précisément à l'époque de la chute des neiges, et il en était résulté des effets singuliers. A la Flèche, sur le Loir, la neige, chassée par le vent sur la glace encore très faible, s'y était entassée en grande quantité. La glace, cédant sous le poids, ne tarda pas à s'enfoncer avec son fardeau, et la rivière se reprit par-dessus. Quinze jours après, nous avons encore pu constater, en brisant la glace, qui avait pris une épaisseur de 40 centimètres, que la neige était encore là. L'accumulation était telle qu'elle allait, sur les bords, jusqu'au fond, à plus d'un mètre. Cette neige était spongieuse : l'eau, à zéro degré, qui l'imprégnait, était impuissante à la fondre.

Le 8 décembre, le Sund charriait des glaçons et Copenhague était bloqué par les glaces. La navigation de l'Escaut était interrompue. Bientôt la Seine et la Loire se prenaient dans toute leur étendue, puis la Saône et une grande partie du Rhône. Les plus anciens riverains n'avaient jamais vu autant de glace sur le Rhône : il était gelé d'une rive à l'autre sur une longueur de plus de 60 kilomètres à partir d'Arles. Cependant,

en 1830, on avait pu passer en voiture sur la glace de Tarascon à Beaucaire; on ne le fit pas en 1879. Sur le Lot, à Espalion, la glace avait 50 centimètres d'épaisseur; la rivière avait été prise le 30 novembre, et le 22 janvier, jour de la foire, tout le monde la traversait encore; on y jouait aux quilles, on y faisait de la photographie. Le canal du Midi, de Toulouse à Cette, était entièrement gelé au commencement de décembre.

Bien plus, tandis que le froid épargnait presque le sud-ouest de la France, il gagnait l'Italie. L'Arno se gelait à Florence; le Pô pouvait être traversé en tous sens; la mer se prenait en partie à Venise.

A mesure que le froid se prolongeait, l'épaisseur de la glace devenait plus grande, et on pouvait circuler librement sur les lacs et sur les fleuves. En certains points il y eut sur la Loire 70 centimètres de glace. A Vichy, sur l'Allier, les grosses voitures de roulage circulaient comme sur une route. A Mayence, sur le Rhin, les diverses corporations d'ouvriers installaient des ateliers. Un tonnelier, aidé de ses ouvriers, fabriquait, le jour de Noël, deux grands tonneaux sur la glace; ces tonneaux, destinés à un commerce de vins de Mayence, portent une inscription mentionnant le fait. En même temps, des maréchaux ferrants, des cordonniers, s'établissaient sur le Rhin; on installait une grande boucherie.

Le dégel de la fin de décembre devait rendre la vie à presque tous ces cours d'eau. Mais un grand nombre ont été, pour la seconde fois, repris en janvier.

A Paris, dès la première quinzaine de décembre, de nombreux promeneurs ne tardaient pas à descendre sur la Seine, malgré la défense de l'autorité. La glace, qui atteignit bientôt, en tous points, plus de 40 centimètres d'épaisseur, aurait été capable de porter les plus grands fardeaux. Les glaces sur lesquelles se lancèrent les hussards de Pichegru, le 20 janvier 1795, pour aller prendre d'assaut la flotte hollandaise, n'étaient

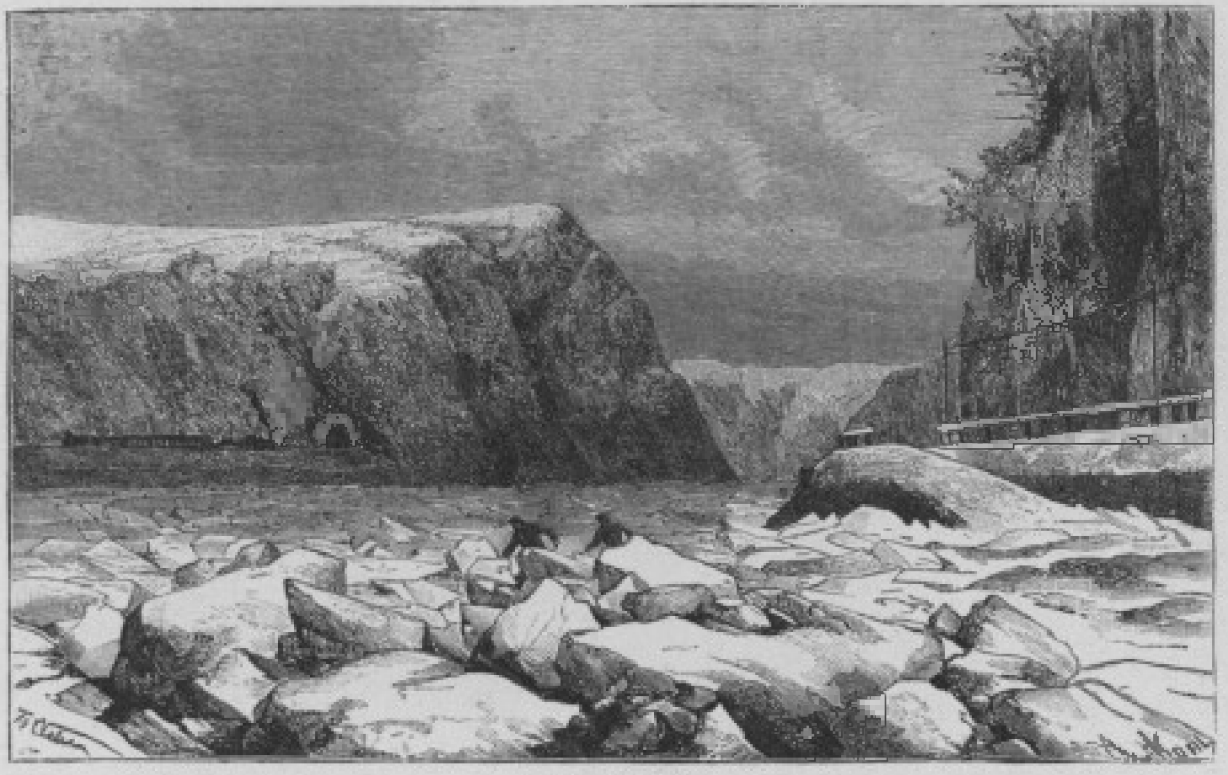
pas plus épaisses. Lorsque, en 1657, Charles X, roi de Suède, fit traverser la Baltique sur la glace à toute son armée; lorsque, en 1458, une armée de quarante mille hommes campa sur le Danube, les glaces n'avaient pas non plus une solidité plus grande.

Aussi le jeudi, jour de Noël, la Seine était-elle couverte de patineurs : dans la nuit, on y organisait une nombreuse promenade aux flambeaux.

Pendant que la Seine était ainsi prise à Paris, les rues recouvertes d'une couche glissante de neige durcie, les promenades et surtout les transports de marchandises étaient devenus extrêmement difficiles. Aussi le patinage et la course en traîneaux prenaient une extension extraordinaire. Des commerçants avaient songé à faire leurs transports à l'aide de traîneaux, et les gens riches adoptaient, pour leurs promenades, ce mode de locomotion. Aux Champs-Élysées, on comptait un traîneau pour cinq voitures. Nous avons vu qu'au surplus ce divertissement n'était pas nouveau en France.

Dans l'Europe centrale, les grands lacs se prenaient presque tous. Ils ne se gèlent presque jamais, et seulement après une longue suite de jours extrêmement froids. Aussi leur congélation se produisit-elle seulement au mois de janvier.

Le lac Trasimène, près de Pérouse, le lac de Zurich, celui de Zirknitz, en Carniole, plusieurs grands lacs de la haute Autriche, purent être traversés sur la glace à la fin de janvier. Le lac de Neuchâtel était pris au commencement de février. Ce fait ne s'était pas produit depuis 1830 : une gravure, aujourd'hui rare et très recherchée des amateurs, avait consacré le souvenir de cet événement. Au commencement de janvier, le lac de Genève était en partie couvert de glace, au moins sur les bords. La résistance de la glace était telle en février sur le lac de Constance, qu'on y installa, à Bregenz, une imprimerie. Là, on tira un numéro unique de la *Gazette du lac*



1879. — Le Rhin.

de Constance, contenant une chronique sur le froid et l'historique des congélations du lac. A l'occasion de ce rare événement, qui ne s'était pas produit depuis 1830, on donna de grandes fêtes sur la glace, accompagnées de brillantes courses en traîneau.

Sur la Seine en décembre 1879.

CHAPITRE III

LE DÉGEL ET LES DÉBACLES.

Cependant à Paris on songeait à la débâcle, et on tâchait d'en atténuer les effets, si souvent désastreux. Nous avons vu qu'en 1768 Déparcieux avait indiqué un moyen d'empêcher la prise de la Seine à Paris : en 1879, pas plus que dans les grands hivers précédents, on n'avait songé à essayer ce moyen ; il fallait donc briser la glace pour que le courant se trouvât libre au moment du dégel. En 1830, on avait tenté sans succès d'employer la poudre pour faire partir les glaçons ; on espérait obtenir de meilleurs résultats avec la puissante substance explosible que nous avons maintenant à notre disposition. Des cartouches renfermant 250, 300 et 400 grammes de dynamite étaient placées sous la glace et allumées avec des mèches. Les débris, projetés à une grande hauteur, retombaient dans l'eau et pouvaient être emportés par le courant. Chaque cartouche pouvait disjoindre 150 mètres carrés de glace. On eut alors l'espérance de rendre complètement libre le cours du fleuve dans la ville, et de faciliter ainsi l'écoulement des glaçons lors du dégel. Ces efforts n'ont pas été tout à fait vains, et peut-être ont-ils empêché des dégâts plus grands que ceux que nous avons à enregistrer.

Le dégel arriva, en effet, assez vite et très brusquement. Le 28 décembre, la température s'éleva avec une rapidité inouïe de — 15 degrés à + 3. En même temps, une épouvantable tempête remplaçait, sur une partie de l'Europe, le calme absolu des jours précédents. D'après les observations du docteur Robert Grant, de l'université de Glasgow, la vitesse du vent

était, dans cette ville, à sept heures du soir, de 115 kilomètres à l'heure. C'est à ce moment que, sous l'action de cet ouragan terrible, se produisit l'épouvantable catastrophe du pont de la Tay. Ce pont, entièrement métallique, qui reliait Dundee à Édimbourg, avait plus de trois kilomètres de longueur : il avait été terminé seulement en 1875, et ses constructeurs, fiers à juste titre de cette œuvre merveilleuse, avaient cru pouvoir affirmer que la tempête la plus furieuse ne produirait pas la moitié de l'effort nécessaire pour renverser les piles. Le plus terrible accident qu'ait à enregistrer l'histoire des chemins de fer devait donner un triste démenti à cette affirmation. Laissons la parole à M. Walker, directeur du chemin de fer North British :

« D'après les rapports qui nous ont été faits sur le terrible malheur survenu au pont de la Tay, il paraît que plusieurs des grosses traverses du pont ont été précipitées dans la rivière, en même temps que le dernier train venant d'Édimbourg, hier au soir, 28 décembre, vers sept heures et demie. Il y avait, je déplore profondément d'avoir à le dire, près de trois cents voyageurs dans le train, sans compter les employés de la compagnie qui en faisaient le service.

» Les premières nouvelles de l'accident, transmises à Dundee, n'y provoquèrent qu'un sentiment d'incrédulité, tant la catastrophe paraissait effroyable : ce sentiment ne tarda pas à faire place à une consternation profonde.

» Le train, qui était parti d'Édimbourg dimanche, à quatre heures quinze, était composé de quatre wagons de troisième classe, un de deuxième et un de première classe, un fourgon de bagages, et la machine; en tout huit véhicules.

» Le train avait quitté Burntisland à l'heure réglementaire, et, à toutes les stations du Fifeshire, la même régularité s'était maintenue en prenant des voyageurs dans les principales gares. A celle de Saint-Fort, le train avait juste cinq minutes de retard. Il fut signalé à partir de là au garde-barrière

de l'extrémité méridionale du pont, qui transmit le signal à son collègue de l'extrémité nord, et de là à Dundee. En ce moment, un vent des plus violents, véritable ouragan, faisait rage ; et, à peine une minute ou deux après la communication télégraphique d'une extrémité du pont à l'autre, le pont s'écroula subitement. On crut d'abord que le train avait pu rétrograder, et l'on essaya de s'en assurer en se mettant en communication avec la rive du Fifeshire de la Tay. Mais les employés de la Compagnie durent enfin se rendre à l'évidence et reconnaître que le train avait été précipité dans la rivière.

» Le vapeur qui, parti à onze heures du soir, eut toutes les peines du monde à arriver sur le théâtre de la catastrophe, y parvint au moment où la lune commençait à se cacher derrière d'épais nuages. Ceux qui le montaient purent néanmoins s'assurer que, sur une longueur de mille mètres, tout avait cédé. Il n'y restait pas même un simple bout de barre de fer. C'était une grande ouverture béante, où quelques extrémités de poutres passaient seules de chaque côté ! Au milieu de l'obscurité, les passagers du steamboat crurent distinguer des êtres humains sur l'une ou l'autre des deux berges, mais c'était une illusion d'optique; la rivière n'avait rien rendu, et ce que l'on avait pris pour des hommes, c'étaient des bouts de câble restés fixés aux culées maçonnées du pont.

» On se perd en conjectures pour expliquer comment treize massives traverses ont pu être enlevées si complètement qu'elles n'ont laissé aucune trace. L'explication la plus plausible paraît être celle qui attribue leur rupture à la pression latérale exercée par le vent, au moment où le poids du train en exerçait une verticale et provoquait des vibrations qui ont été contrariées par l'action opposée simultanée de l'ouragan. Dans cet état de choses, quelque partie plus faible ayant cédé, la lourde masse du train aura accéléré la rupture totale. Une chose surprenante, c'est que le bruit d'une chute pareille n'ait pas été entendu dans le village, probablement à cause de la

violence du vent. En somme, il n'est resté du pont que les fondations en pierre et une partie des culées en maçonnerie encore garnies de bouts de montants en fer. »

Telle fut cette catastrophe sans exemple, dans laquelle trois cents personnes ont trouvé la mort. Bien peu de cadavres ont pu être retrouvés.

Cependant, à Paris et dans presque toute l'Europe, le dégel commençait. La terre, fortement durcie par la gelée, était presque imperméable, et l'eau provenant de la fonte des neiges glissait rapidement à sa surface pour aller grossir les rivières. Les eaux de la Seine, montant rapidement, déterminèrent bientôt la rupture bruyante des glaces. Le 2 janvier, la débâcle commença ; le 3, elle atteignit sa plus grande intensité. Le fleuve entier fut bientôt couvert de glaçons accumulés, entassés pêle-mêle, descendant le courant avec une rapidité vertigineuse. De nombreux débris étaient ainsi charriés : bateaux, tonneaux, poutres, arbres, pans de murs, on voyait de tout sur cet immense radeau de glace. Et tout cela frappait les piles des ponts avec une telle force que le sol en tremblait.

Et cependant le fleuve monte toujours ; malgré les plus grands efforts, les ponts sont en grande partie obstrués, les quais submergés : on craint un moment un immense désastre. Heureusement il devait nous être épargné. Le pont des Invalides seul ne put résister au choc. Il était en réparation depuis plusieurs mois, et l'on avait construit en avant une passerelle de bois pour la circulation des piétons. Cette passerelle ne tarde pas à être emportée, et ses débris, encombrant les arches, déterminent la rupture du pont lui-même. Le 6, tout danger d'inondation avait complètement disparu.

En somme, cette débâcle fut une des moins désastreuses de celles qui eurent Paris pour théâtre. Elle se bornait à des dégâts matériels, dont l'état estimatif a fixé la valeur, pour l'intérieur de Paris, à 3 500 000 francs. Dans les banlieues, les dégâts furent plus grands : à Villeneuve, à Choisy-le-Roi, à

Alfort-Ville, il y avait eu plus d'un mètre d'eau dans les rues. Tout cela est beaucoup, mais bien peu à côté de ce que l'on avait à craindre, bien peu à côté des désastres rapportés par l'histoire.

Les glaces n'arrivèrent que lentement dans la basse Seine. Elles furent d'abord arrêtées à Meulan par le pont de la ville. Elles s'y accumulèrent en quantité si considérable qu'elles arrivèrent à la hauteur des poteaux télégraphiques. Puis cette muraille immense finit par céder, et le torrent, franchissant le pont, se précipita sur l'écluse. Il n'y eut que des accidents de bateaux. Ce fut le dernier incident de la débâcle de la Seine.

Malheureusement, tous les riverains des grands fleuves ne devaient pas en être quittes à si bon marché, et diverses débâcles, surtout dans le centre de l'Europe, furent bien autrement funestes.

En Hongrie, dès le 15 décembre, il y eut de grandes inondations, et les glaces causèrent de grands dégâts.

Au commencement de janvier, la Moselle inonde la ville de Metz, et les glaces font de grands ravages; le Rhin emporte en divers points les remblais du chemin de fer. La Meuse présente à Liége un spectacle terrible et grandiose : les glaçons, en se choquant les uns contre les autres, produisent un bruit effrayant; une terrible inondation charrie des épaves de toutes sortes. A Sarrebourg, la Sarre démolit les ponts, brise les arbres, inonde la campagne, et emporte tout ce qui se trouve sur son passage. Le Danube est plus furieux encore; il inonde complètement l'île de Shutt, près de Presbourg, et ses glaces emportent plusieurs ponts. Près de Cracovie, plus de vingt villages sont ensevelis par le débordement de la Vistule.

Enfin, en France, la Saône au-dessus de Lyon, et la Loire au-dessus de Saumur, furent arrêtées par d'immenses amoncellements de glaces qui donnèrent la plus grande inquiétude. La rencharge de Saumur, désormais célèbre sous le nom de glacier de Saumur, s'étendait sur une longueur de douze kilo-

mètres et sur toute la largeur du fleuve, atteignant presque un kilomètre en cet endroit. Elle occupa, passionna l'opinion publique pendant six semaines. La presse en donna les descriptions et les dessins les plus variés, et tint le public au cou-

La débâcle sur le Rhin.

rant de tous les travaux entrepris pour conjurer le péril. L'attention était d'autant plus vive que l'on répétait sur tous les tons que le phénomène était unique, qu'il ne s'était jamais produit en aucun temps et en aucun lieu. Il ne sera donc pas inutile de montrer qu'au contraire les encombrements de glaces sont presque la règle générale des débâcles, et qu'il n'y a de

différences que dans la plus ou moins grande importance de l'amoncellement et dans la durée du glacier formé.

Dans les hivers rigoureux et longs, la glace atteint dans les fleuves une épaisseur considérable. Au moment de la débâcle, la rupture ne se produit que difficilement, et les glaçons charriés ont une grande surface, par suite un poids énorme, une force d'entraînement prodigieuse.

Il suffit alors qu'un obstacle, pont, île, bas-fond, se présente, pour déterminer ce qu'on nomme une rencharge. Les premiers glaçons sont arrêtés; ceux qui suivent choquent violemment les premiers, se dressent les uns sur les autres, et forment une solide barrière qui augmente de volume à chaque instant. Si l'obstacle est un pont, il ne tarde pas à être emporté, et la débâcle reprend sa marche; mais si l'embâcle est causée par une île, un bas-fond, qui ne peuvent céder, la barricade prend des dimensions importantes : toutes les glaces d'amont se réunissent au même endroit, se soudent les unes aux autres, et forment un tout solide, dont le volume se chiffre par millions de mètres cubes.

Les eaux, arrêtées dans leur cours, s'élèvent à une hauteur anormale. Il se produit de part et d'autre du glacier une différence de niveau de plusieurs mètres; les campagnes voisines sont inondées, dévastées, et souvent le fleuve se creuse, dans les vallées latérales, un lit nouveau qu'il conservera peut être définitivement si les travaux de l'homme ne viennent le déposséder de sa conquête. Suivant l'importance du fleuve, l'épaisseur des glaces, la hauteur des eaux et la durée du dégel, le glacier sera plus ou moins considérable, l'inondation plus ou moins dévastatrice, la débâcle définitive plus ou moins tardive, plus ou moins désastreuse, mais au fond le phénomène sera toujours le même.

Et qu'on ne vienne pas dire que ce sont là de pures spéculations; l'histoire nous montre à chaque instant ces amoncellements de glaces et leurs tristes conséquences. Nous en avons

cité un certain nombre, notamment pour les années 1216, 1364, 1789, 1830. Ajoutons-en encore deux ou trois.

En 1840, un engorgement du genre de celui dont nous nous occupons a eu lieu dans la Vistule, à deux kilomètres environ au-dessus de la ville de Dantzig. La rivière, arrêtée par les glaces empilées, s'ouvrit un nouveau cours sur la rive droite. En quelques jours elle se creusa, à travers des collines sablonneuses de douze à dix-huit mètres de haut, un lit profond et large de plusieurs lieues de longueur.

En 1876, le 3 mars, le Danube, arrêté par des glaces qui s'élevaient à une hauteur prodigieuse, causa de terribles inondations et d'immenses dégâts.

Mais notre étonnement redouble quand nous considérons les faits mêmes du grand hiver de 1879. Juste au moment où tous les journaux de France étaient pleins du glacier de Saumur et le déclaraient unique, il se produisait au-dessus de Lyon un phénomène du même genre. Il subsistait aussi longtemps que celui de Saumur, donnait aux ingénieurs les mêmes inquiétudes, en un mot, lui ressemblait de tous points. L'accumulation des glaces, énorme cependant, était seulement un peu moins considérable.

Occupons-nous de ce premier glacier, si dédaigné des chroniqueurs, à cause sans doute de son éloignement de Paris, et nous verrons s'il était en réalité bien différent de celui de Saumur. Nous emprunterons les récits qui suivent aux journaux de Lyon, qui seuls s'entretenaient de ce fait effrayant, dont le reste de la France semblait se désintéresser absolument.

La débâcle de la Saône commença le 2 janvier : les glaces emportèrent d'abord le pont de Taissey (Ain). A Lyon, le mouvement se produisit le 3. Aussitôt après la rupture de la couche de glace le fleuve charrie à pleins bords. Mais il se forme bientôt, en face de l'île Barbe et du pont Serin, un immense amoncellement. Le 5, ces glaces se mettent en mouvement avec un fracas épouvantable, mais elles s'arrêtent de nouveau à Vaise :

là, l'embâcle se reforme avec plus d'intensité. En quelques heures, tout l'espace compris entre Vaise et l'île Barbe est encombré; les glaces, à l'île Barbe, atteignent le pied de la maison éclusière; les glaçons, entassés les uns sur les autres, dépassent, en certains endroits, les parapets des quais. L'aspect de la Saône est saisissant et grandiose : c'est celui d'une véritable mer de glace, mais d'une mer tourmentée, convulsée. Les glaçons, éclairés par un resplendissant soleil, jettent mille lueurs; ceux de provenance du Doubs se reconnaissent à leur couleur bleue très pure. Dans cet enchevêtrement de glaçons immenses, on distingue les formes les plus fantastiques : des pièces de bois, des carcasses de bateaux brisés, des arbres, des débris de toutes provenances, rappellent au sentiment de la réalité; ces traces des malheurs de la veille en font craindre de plus terribles pour le lendemain.

Le 13 janvier, M. Pasquot, ingénieur chargé de la navigation, fait un rapport sur le phénomène. Il dit que sur toute la largeur du fleuve, et sur une longueur de plusieurs kilomètres, la Saône est un véritable glacier. « La glace, ajoute-t-il, a de huit à dix mètres d'épaisseur, et le volume total dépasse certainement cinq millions de mètres cubes. Ce glacier descend jusqu'au fond du lit même de la Saône, et il barre si complètement la rivière, que le niveau de l'eau en amont de cette digue est arrivé à dépasser de 3m.17 le niveau de l'eau en aval. Si cette barre, ajoute le rapport, est soulevée ou rompue brusquement par l'effet du dégel ou d'une poussée venant de la débâcle du haut, la Saône peut monter dans Lyon de deux mètres en quelques minutes. »

En présence d'un semblable péril, des ingénieurs sont envoyés qui se mettent à l'ouvrage. On attaque, d'abord sans grand espoir, la banquise avec la dynamite; dans l'axe on perce un chenal pour permettre l'écoulement des eaux. Du reste, le niveau du fleuve baisse rapidement, et bientôt la surface du glacier présente l'aspect d'une vallée profonde, bordée

de montagnes de sept à huit mètres de hauteur. Malgré les doutes d'un grand nombre d'ingénieurs, on travaille avec ardeur; on brûle jusqu'à deux mille kilogrammes de dynamite par jour, les détonations se succèdent sans relâche. Grâce au beau temps, et aussi aux efforts faits, le danger diminue tous les jours. C'est seulement le 15 février que toutes les glaces ont quitté la Saône.

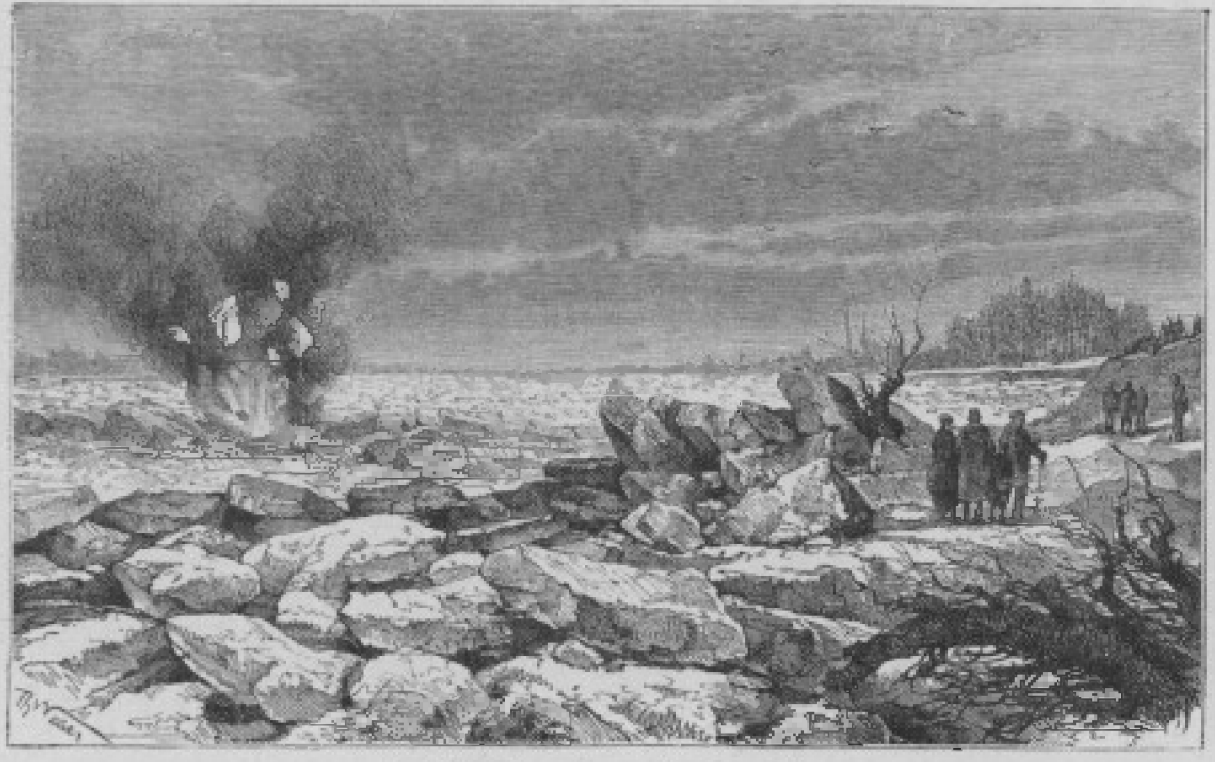
La dynamite, jointe à un temps favorable, avait évité à Lyon, comme elle évitait à Saumur, bien des dévastations. Le moyen que l'on avait employé pour émietter le glacier était-il le meilleur? Beaucoup, et notamment des ingénieurs, avaient proposé de scier les banquises. Ils rappelaient que l'ingénieur Venetz avait sauvé, au commencement du siècle, la ville de Viège, dans le Valais, en sciant une immense banquise de glace qui la menaçait, et derrière laquelle se trouvait un lac qui aurait produit une inondation formidable. Ils rappelaient que l'amiral Pâris avait, lui aussi, utilisé le sciage d'une façon très heureuse, pour maintenir libres ses navires emprisonnés par les glaces du grand lac Léman, du Boug et du Dnieper. L'amiral Pâris, interrogé à ce sujet dans une séance de l'Académie des sciences, avait déclaré que dans une rivière où l'on a un courant pour enlever à mesure les glaçons, il devait y avoir grand profit de temps et de travail à employer la scie. Et cependant la scie n'a pas été employée : c'est que l'épaisseur de la glace était, à Lyon comme à Saumur, de plusieurs mètres, et qu'il semblait impossible de manœuvrer des scies de dimension suffisante; c'est que, presque partout, la glace touchait le fond de la rivière, et que, dans ce cas, le sciage n'aurait produit absolument aucun résultat. Il n'y avait aucune analogie à établir entre la couche de glace sciée par l'amiral Pâris, et les amoncellement que l'on voulait dissiper sur la Saône et sur la Loire.

D'autres ingénieurs proposaient en même temps à l'Académie des sciences un nouveau procédé pour débiter rapide-

ment les glaces de n'importe quelle épaisseur. Ce procédé consiste à poser à la surface de la glace un tube flexible en plomb, de petit calibre, et communiquant au moyen d'un robinet à un générateur mobile de vapeur. Le tube, fondant la glace à sa périphérie, s'enfoncerait à mesure, laissant une tranchée verticale de faible largeur, pendant que l'eau de condensation s'échapperait par l'extrémité opposée restée ouverte. Ce nouveau procédé ne fut pas employé non plus. Il semble impossible, du reste, que les eaux provenant de la fonte de la glace et de la condensation de la vapeur ne se regèlent pas dans la tranchée même, au-dessus du tuyau, si le froid extérieur est un peu vif.

Nous allons voir maintenant que le glacier de Saumur ne différait que par des points de détail de celui qui existait au même moment à Lyon. Il commence à la même époque, ne dure que quelques jours de plus, est favorisé par les mêmes circonstances, attaqué par les mêmes moyens, et se termine de la même manière, sans accident grave. Sa dimension était peut-être double de la dimension du premier.

La débâcle de la haute Loire se signale d'abord par un désastre. Au village de Némant, commune d'Avaine, les glaces, poussées par le courant, coupent, sur une étendue de 300 mètres, le chemin qui longe le fleuve. Il se forme là une première embâcle que l'on détruit par la dynamite; la retenue des eaux avait été telle, qu'en moins de 30 minutes la Loire était montée d'un mètre au pont de Saumur. Les glaces se remettent en mouvement, et bientôt elles arrivent en masse à Villebernier. Sous la poussée de l'eau la surface solide tout entière s'ébranle; les glaçons, serrés les uns contre les autres, sont entraînés par le courant; le fracas sinistre de la débâcle se fait entendre jusqu'à Saumur, semblable à un roulement de tonnerre. Mais, au bout de quelques heures, le transport des glaces cesse tout à coup; elles s'arrêtent au-dessus de Saumur le 9, et s'accumulent en quantité considérable. Entre Saumur et



Emploi de la dynamite aux glaces de la Saône.

Montsoreau il s'établit une différence de niveau de 2m.50. Dans le silence de la nuit on entend un bruit confus et uniforme : c'est l'eau qui se heurte contre la banquise et fait chute par derrière. C'est un spectacle grandiose et effrayant. Les glaces s'accumulent de plus en plus, forment bientôt un immense bloc, tout d'une pièce. De l'île Souzay à Montsoreau, sur une étendue de dix kilomètres, tout est couvert; le courant est intercepté et se fraye un passage du côté de Dampierre, dans une étroite vallée qu'il inonde. L'île de Souzay est presque entièrement couverte par les glaces. Cette île renferme sept fermes; elles sont bientôt séparées les unes des autres par des courants rapides, et dans deux le pain fait défaut, les fours étant submergés; de petits enfants ont souffert de ce manque de nourriture. Grâce au travail des pontonniers, cette île est bientôt complètement évacuée. Les hommes et les animaux sont ramenés à terre, non sans de grandes difficultés.

On conçoit les terreurs des riverains. D'une part, le glacier pouvait céder à la violence du courant, se mettre en marche, emporter les ponts de Saumur, s'arrêter de nouveau au-dessous de la ville et déterminer une inondation qui aurait pu détruire des quartiers entiers. D'un autre côté, la levée qui sépare la Loire de la vallée de l'Authion pouvait être emportée par la violence du courant, et plusieurs milliers d'hectares de terrain, un grand nombre de villages, auraient été submergés.

Au bout de quelques jours, les craintes étaient momentanément calmées; par suite de la baisse rapide des eaux, l'écoulement était devenu facile. C'est alors que de nombreux visiteurs accoururent en foule pour contempler ce spectacle à la fois grandiose et terrible. Les vastes prairies abandonnées par la Loire présentaient un singulier spectacle. Elles étaient pavées d'immenses dalles de glace d'une épaisseur de 40 à 50 centimètres. Tous les arbres, peupliers, bouleaux, saules, étaient brisés, tordus, décapités; des ravines profondes avaient été creusées par les eaux. Dans le fleuve, sur une longueur de douze

kilomètres, c'est véritablement une mer de glace, couverte de débris de toutes sortes. Non seulement les glaçons sont dressés les uns contre les autres, présentant des aspérités à pic, mais encore, au milieu de cette plaine raboteuse, on voit s'élever des collines, se creuser des vallées; en maints endroits le glacier repose directement sur le fond; des sondages indiquent une épaisseur de dix mètres de glace. Partout la surface de la banquise scintille sous l'action des rayons du soleil, présentant les colorations les plus variées; on reconnaît à leur couleur les glaces des différents affluents de la Loire.

Mais ce n'est là qu'un repos momentané. Bientôt le dégel reviendra; la Loire, grossie pour la seconde fois, exigera un passage, et les plus grands malheurs seront à craindre. Ce passage, il faut le créer à la hâte : il faut tailler dans le vif de cet immense bloc. Des travaux énormes sont entrepris : la dynamite fait rage, un chenal de grande largeur est creusé pour livrer passage au courant et amener la désagrégation lente de toute la masse. Tous les jours les ingénieurs tiennent conseil; le ministre des travaux publics vient en personne se rendre compte du péril et activer les travaux. Après la rive gauche, c'est la rive droite qu'on attaque; la banquise, sapée de toutes parts, disparaît peu à peu. Tandis que tout le monde désespère et proclame l'inutilité des efforts, les ingénieurs poursuivent leur but avec ardeur, et ils l'atteignent. Ils ont puissamment contribué à préserver la ville de Saumur et surtout la vallée de l'Authion de bien des ruines.

CHAPITRE IV

LES HOMMES, LES ANIMAUX ET LES PLANTES PENDANT LE GRAND HIVER (1879-1880).

Les souffrances furent grandes pendant ce terrible hiver ; mais, si nous les comparons à celles des grands hivers des siècles précédents, nous pourrons juger des progrès de l'humanité dans la voie de la préservation générale, du bien-être de tous. Il n'y eut pas maintenant, comme alors, des milliers de personnes mourant de froid par les chemins. C'est que des routes bien tracées et bien entretenues sillonnent aujourd'hui toute la France, et qu'il est devenu presque impossible, dans la plupart de nos départements, de s'égarer dans les neiges. C'est que les chemins de fer ont remplacé les diligences pour les courses un peu lointaines : bien clos, quelque peu chauffés, les wagons garantissent les voyageurs des grandes intempéries ; le peu de durée des voyages, la fréquence des arrêts, sont des sauvegardes efficaces contre la congélation. Aussi, quelle qu'ait été la rigueur du grand hiver de 1879-1880, les morts par le froid ont été assez rares. Les journaux quotidiens en ont cité de nombreux exemples ; mais en les réunissant tous on n'arriverait qu'à un total assez faible. Et ce total aurait les plus grandes chances d'être trop élevé ; les journaux d'aujourd'hui ont remplacé les chroniqueurs d'autrefois : ils sont plus nombreux et mieux informés, mais ils sont tout autant sujets à l'exagération et à l'erreur.

Citons quelques-uns des accidents qui sont survenus, en ne prenant que ceux dont l'authenticité paraît attestée par de nombreux témoignages. Cette liste sera loin d'être complète,

mais elle nous montrera que les accidents ont été rares, isolés, et n'ont, dans aucun cas, présenté le caractère d'une calamité publique.

A la suite des grandes chutes de neige, qui furent surtout abondantes au-dessus de Paris, plusieurs personnes dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais sont mortes de froid. D'autres, trouvées perdues dans les neiges, n'ont été qu'à grand'peine sauvées de l'asphyxie; nombre de bras et de jambes ont été cassés à la suite de chutes. A la même époque, un facteur rural est trouvé mort dans la neige à Laval : la couche atteignait cinquante centimètres d'épaisseur. Au commencement de décembre, plusieurs personnes meurent de froid dans le département de Saône-et-Loire. En Belgique, on trouve un soldat mort de froid près de Bruxelles. Près de Charleroi, un homme, surpris par l'effroyable tempête de neige et de verglas, s'égare et est enseveli : on le retrouve gelé. Près de Tourny, dans l'Eure, un homme se perd dans les neiges avec sa charrette attelée de quatre bœufs : le conducteur et les animaux périssent.

Dans le courant du mois de décembre, deux jeunes filles de Valmy (Pas-de-Calais) meurent ensevelies dans la neige. Dans la Somme, deux personnes sont trouvées mortes de froid sur un chemin. A la Chapelle, près de Belfort, on a trouvé, le 14 décembre, à quelques pas du village, un pauvre homme qui était gelé. A Lyon, plusieurs pauvres gens sont trouvés morts de froid chez eux : un soldat a le même sort à la salle de police de la caserne de la Part-Dieu. En Bohême, dans la commune de Katlowitch, quatorze enfants revenant de l'école, le 14 décembre, par un froid de — 20 degrés, sont arrêtés par la neige et périssent tous de froid.

Mais, si peu succombèrent, tous eurent à souffrir. Pour lutter contre un froid si intense, nos maisons sont mal construites, et avec les feux les plus vifs, soutenus nuit et jour, bien des personnes ne pouvaient arriver à obtenir une tempé-

rature supérieure à zéro degré. Tous les moyens de chauffage étaient simultanément employés : gaz, bois, coke, charbon, tout était utilisé, et la consommation était considérable. Cette augmentation dans la consommation, jointe à la difficulté des communications qu'amenait l'encombrement des neiges, ne tarda pas à faire atteindre aux combustibles des prix fort élevés.

La nécessité de se chauffer constamment et par tous les moyens possibles a augmenté très notablement, dans les grandes villes, le nombre des incendies. Le nombre total des incendies à Paris, pour l'année 1879, tant en feux de cheminée qu'en incendies véritables, a été de 2 752; dans ce nombre, le mois de décembre est entré à lui seul pour 581, c'est-à-dire pour plus d'un cinquième. Les conduites d'eau, en partie gelées, rendaient les secours très lents et très difficiles : aussi a-t-on vu l'augmentation porter surtout sur les grands incendies, qu'on n'avait pu arrêter à temps.

Le combustible n'avait pas seul augmenté de prix. La campagne était couverte de neige, les routes impraticables, les maraîchers ne pouvaient ni récolter, ni conduire leurs produits à destination; de plus, beaucoup de provisions avaient été gelées jusque dans les caves. La cherté des objets de première nécessité était devenue générale.

Aussi la misère était grande. Les plus pauvres, sans charbon et sans bois, sans travail aussi, forcés d'engager, pour manger, leurs couvertures et leurs vêtements, demandaient de prompts secours. La charité publique a été à la hauteur des circonstances. Tous les moyens de l'employer ont été trouvés bons : souscriptions publiques dans les journaux, dons en espèces ou en nature à l'administration de l'assistance publique, loteries de bienfaisance, fêtes magnifiques organisées par la presse et par les théâtres, tout a été mis en œuvre pour procurer aux pauvres un peu de chaleur, des matelas, des couvertures, du bois, pour donner du pain aux plus nécessiteux.

Des chauffoirs publics étaient ouverts dans un grand nombre

de quartiers. Des précautions étaient prises pour adoucir la situation des gens qui sont obligés, par métier, de séjourner dans la rue; des braseros y étaient entretenus par les soins et aux frais de la municipalité, et chacun pouvait venir s'y réchauffer.

Jamais les sentiments fraternels qui unissent chez nous toutes les classes de la société n'avaient été autant mis en lumière. Ce fut une touchante et unanime manifestation, bien faite pour adoucir aujourd'hui le souvenir des souffrances endurées. De ces souffrances, il reste cependant autre chose que des souvenirs; il reste, hélas! des deuils nombreux. La mortalité a été notablement accrue. Mais, grâce à l'augmentation générale du bien-être, à une meilleure organisation de la charité publique, à une application plus rationnelle des lois de l'hygiène, cette augmentation de la mortalité n'a pas été bien considérable.

Le tableau suivant nous donne la comparaison de la mortalité pendant seize semaines, à partir du 1er novembre, pour les années 1878-1879 et 1879-1880 : il est relatif à Paris, et porte sur une population d'à peu près 2 000 000 d'habitants.

PÉRIODES.	1878 1879.	1879-1880.	RAPPORT.
4 *premières semaines de novembre.*	3601	3733	1.038
4 semaines suivantes (novembre et décembre).	3756	4473	1.191
4 semaines suivantes (décembre et janvier).	4062	5123	1.261
4 semaines suivantes (janvier et février).	4157	5962	1.433

L'augmentation de la mortalité commence donc dès le mois de novembre, mais elle est d'abord faible. Elle s'accentue pendant la période des grands froids, pour devenir surtout consi-

dérable au moment où la chaleur revient; à ce moment la mortalité est accrue dans le rapport de 1 000 à 1 433. A partir de là, le rapport diminue, l'influence de l'hiver se fait moins sentir à mesure qu'il s'éloigne d'avantage. Nous ne voyons rien là de comparable à cette mortalité de certains villages du Poitou qui, au dire de Réaumur, perdirent, en 1740, la moitié de leurs habitants des suites du froid.

Il semble, du reste, que nous soyons devenus moins sensibles aux basses températures que ne l'étaient nos ancêtres. En 1709, le froid suspendit à Paris les plaisirs et le commerce : des magasins furent fermés, l'Opéra cessa de jouer, le Parlement de tenir ses séances; les membres de l'Académie des sciences seuls continuèrent à se réunir. En 1879, par des températures plus basses, malgré l'encombrement produit par les neiges, Paris continua à vivre de sa vie normale. Dans le siècle de la vapeur et de l'électricité, il faut autre chose que le mauvais temps pour arrêter les rouages d'une ville aussi affairée que l'est Paris.

Les animaux aussi ont eu cruellement à souffrir. Les animaux domestiques, souvent mieux nourris et mieux logés aujourd'hui que ne l'étaient autrefois les hommes, ont été relativement peu éprouvés; ils ont cependant souffert de la faim et du froid. Les fourrages d'hiver étaient anéantis par des froids précoces ou ensevelis sous la neige : il fallut rationner la nourriture; les étables mal closes n'étaient pas inaccessibles au froid. Dans le Loiret, des animaux, principalement des chevaux et des ânes, ont été trouvés morts de froid dans les étables; ces derniers, d'ordinaire si rustiques, se sont montrés particulièrement sensibles à l'abaissement de la température. Dans l'Aube, en décembre, par une température de — 27 degrés, les animaux dans les étables étaient couverts de givre et tremblaient au point de refuser leur nourriture. Dans beaucoup de poulaillers, les poules ont eu les pattes gelées; beaucoup de ruches d'abeilles ont vu périr tous leurs habitants.

Quant aux animaux non domestiques, leur sort était encore plus misérable. Sans nourriture et sans abri, peu préparés aux rigueurs d'un semblable hiver, ils succombèrent par milliers. Dans l'Est et dans le Nord, le gibier a été presque entièrement détruit. Les oiseaux, mourant de faim, entraient dans les fermes et se laissaient prendre à la main ; dans tous les buissons on rencontrait des lièvres, des oiseaux morts ou mourants. Beaucoup vivaient encore, mais avaient les pattes gelées.

Les loups, ne trouvant plus dans les forêts et sur les hauteurs de quoi pourvoir à leur nourriture, descendirent dans la plaine en plein jour, arrivant jusque dans les fermes, jusque dans les villes, s'attaquant aux enfants, aux femmes, quelquefois même aux hommes, détruisant beaucoup de bétail. Dans l'Aube, dans la Haute-Loire, dans l'Yonne, dans le Comtat, à Belfort, on eut à lutter contre ces animaux rendus audacieux par la faim qui les pressait.

Le sort des poissons n'était pas moins misérable. Nombre d'étangs peu profond furent gelés jusqu'au fond ; dans les autres, les poissons enfermés sans air dans une masse d'eau trop faible périrent asphyxiés. Dans le département de la Loire, le préfet rendit une ordonnance par laquelle les propriétaires des étangs devaient retirer de l'eau les poissons morts et les enfouir, avec de la chaux vive, dans des fosses profondes. D'autres habitants des rivières devaient être victimes d'un accident d'un genre plus nouveau : les détonations produites dans la Saône et dans la Loire par les cartouches de dynamite faisaient périr tous les poissons qui se trouvaient sous la glace ; ils étaient entraînés en grande quantité par le courant, et des pêcheurs improvisés en faisaient leur profit.

A côté des poissons, de nombreuses huîtres furent gelées ; à Arcachon, dans la Seudre, à la Tremblade, on en perdit plusieurs millions.

Les animaux inférieurs, presque tous nuisibles, résistèrent au contraire parfaitement bien. M. Lichtenstein a montré que

le phylloxéra n'avait pas éprouvé le moindre malaise d'une température de — 11 degrés. Il s'est assuré que les pucerons du pêcher, du fusain, du chou, de l'épine-vinette, ont supporté vaillamment les rigueurs des frimas. Ces bestioles, fixées, comme on sait, aux parties aériennes des plantes qu'elles exploitent, se sont complètement engourdies; mais, transportées dans le laboratoire, elles se sont bientôt mises à pondre, comme si de rien n'avait été.

Si les insectes nuisibles ont été épargnés, il n'en a pas été, malheureusement, de même des végétaux. Nous avons déjà eu l'occasion de dire que la principale calamité des grands hivers résulte des désastres produits sur la végétation. Ce sont eux qui ont causé, pendant tout le moyen âge, et même au dix-huitième siècle, les plus épouvantables famines.

Heureusement le mal n'a pas été aussi grand en 1879 qu'auraient pu le faire craindre les températures sibériennes du mois de décembre. L'action préservatrice de la neige ne s'est jamais exercée avec une plus satisfaisante efficacité. Dans les régions mêmes où les froids avaient été le plus vifs, les récoltes en terre présentaient au printemps un splendide aspect; les températures de — 2 degrés et — 3 degrés auxquelles les blés avaient été soumis à travers la neige ne leur avaient fait aucun mal. Les vignes et les arbres ne pouvaient pas être préservés par le même moyen, ils ont beaucoup souffert. Les uns ont été fendus brusquement par la gelée, les autres tués par la pénétration lente du froid.

A Lyon, les platanes plantés sur les quais ont été en grand nombre gelés. Certains ont été fendus en deux dans le sens de la longueur, et, au moment de la rupture, on a entendu une forte détonation. A peu de distance de Paris, par un froid de — 28 degrés, des chênes de cent cinquante ans ont été fendus de part en part; certaines fentes présentaient une largeur de plus de dix centimètres. Le tronc de l'un des marronniers qui ornent la place Timothée-Halley, à Lillebonne (Seine-

Inférieure), a été fendu de part en part et dans toute la hauteur, quoiqu'il ne mesure pas moins de 1m.45 de circonférence. Presque partout des faits analogues se sont produits, et en grand nombre.

Dès le mois de janvier, chacun a voulu se rendre compte des dégâts, et la panique a été grande. De tous les points de la France, de la Seine, de la Champagne, de la Bourgogne, du Berry, de Belgique, de Hollande, d'Espagne même et de Grèce, arrivaient les plus tristes nouvelles. Tout était perdu, les récoltes, les vignes, les arbres fruitiers, les essences forestières les plus résistantes, rien n'avait résisté. Mais on ne tarda pas à reconnaître que le mal, encore bien grand, était moindre cependant qu'on ne l'avait pensé. Du reste, à l'heure actuelle, en avril 1880, il est encore impossible de se rendre un compte exact des pertes éprouvées : bien des arbres fleurissent, poussent des feuilles, qui sont cependant mortellement atteints, et qui succomberont en été au coup dont l'hiver les a frappés; on ne peut pas juger de la récolte future des fruits par l'abondance actuelle des fleurs.

Le récit suivant, de M. le marquis de Cherville, montre, au début, l'exagération qui suivit la grande période des froids; sa fin fait naître des espérances qui devaient en grande partie se réaliser; elle fait espérer une résurrection qui s'est, en effet, produite pour beaucoup d'arbres.

« Comme nous l'avions prévu, dit-il, les effets des gelées furieuses du mois de décembre ont été désastreux pour les végétaux tant utiles que d'agrément. Il est facile de découvrir ce qui a été atteint par le gel; c'est ce qui a été épargné qui se rencontre avec le plus de difficulté : les noyers, les châtaigniers des forêts, les jeunes ormes et érables des pépinières, sont atteints comme les conifères exotiques, comme les arbrisseaux à feuillage persistant; les rosiers à tige, c'est-à-dire greffés sur églantier, ont été presque universellement détruits; seuls les rosiers francs de pied, protégés par la neige, ont été épar-

Effets de la glace sur les essences forestières les plus résistantes. (1879-1880.)

gnés; c'est ainsi qu'on voit survivre de délicats bengales aux hybrides les plus robustes. C'est en ce qui concerne les arbres fruitiers que les pertes prennent des proportions vraiment graves. Ils ont été frappés par le gel, aussi bien dans les jardins que dans la campagne; poiriers, cerisiers, abricotiers, pêchers, ont au moins du plomb dans l'aile; nous avons vu des poiriers gros comme la cuisse d'un homme, dont le cœur était aussi sec que si l'arbre était mort depuis un an.

» Contre l'opinion générale, c'est bien moins à l'intensité du froid qu'à sa précocité qu'il faut attribuer le phénomène. L'année ayant été exceptionnellement tardive, la sève n'avait pas complété son mouvement de retraite lorsque la gelée est survenue : beaucoup d'arbres avaient encore des feuilles. De gros poiriers, transplantés avant la baisse du thermomètre, n'ont nullement souffert au milieu d'autres qui sont perdus, uniquement parce qu'en les déplantant on avait précipité le retour de la sève dans les racines. Le mouvement de cette sève aura-t-il la puissance de ramener la vitalité de ces précieux végétaux? Cela nous paraît probable, au moins pour quelques-uns : aussi engageons-nous les intéressés à ne point condamner hâtivement tel ou tel arbre qui leur semble sec, et à attendre le mois de juin avant de désespérer de sa résurrection. Ils auront tout à y gagner, rien à y perdre. »

Nous avons donc à enregistrer beaucoup de pertes, mais aussi beaucoup de résurrections. Dans plusieurs régions, notamment en Champagne et en Bourgogne, les vignes ont été fortement éprouvées : généralement les racines ne sont pas mortes, mais un tiers au moins des pieds ne porteront pas de fruits de deux ans. Le phylloxéra continuant à éprouver le Midi, tandis que la gelée a fortement attaqué le Nord, nous devons nous attendre à avoir, en 1880, une récolte de vin peut-être plus mince encore que les si tristes récoltes des années précédentes. Dans la Sologne, d'immenses plantations de sapins et de pins ont été littéralement grillées, tous les bour-

geons sont devenus noirs, et les sommets des branches entièrement roux. On est obligé de tout abattre. Plusieurs propriétaires sont complètement ruinés.

Dans le Midi, beaucoup d'oliviers et de figuiers sont morts jusqu'à la racine.

Quant aux plantes exotiques, les stations voisines de la mer, les plus favorisées, ont pu seules en conserver. Au Jardin des plantes de Paris, le spectacle est navrant : presque tout sera à remplacer.

La perte est donc immense, et peut-être l'horticulture n'a-t-elle jamais subi, en France, des désastres comparables à ceux que lui a infligés le mois de décembre 1879.

Mais nous n'avons pas à craindre la famine, la récolte des blés étant sauvée. Du reste, les famines sont passées pour ne plus revenir. Depuis 1709, la civilisation a marché à grands pas, renversant les barrières et rapprochant les peuples : ce que les uns ne récoltent pas, d'autres le fournissent, et les denrées, toujours en quantités suffisantes, demeurent à la portée de tous. Aux réquisitions du dix-huitième siècle ont succédé les approvisionnements venus des pays voisins. La machine à vapeur a tué la famine ; la civilisation a chassé la misère. Nous ne saurions mieux montrer son rôle qu'en reproduisant les lignes éloquentes écrites par M. Hirsch, dans sa préface de l'*Histoire de la machine à vapeur*, de Thurston ;

« Tandis que les partis montent au pouvoir et en descendent, que les gouvernements se liguent ou se séparent, que les traités se font ou se défont, que les armées battent ou sont battues, l'humanité reste immobile et ne tire pas le moindre profit de ce jeu d'escarpolette ; et de tout ce mouvement stérile, ce qui ressort de plus clair, ce sont de grandes dépenses d'argent et de forces vives matérielles ou intellectuelles ; ce sont les guerres, dont notre siècle a donné de si nombreux et si épouvantables exemples ; c'est le sang qui coule à torrents ; ce sont les larmes, les ruines, la famine et le typhus.

» Au milieu de cette agitation violente et funeste, quelques travailleurs, retirés au fond de leur cabinet, s'attachent opiniâtres à leur modeste besogne de fourmi; ils alignent, jour par jour, les chiffres et les formules; s'acharnent après un boulon ou un clapet; tracent des épures, les effacent, les recommencent, remettent vingt fois l'ouvrage sur le métier, s'obstinent en dépit des déboires, et souvent, hélas! se ruinent et meurent à la peine. Sous l'effort continu de leur labeur ingrat, le progrès se fait lentement, mais sans relâche; le bien-être se répand petit à petit et gagne les couches les plus profondes de la société; la terre livre un à un ses trésors; les produits s'échangent d'un climat à l'autre; les haines de province à province et de peuple à peuple s'émoussent; la famine disparaît, et la misère est vaincue. »

LIVRE V

LES GRANDS FROIDS ET LES CLIMATS

CHAPITRE PREMIER

LES CAUSES DU FROID.

Il nous reste à expliquer les différences énormes de température que l'on observe quand on va de l'équateur au pôle, ou qui se produisent, en un lieu déterminé, d'une saison à l'autre. Trois causes, que nous examinerons successivement, tendent à faire varier constamment la température de la surface de la terre.

Et d'abord, la terre possède, sous la croûte solide que nous connaissons, une immense masse fluide ou plutôt peut-être d'énormes amas d'une matière liquéfiée, disséminés en diverses régions, et séparés les uns des autres par des parties solides. Quelles que soient la disposition, la grandeur et la température de ce feu central, il tend constamment à réchauffer la surface de la terre, de même que l'eau chaude que l'on verse dans un vase de porcelaine en échauffe l'extérieur. Mais pour la terre l'épaisseur de la croûte est considérable; les substances qui la constituent sont fort peu conductrices, et par suite la chaleur qui arrive à la traverser est bien petite : elle se perd au fur et à mesure par rayonnement. Le calcul mathématique a permis de démontrer que le feu central élève à peine

la température de la surface de 1/36e de degré. Nous n'avons donc pas à tenir compte de cette première cause, dont l'influence est absolument négligeable; si la terre venait subitement à être refroidie jusqu'à son centre, il n'en résulterait, pour la surface extérieure, aucun refroidissement sensible. Toutes les variations sont dues à la lutte constante qui se produit entre l'action du soleil, qui nous échauffe, et l'action du rayonnement extérieur, qui nous refroidit.

Un corps chaud, comme un boulet de canon rougi au feu, envoie autour de lui, quand on le sort du foyer, une quantité considérable de chaleur. Il se refroidit peu à peu jusqu'à ce que sa température soit devenue égale à celle de l'air qui l'environne. L'intensité de ce rayonnement dépend de la grosseur du boulet, de sa température primitive, et aussi de l'état physique de sa surface. Si la surface est formée d'un métal poli, le rayonnement sera faible, le refroidissement sera lent; on dit que le métal poli a un faible pouvoir émissif. Si la surface est formée d'une substance mate et dépolie, de noir de fumée ou de blanc de plomb, le rayonnement sera intense, le refroidissement bien plus rapide.

Enfin, la vitesse du refroidissement dépend de la substance même qui constitue la boule chaude. Que cette substance conduise bien la chaleur, à la manière des métaux, le rayonnement sera intense; à mesure que la surface extérieure sera refroidie, la chaleur viendra du centre pour compenser la perte et se répandre à son tour dans l'espace. Si, de plus, la boule métallique est recouverte d'une couche ayant un grand pouvoir rayonnant, noir de fumée ou blanc de plomb, elle sera bientôt, dans toute sa masse, à la température de l'air; elle cessera de rayonner de la chaleur sensible au thermomètre. Mais si notre enduit de noir de fumée recouvrait une sphère chaude formée d'une substance peu conductrice, de bois par exemple, il en serait tout autrement. Au début, le rayonnement serait rapide; mais, la chaleur se transportant mal à tra-

vers le bois, la surface se refroidirait presque seule, le centre restant chaud. Il y aurait bientôt, de l'extérieur à l'intérieur, une différence de température considérable; le refroidissement total serait très lent à se produire.

C'est ce qui arrive pour la terre. Abandonnée dans l'espace, elle rayonne de la chaleur constamment autour d'elle, et l'extérieur se refroidit considérablement par rapport à l'intérieur qui reste chaud. Si aucune cause de réchauffement ne venait compenser l'action du rayonnement, la surface de la terre serait bientôt en tous ses points à la température des espaces planétaires, tandis que son centre resterait sensiblement comme il est aujourd'hui. Le froid des espaces planétaires n'est pas exactement connu, et il ne saurait l'être par une expérience directe, puisqu'il nous est impossible de pénétrer dans ces régions vides d'air; mais ce froid est extrême. Fourier l'évalue à — 70 degrés, M. Pouillet à — 140 degrés. Le second nombre est bien certainement plus près de la réalité que le premier. Le rayonnement de la surface de la terre joue un rôle énorme dans la physique du globe; c'est grâce à lui que se forment la rosée, la gelée blanche; c'est aussi lui qui est la cause des ravages produits par les gelées tardives du printemps.

Toute cause capable de diminuer le rayonnement arrêtera ou diminuera la formation de la rosée, de la gelée blanche, diminuera les chances des gelées tardives. Les nuages, par exemple, placés entre la terre et le ciel, arrêtent la chaleur rayonnée par le sol, la conservent dans le voisinage de la terre, et empêchent l'abaissement de la température d'être aussi rapide. Par un temps couvert, il ne se forme pas de rosée, il n'y a pas de gelées tardives. Les nuits les plus sereines sont toujours les plus froides. De là la pratique souvent employée par les horticulteurs et les viticulteurs pour préserver leurs plantes du gel au printemps. Les premiers les recouvrent de paillassons, qui constituent un manteau suffisant contre le

rayonnement. Les seconds, pendant les matinées de mai où la gelée est à craindre, font brûler de la paille humide et des substances goudronneuses dans leurs vignes, et les recouvrent ainsi d'un nuage artificiel de fumée. Ce moyen, du reste, n'est pas nouveau, et M. Daguin rapporte que, d'après Garcilasso de Vega, les Péruviens, quand ils voyaient le temps très clair, brûlaient du fumier pour dégager une épaisse fumée et former un nuage artificiel qui préservait d'un froid trop vif les pousses des jeunes plantes.

Dans les pays chauds, où le temps est le plus souvent clair, le rayonnement nocturne suffit pour déterminer la formation de la glace, quoique la température de l'air reste bien supérieure à zéro degré. Au Bengale, il existe des fabriques de glace artificielle qui occupent plusieurs centaines d'ouvriers. « On creuse des fossés, dit M. Tyndall, que l'on remplit en partie de paille, et sur la paille on expose au ciel pur des bassins plats contenant de l'eau que l'on a fait bouillir. L'eau a un grand pouvoir de radiation; elle envoie en abondance sa chaleur dans l'espace, et la chaleur ainsi perdue ne peut pas être remplacée par la chaleur de la terre, que la paille non conductrice arrête au passage. Le soleil n'est pas levé que déjà la glace s'est formée dans chaque vase. » Même sous le ciel brumeux de l'Angleterre, Wells, qui le premier a compris les effets du rayonnement nocturne, est parvenu à faire en été de la glace par le même moyen; mais il fallait une nuit exceptionnelle. On a tenté à Saint-Ouen, près de Paris, de fabriquer industriellement de la glace de la même manière, mais on a dû y renoncer; les nuits assez sereines sont trop rares dans nos climats.

Il ne suffit pas, pour que le rayonnement nocturne soit très intense, que le ciel soit sans nuages; il faut, de plus, que l'air soit sec, privé autant que possible de vapeur d'eau à l'état invisible. Cela résulte clairement de la remarque suivante de sir Robert Barker : « Les nuits les plus favorables à la production

de la glace sont celles qui sont les plus claires, les plus sereines, et pendant lesquelles il apparaît très peu de rosée après minuit. » Et pour que, par une nuit très claire, il ne se forme pas de rosée, il faut que l'air soit remarquablement sec.

C'est qu'en effet l'eau à l'état liquide, telle qu'elle se trouve dans les nuages, n'a pas seule la propriété d'empêcher le rayonnement nocturne. M. Tyndall a montré que l'eau en vapeur transparente, toujours répandue dans l'air en assez grande quantité, jouit de la même propriété. Comme l'eau des nuages, elle arrête une partie des rayons du soleil pendant le jour; comme l'eau des nuages, elle conserve une partie de la chaleur de la terre pendant la nuit. La vapeur d'eau absorbe la chaleur en grande quantité, qu'elle vienne du soleil ou de la terre, tandis que l'air sec la laisse passer entièrement sans l'absorber. Elle joue dans l'atmosphère le rôle d'un manteau qui vous préserve à la fois du chaud et du froid, et ce n'est pas là le moindre de ses bienfaits; sans elle, nos jours d'été seraient beaucoup plus chauds et nos nuits bien plus froides. Elle nous rend ainsi les plus grands services, et nous serions mal inspirés si nous lui appliquions le mot de la fable :

> Arrière ceux dont la bouche
> Souffle le chaud et le froid.

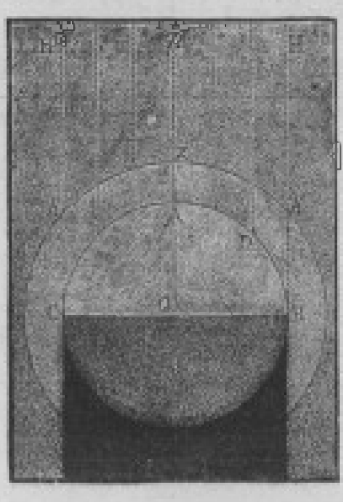
« La vapeur aqueuse, dit M. Tyndall, est une couverture plus nécessaire à la vie végétale de l'Angleterre que les vêtements ne le sont à l'homme. Otez pendant une seule nuit la vapeur aqueuse contenue dans l'air qui environne notre pays, et vous détruirez certainement toutes les plantes qui peuvent être détruites par la gelée. La chaleur de nos champs et de nos jardins se répandra sans retour dans l'espace, et lorsque le soleil viendra à paraître sur notre île, il la trouvera en proie à un froid rigoureux. La vapeur aqueuse est une écluse locale qui emmagasine la température de la surface de la terre. »

Dans les pays où la sécheresse est grande, il y a souvent

entre la température du jour et celle de la nuit une énorme différence. Le docteur Livingstone, dans le sud de l'Afrique centrale, observait sous sa tente, au milieu du jour, une température de + 35 degrés, et le matin une température de + 5 degrés seulement. A l'air libre, la différence aurait été certainement beaucoup plus grande. Dans cet été africain, si brûlant, les habitants de Balonde font du feu jusqu'à 9 heures du matin. Quand Livingstone arriva sur les bords de la rivière de Zambesi, là où l'atmosphère est humide, il vit aussitôt le climat changer totalement; les nuits étaient, là, presque aussi chaudes que les jours. Dans le centre de l'Australie, la température varie quelquefois, du matin au soir, depuis — 12 degrés jusqu'à + 20 degrés.

Dans l'Europe centrale, il se produit des faits analogues, dus à la sécheresse de l'air. Les paysans hongrois, quand ils ont une nuit à passer dehors, ont soin, même en été, de se munir de bons vêtements contre le froid.

Nous connaissons maintenant la cause du refroidissement du sol; voyons comment le soleil lutte contre ce refroidissement. Le soleil envoie constamment sur la terre de la chaleur et de la lumière. M. Pouillet a montré que la quantité de chaleur qui nous arrive ainsi serait suffisante, si elle était répartie uniformément sur le globe, pour fondre en un an une couche de glace qui le recouvrirait complètement, et qui aurait 30 mètres d'épaisseur. Mais cette chaleur n'est pas répandue uniformément, et, de plus, elle n'arrive pas toute jusqu'au sol.



Voyons ce qui se produit en deux points aussi éloignés l'un de l'autre que possible, à l'équateur et au pôle. Les rayons solaires arrivent sur l'équateur dans une direction normale à celle du sol ; mais à mesure que la région considérée s'éloigne de l'équateur, elle reçoit des rayons de plus en plus obliques, et par conséquent de moins en moins nombreux pour une étendue donnée. De plus, grâce à cette obliquité, la chaleur du soleil est réfléchie en bien plus grande quantité vers les pôles que dans le voisinage de l'équateur, et par là l'intensité de l'action du soleil est encore diminuée. Enfin la figure montre que les rayons solaires doivent, pour arriver au pôle, traverser une épaisseur d'atmosphère bien plus considérable que pour arriver à l'équateur. Or, nous avons vu que l'air, grâce surtout à la vapeur d'eau qu'il contient, arrête une très notable proportion de la chaleur du soleil ; les rayons qui arrivent au pôle seront donc moins chauds que ceux qui parviennent à l'équateur. Le froid du pôle se trouve ainsi expliqué.

Des considérations différentes nous permettront de nous rendre compte de la différence considérable de température que l'on observe à la base et au sommet des montagnes élevées. L'air humide absorbe sans doute la chaleur du soleil, mais en faible proportion ; l'action qu'il produit n'est sensible qu'à cause de la formidable épaisseur d'air qui nous entoure ; mais chaque portion ne s'échauffe pour ainsi dire pas par suite de cette faible absorption. C'est le sol qui s'échauffe et qui, par contact direct, échauffe l'air. L'air chaud, devenant plus léger, s'élève pour être remplacé au niveau du sol par de l'air froid qui vient se chauffer à son tour. Il en résulte, dans le voisinage immédiat de la terre, un mouvement continuel de convection qui est bien visible au-dessus des prairies et surtout des sables directement chauffés par le soleil.

Mais cet air chaud qui monte se refroidit peu à peu par rayonnement et par le fait même de sa dilatation : aussi, à mesure qu'on s'éloigne du niveau de la mer, il a une tempé-

rature de moins en moins élevée. C'est ce qui explique pourquoi, au sommet des montagnes, par un soleil plus chaud que celui des plaines, on a une atmosphère glacée.

Enfin, dans un lieu déterminé, la succession périodique des saisons s'expliquera par des considérations analogues. Si le mouvement apparent du soleil se produisait dans le plan même de l'équateur, les jours par toute la terre seraient constamment égaux aux nuits, la température serait sensiblement la même pendant toute la durée de l'année. Mais, à cause de l'obliquité du plan de l'écliptique, cette égalité n'a lieu que pour les points situés sur l'équateur. A mesure que l'on s'éloigne de l'équateur pour s'approcher des pôles, l'inégalité des jours et des nuits devient de plus en plus grande. En été, c'est-à-dire à l'époque où les jours sont plus grands que les nuits, la quantité de chaleur est beaucoup plus considérable qu'en hiver, où les jours sont plus petits que les nuits. A partir de la latitude de 66 degrés et demi, il y a en chaque point une nuit de plus de 24 heures en hiver, un jour de plus de 24 heures en été. Au pôle même on n'a qu'un seul jour et qu'une seule nuit, chacun de six mois.

Pendant cette longue nuit des régions polaires, le rayonnement terrestre agit seul, sans compensation, et la température s'abaisse considérablement. Les heures ne se distinguent plus les unes des autres par l'éclat du ciel ni par son obscurité, ni non plus par des différences de température. Tandis que chez nous les heures du jour sont en moyenne beaucoup plus chaudes que celles de la nuit, dans ces régions sans soleil les perturbations atmosphériques font seules varier la température.

A Bossekop, par 70 degrés de latitude, MM. Bravais et Martins ont régulièrement observé la température pendant toute la durée d'une longue nuit de presque trois mois. Les moyennes de température qu'ils ont obtenues ont été sensiblement les mêmes pour toutes les heures.

Midi.	— 9°.12	Minuit.	— 9°.09
2 heures.	— 9 .05	2 heures.	— 9 .25
4 —	— 9 .28	4 —	— 9 .21
6 —	— 9 .31	6 —	— 9 .22
8 —	— 9 .22	8 —	— 9 .09
10 —	— 9 .07	10 —	— 8 .94

Mais quand arrive le soleil, et qu'il reste pendant plusieurs mois au-dessus de l'horizon, malgré la grande obliquité de ses rayons, l'air s'échauffe et la température devient parfois très élevée. De là une énorme différence entre la température moyenne de l'hiver et celle de l'été. En maints endroits de la Sibérie, à des hivers où le mercure se congèle naturellement, succèdent des étés qui en six semaines font mûrir d'abondantes récoltes, et pendant lesquels les habitants peuvent aller nus. Tandis qu'à Paris la différence entre la température moyenne de l'été et celle de l'hiver n'atteint pas 15 degrés, elle est de 27 degrés à Saint-Pétersbourg.

CHAPITRE II

LES DIVERS CLIMATS.

Les différences de distribution de la chaleur à la surface du globe ont permis de diviser la terre en grandes régions de plus en plus froides à mesure qu'on s'approche davantage du pôle. La zone torride, située de part et d'autre de l'équateur, est caractérisée par l'absence presque complète d'hiver; elle s'arrête aux tropiques. Les zones tempérées, dans chacun des deux hémisphères, sont comprises entre les tropiques et les cercles polaires; l'Europe entière se trouve dans la zone tempérée boréale. Enfin, les zones glaciales s'étendent depuis les cercles polaires jusqu'aux pôles.

Les limites des zones sont donc uniquement déterminées par le mouvement du soleil par rapport à la terre; mais il ne faudrait pas croire que la distribution de la chaleur à la surface du globe soit aussi régulière que ces subdivisions semblent l'indiquer. La température d'un lieu dépend d'une foule de circonstances que l'on peut diviser, comme l'a fait de Humboldt, en causes générales et causes particulières. Ces causes sont tellement multiples qu'il est impossible de tenir compte de leur influence respective et de déterminer *à priori* quel doit être le climat d'une région au point de vue de la température.

Les causes particulières sont : l'inégalité des terrains, la direction des chaînes de montagnes, la forme et la masse des terres, les variations barométriques; toutes ces causes déterminent ou modifient la direction des vents, que M. Martins a appelés avec tant de raison les grands arbitres des change-

ments atmosphériques. Il faut ajouter encore l'état de la surface terrestre, selon qu'elle est dénudée ou couverte de végétation, les changements résultant de la culture, la quantité de neige qui couvre les terres en hiver.

Les causes générales sont : la latitude et l'altitude, dont nous avons parlé, et la position relative, à latitude égale, des continents et des mers. C'est de cette troisième cause générale que nous devons dire quelques mots.

Lorsque le soleil darde ses rayons sur l'eau de la mer, elle s'échauffe fort lentement ; il est facile d'en comprendre la raison. D'abord, l'atmosphère qui se trouve au-dessus de l'Océan renferme une grande quantité de vapeur d'eau qui arrête une notable proportion de la chaleur. De plus, l'eau a besoin, pour s'échauffer, d'une quantité considérable de chaleur : un kilogramme d'eau s'échauffera beaucoup moins rapidement qu'un kilogramme de bois ou de terre soumis au rayonnement du même foyer de chaleur ; on exprime ce fait en disant que l'eau a une grande chaleur spécifique. La surface de la mer, en la supposant immobile, s'échauffera donc beaucoup moins vite que la surface du sol. Mais elle n'est pas immobile : à cause de l'action des vents, du mouvement des marées, elle est constamment agitée ; ses diverses couches sont mélangées incessamment, de sorte que l'eau s'échauffe presque dans toute sa masse, tandis que la terre des continents ne s'échauffe qu'à la surface. Aussi, tandis qu'on a vu la température de l'air au-dessus du sable brûlant des déserts s'élever au-dessus de + 60 degrés, jamais, même à l'équateur, la température à la surface de la mer n'a dépassé + 31 degrés.

En hiver, le phénomène est inverse. La terre, qui n'était échauffée qu'à sa surface, se trouve bientôt refroidie. La mer, au contraire, a emmagasiné jusque dans ses profondeurs une provision de chaleur d'autant plus grande que la chaleur spécifique de l'eau est plus considérable ; de plus, elle est recouverte d'un manteau de vapeur d'eau, qui empêche en partie le

rayonnement; le refroidissement sera lent. La mer est donc moins chaude en été, moins froide en hiver; elle a un climat plus constant. Les terres placées dans son voisinage participent à cette égalisation; elles ont le climat marin, en opposition avec le climat continental, qui présente de plus grandes variations de température.

Le docteur Forel a calculé la quantité de chaleur fournie par le lac Léman en cinq jours: le 19 décembre 1879, la température du lac à sa surface était de 5°.6; le 24, cette température n'était plus que de 5°.4, refroidissement qui semble insignifiant. Et cependant: « Je suis parti de là, dit le docteur Forel, pour calculer quelle était la quantité de chaleur qui avait été perdue par le lac dans ces cinq jours, et je l'ai trouvée égale à environ dix milliards de calories, soit à la quantité de chaleur dégagée par la combustion de 1 250 000 tonnes de charbon, ou par la combustion d'un cube de charbon de 100 mètres de côté. Le ciel ayant été pendant ces cinq jours généralement couvert par un voile de nuages, la plus grande partie de cette chaleur est restée dans l'air, et a ainsi contribué à atténuer, pour notre vallée, le froid qui sévissait si cruellement ailleurs. »

Le réchauffement des hivers par le voisinage de la mer n'avait pas échappé aux anciens. Plutarque le mentionne en ces termes très clairs: « En hiver, nous préférons les séjours voisins de la mer, pour fuir la terre à cause de sa froidure. » Horace, dans une épître à Mécène, lui dit: « Quand la neige aura blanchi les plaines d'Albe, le poète que vous aimez descendra vers la mer, ménagera sa santé... »

Aussi, à latitude égale, les climats marins sont beaucoup moins excessifs dans le froid et dans le chaud que les climats continentaux. L'île d'Hyères ne connaît presque ni été ni hiver; elle a un climat marin. « En hiver même, lorsque la nature est engourdie dans le reste de la France, elle est encore belle à Hyères, où, par une illusion dont on ne peut se défendre, on

croit en arrivant avoir changé de saison et de climat. C'est l'endroit de la Provence qui plut davantage à Bachaumont et à Chapelle; ils regrettaient que Paris ne fût pas situé sous un si beau climat. C'est avec plaisir, disaient-ils :

Que c'est avec plaisir qu'aux mois
Si fâcheux en France et si froids,
On est contraint de chercher l'ombre
Des orangers qu'en mille endroits
On y voit, sans rang et sans nombre,
Former des forêts et des bois!

Ici, jamais les grands hivers
N'ont pu leur déclarer la guerre.
Cet heureux coin de l'univers
Les a toujours beaux, toujours verts,
Toujours fleuris en pleine terre. »

Beaucoup plus constant encore est le climat des îles Feroë. « Peut-être n'existe-t-il point, dit M. E. Reclus, en dehors de la zone équatoriale, de parages marins où l'écart annuel du froid et du chaud soit moins considérable. Dans l'air, la variation moyenne de l'été à l'hiver dépasse à peine 7 degrés; en plein janvier, sous la même latitude que le Labrador, et tandis qu'il gèle sur maint rivage de la Méditerranée, la température atmosphérique des Fœroers est d'environ + 3 degrés. Le ciel des îles est bas et humide, gris de vapeurs ou ruisselant de pluies. Ce n'est pas la chaleur, c'est la lumière qui manque : aussi presque tous les champs sont-ils inclinés au sud, afin de recevoir les rayons du soleil. Les hivers n'ont pas de frimas, mais les étés sont sans chaleur. »

Mais ici l'action pondératrice de la mer est singulièrement augmentée par le vaste courant du Gulf-Stream qui entoure complètement les îles. Maury, dans sa *Géographie de la mer*, en donne la description la plus poétique : « Il est un fleuve dans l'Océan; dans les plus grandes sécheresses, jamais il ne tarit;

dans les plus grandes crues, jamais il ne déborde. Ses rives et son lit sont des couches d'eau froide, entre lesquelles coulent à flots pressés des eaux tièdes et bleues. Nulle part sur le globe il n'existe un courant aussi majestueux. Il est plus rapide que l'Amazone, plus impétueux que le Mississipi; et la masse de ces deux fleuves ne représente pas la millième partie du volume d'eau qu'il déplace. »

Venant des régions équatoriales, où il a pris une grande quantité de chaleur, ce fleuve océanique sort du golfe du Mexique, laisse bientôt l'Amérique pour traverser l'Atlantique, et vient enfin baigner les côtes de l'Irlande, ainsi que la côte nord-ouest de presque toute l'Europe. Il nous amène ainsi une grande quantité de chaleur et réchauffe notablement nos hivers. Si nous ajoutons à cela le courant d'air, l'alizé supérieur, compagnon atmosphérique du Gulf-Stream, qui vient, chargé de chaleur et d'humidité, s'abattre aussi sur nous, nous comprendrons combien notre climat doit se trouver adouci.

L'Angleterre surtout se trouve sur le passage de ces deux courants chauds. « C'est à cet état de choses, dit M. Tyndall, que nous devons et nos champs si verts, et les joues roses de nos jeunes filles. » — « Nulle part, d'après M. Reclus, si ce n'est dans les Fœroërs et sur les côtes de Norvège, qui reçoit le même souffle bienfaisant, le climat réel n'est plus en désaccord avec celui que l'on pourrait calculer par l'éloignement graduel de l'équateur au pôle. En dépit de la marche du soleil, la température moyenne est aussi élevée en Irlande, sous le 52e degré de latitude, qu'aux États-Unis sous le 38e degré, à 1 540 kilomètres plus au sud; quant à la température hivernale, elle est plus douce à l'extrémité même de l'Ecosse que dans le nouveau monde, à 20 degrés plus près de l'équateur. »

Si la terre ne tournait pas sur elle-même, les deux courants qui arrivent sur l'Angleterre et aussi un peu sur la France réchaufferaient surtout les côtes d'Amérique, dont la température serait de beaucoup élevée. Aussi les Américains ont-ils

raison d'accuser les Anglais de leur voler leur climat. Si le globe, au contraire, tournait un peu plus vite, nous aurions l'adoucissement de climat dont profite l'Angleterre, en conservant, au moins en grande partie, la sérénité du ciel que nous donne notre position plus méridionale. Aussi Babinet aurait-il eu, à en croire un de ses élèves, M. Malapert, l'idée de détourner le Gulf-Stream de sa route par une digue gigantesque placée dans le voisinage des îles du cap Vert. Grâce à cette digue, la presque totalité des eaux chaudes de l'équateur serait venue baigner nos côtes et celles de l'Angleterre, et nous aurait donné un printemps perpétuel. Il est vrai que personne jusqu'à présent n'a pris au sérieux ce projet Babinet-Malapert.

L'influence du voisinage de la mer est montrée en France de la manière la plus évidente par les nombres suivants :

VILLES.	TEMPÉRATURES moyennes de l'été.	TEMPÉRATURES moyennes de l'hiver.	DIFFÉRENCES.
Brest. . .	16°.8	7°.1	9°.7
Paris. . .	18 .1	3 .3	14 .8
Lyon. . .	21 .1	2 .3	18 .8

Tout ceci nous montre combien la chaleur est irrégulièrement distribuée sur notre globe. De Humboldt a imaginé, au commencement du siècle, de tracer sur la carte du monde des lignes joignant les uns aux autres les lieux de même température moyenne. La ligne qui relie tous les points de notre hémisphère dont la température moyenne de l'année est 10 degrés, se nomme la ligne isotherme de 10 degrés. On a de même, pour chaque degré de température, des lignes isothermes qui sont comme les parallèles thermiques. Ils sont loin d'avoir la régularité géométrique des parallèles géographiques.

Les lignes qui traversent les régions ayant la même température moyenne d'hiver sont dites isochimènes. Ces lignes se rapprochent de l'équateur quand elles traversent les continents, et s'en éloignent sur l'océan. Nous venons d'en voir la raison. La direction des isochimènes en France est bien frappante; la ligne isochimène de Paris s'abaisse comme le contour de nos côtes maritimes, et va passer par Orléans, Toulouse, Carcassonne, Valence, Nice. La direction générale des courbes isothermes et isochimènes, dans notre hémisphère, semble rendre très probable l'existence de deux pôles de froid dans le voisinage du pôle nord. L'un, d'une température moyenne de — 17 degrés, serait au nord de l'Asie, près de la Nouvelle-Sibérie; l'autre, dans l'archipel polaire américain sa température serait de — 19 degrés. Les régions dont le froid est le plus rigoureux seraient donc situées sous des latitudes que l'homme a déjà visitées, et par conséquent se trouve justifié l'espoir de ceux qui ne croient point le pôle proprement dit inabordable.

La distribution irrégulière de la température est encore rendue manifeste quand on considère les températures les plus basses qui aient été observées en divers points du globe; cet examen montre encore clairement l'influence du voisinage de la mer.

TEMPÉRATURE LA PLUS BASSE OBSERVÉE AVANT 1854 :

Iles Britanniques	— 20°.6	(près Londres).
France	— 31 .3	(Pontarlier, 14 décembre 1846).
Hollande et Belgique	— 24 .4	(Malines, janvier 1823).
Danemark, Suède et Norvège.	— 55 .0	(Calix).
Russie	— 43 .7	(Moscou, janvier 1836).
Allemagne.	— 35 .6	(Brême, décembre 1788).
Italie.	— 17 .8	(Turin).

Pour ne parler que de la France, nous voyons que les villes situées sur le bord de la mer n'ont jamais de bien grands

froids. Les froids les plus rigoureux observés jusqu'en 1854 avaient été :

Littoral de l'Océan	Cherbourg	— 8.5
	Saint-Malo	— 13.8
	Nantes	— 13.0
	La Rochelle	— 16.0
Intérieur	Nancy	— 26.0
	Tours	— 25.0
	Pontarlier	— 31.3
	Lyon	— 22.9
Littoral de la Méditerranée	Montpellier	— 18.0
	Béziers	— 7.0
	Toulon	— 10.0
	Hyères	— 12.0

Dans le continent américain, à des latitudes qui sont sensiblement celles de la France, les températures sont bien plus basses, et en plusieurs endroits on y a vu le mercure se congeler à l'air libre. En janvier 1835, tandis que la température en France était au-dessus de la moyenne, on avait à Bangor, à Franconia, à Newport, des froids de — 40 degrés. Les villes du littoral, Portsmouth, New-York, Washington, étaient moins éprouvées, et le froid n'y dépassait pas — 30 degrés.

CHAPITRE III

LES VARIATIONS DE CLIMAT.

Le climat de la France a-t-il varié depuis les temps historiques? les grands hivers sont-ils actuellement plus rudes et plus fréquents, ou bien moins rudes et moins fréquents qu'autrefois? La question n'est pas facile à résoudre avec exactitude. Il est bien certain que le climat actuel n'est pas identique à celui des premiers siècles de notre ère, et tous les savants admettent sa variation; mais il est bien difficile de fixer la valeur de ces variations, plus difficile encore de savoir si les extrêmes de froid et de chaud ont varié dans un sens ou dans l'autre.

Les nombreux exemples que nous avons cités démontrent qu'il y avait en France de grands hivers sous la domination romaine, et qu'il n'a pas cessé d'y en avoir depuis cette époque. Il ne semble pas, autant qu'on peut en juger par des renseignements incomplets, qu'ils aient été à aucune époque sensiblement plus nombreux ou moins nombreux qu'actuellement. Mais il est impossible d'en fixer exactement la rigueur. Cependant l'étude que nous avons faite du dernier grand hiver, celui de 1879, nous a montré d'une manière absolument certaine que cet hiver a été à peu près aussi rigoureux que tous ceux dont nous parle l'histoire. Tous les effets du froid se sont produits dans cette dernière année avec une intensité aussi grande que jamais, et si les conséquences en ont été moins tristes, c'est aux progrès de la civilisation que nous le devons.

Si cela n'avait pas été absolument en dehors du cadre de

notre ouvrage, il nous aurait été tout aussi facile de montrer que l'hiver 1877-1878 a été aussi doux qu'aucun des plus doux hivers de l'histoire, que l'été 1879 a été aussi froid que les plus froids.

Il ne semble donc pas que, dans leurs variations extrêmes, les saisons présentent actuellement des caractères différents de ceux qu'elles ont toujours présentés. Et cependant que de protestations n'entendons-nous pas tous les jours! Chaque fois, et cela arrive souvent, qu'un hiver ou qu'un été ne présente pas exactement les caractères qu'on attend de lui, chacun déplore le dérèglement des saisons. Sur ce point, nous savons à quoi nous en tenir, et nous avons vu qu'au moyen âge ce prétendu renversement des saisons se produisait comme maintenant, faisait crier comme maintenant, et s'affirmait souvent par de désastreuses conséquences.

Oui, il y a deux mille ans, il y a mille ans, comme aujourd'hui, on avait des hivers rigoureux succédant à des hivers trop doux; alors, comme maintenant, on voyait quelquefois les arbres se couvrir de fleurs en janvier et la neige tomber en avril. Le printemps oubliait le plus souvent de se montrer à l'heure dite, et l'on passait rapidement, presque sans transition, des frimas de la saison froide aux chaleurs accablantes de l'été. Il en est encore ainsi de nos jours. Sans doute il arrive une fois par hasard aux mois d'avril et de mai de nous offrir les charmantes douceurs chantées par les poètes; mais que ces printemps délicieux sont rares! qu'ils étaient rares aussi aux époques qui ont précédé la nôtre!

Cessons donc de croire et de dire, à chaque hiver plus rude ou plus doux que la moyenne des hivers, à chaque printemps pluvieux, à chaque été sans soleil, que les saisons sont bouleversées, que rien de semblable n'arrivait autrefois. Les historiens, et, plus récemment, les observations météorologiques précises, sont là pour nous prouver que les saisons n'ont jamais eu un cours plus régulier qu'aujourd'hui.

Ce n'est donc pas dans les variations extrêmes et anormales des saisons qu'il nous faut chercher des preuves de la variation du climat de la France; mais nous pouvons nous demander si la température moyenne normale est demeurée invariable depuis les temps historiques; si, la température moyenne restant la même, l'écart normal de l'été à l'hiver n'est pas devenu plus grand ou plus petit; si notre climat est devenu plus continental ou plus océanique.

Les observations thermométriques directes sont jusqu'à présent impropres à montrer ces variations. Elles ne remontent qu'à deux siècles à peine, et depuis cette époque elles ont été faites dans des conditions si variables, si peu déterminées, qu'elles ne sont pas comparables entre elles, pas même celles faites à l'Observatoire de Paris. Le seul appareil actuel qui soit en état de nous renseigner sur les variations de la température moyenne est le thermomètre de Lavoisier, placé dans la cave la plus profonde de l'Observatoire de Paris, à l'abri des variations diurnes et annuelles; mais ses indications, qui se sont compliquées, à l'origine, des variations dans la position du zéro, ne permettent encore de conclure à aucune modification certaine.

Le climat de l'Angleterre semble au contraire se réchauffer assez rapidement pour que ce soit déjà sensible au thermomètre. D'après M. Glaisher, chargé de la météorologie à l'Observatoire de Greenwich, la température moyenne de Londres se serait accrue d'un degré depuis un siècle; ce réchauffement aurait porté surtout sur les mois d'hiver. Des variations analogues ont été constatées en Allemagne, en Suisse, au Groenland, en Sibérie; ces pays sont devenus plus froids.

Puisque le thermomètre ne nous indique rien pour la France, il nous faut avoir recours à d'autres documents. L'examen des végétaux nous fournira le meilleur. Chaque plante demande, en effet, pour prospérer, une certaine quantité de chaleur, et quand nous verrons les cultures aller vers le nord ou rétrograder du

côté du midi, nous serons presque en droit de conclure à un accroissement ou à un abaissement de la température moyenne, ou tout au moins de la température de l'été.

Le docteur Fuster a principalement recueilli, par un immense travail d'érudition, toutes les preuves à l'appui de sa thèse, pour démontrer que des variations continuelles se sont produites dans le climat de la France. Suivons rapidement le docteur Fuster dans ses recherches depuis l'origine des temps historiques de notre pays.

D'après César, Diodore de Sicile, Strabon, Tite-Live, Sénèque, Pline, Plutarque, le climat de la Gaule était froid et humide. Les hivers étaient longs et rigoureux, les étés courts et pluvieux. L'olivier, le figuier, la vigne même, ne pouvaient porter de fruits, et les Gaulois, fort avides cependant du vin que leur sol était impropre à produire, étaient réduits à le remplacer par la bière. La Gaule Narbonnaise seule était presque aussi favorisée que l'Italie. Mais à partir du sixième siècle de notre ère, le climat semble être devenu plus clément, et l'amélioration est telle que nous voyons au neuvième siècle la vigne cultivée sur tout le territoire. La Bretagne, la Normandie, la Picardie, dans lesquelles le raisin ne mûrit plus, avaient des vignes, et des vignes qui produisaient du vin chaque année. La culture de la vigne s'arrête actuellement dans le département de l'Oise. Dans les régions qui produisent actuellement du vin, les vendanges avaient lieu bien plus tôt que maintenant; les côteaux très élevés, sur lesquels aujourd'hui le raisin n'arrive plus à maturité, avaient des vendanges très régulières.

Cette amélioration du climat dura pendant quelques siècles. Arago rapporte qu'en 1552 les huguenots se retirèrent à Lancié, près Mâcon, et qu'ils y burent du vin muscat du pays. Le raisin muscat ne mûrit pas assez maintenant dans le Mâconnais pour qu'on puisse en faire du vin.

Aujourd'hui, la culture de la vigne, du figuier, de l'olivier, ont opéré de nouveau une retraite vers le sud.

D'après M. de Gasparin, et, plus récemment, d'après M. Reclus, ces changements de climat, conclus de la progression des cultures vers le nord ou vers le sud, ne sont peut-être qu'apparents. « Dans ce mouvement de retraite des végétaux cultivés, dit M. Reclus, comment faire la part du climat et des convenances de l'agriculture? Telle plante qui donnait de médiocres produits sous un ciel inclément n'en était pas moins cultivée quand les communications avec les contrées à climat plus doux étaient rares encore ; la facilité moderne des échanges a rendu ces cultures désormais inutiles, et par suite leur domaine s'est rétréci. »

Cette thèse, vraie en général, n'est pas soutenable pour un certain nombre de cas. Il est aisé de démontrer, par exemple, que les vins de la Normandie étaient bons au neuvième siècle. Plus tôt même, en 360, l'empereur Julien faisait servir à sa table du vin de Suresnes, et il le trouvait excellent. Les vins bretons, normands, étaient fort estimés, et par des gens qui jugeaient les vins aussi bien que nous le ferions de nos jours. Les vins de Bordeaux, de Bourgogne, de Champagne, étaient dès le moyen âge considérés comme les meilleurs de France, et les points de comparaison ne manquaient pas. Et cependant les ducs, les rois, les moines même estimaient fort les vins de régions qui aujourd'hui n'en produisent plus.

Mais l'adoucissement du climat ne devait pas durer toujours. Dès le douzième siècle, la détérioration commence; les vignes rétrogradent peu à peu, de même que le figuier et l'olivier. Les vins de Bretagne et de Normandie deviennent mauvais, puis ils disparaissent, et peu à peu le climat prend les caractères que nous lui connaissons aujourd'hui.

Pour tous les auteurs, ces changements de climat ne sont pas aussi considérables, ni aussi certains. Le comte de Ville-

neuve, de Gasparin, de Candolle, les nient presque complètement; Arago en admet une partie; Fuster cherche à démontrer que le climat de la France a toujours changé, qu'il change actuellement et qu'il changera toujours. « Dans tous les cas, dit M. Reclus, les modifications subies par les climats pendant la période historique n'ont encore qu'une faible importance relative; mais celles qui se sont opérées durant les âges géologiques récents ont suffi pour déplacer les faunes, les flores et les races sur d'immenses étendues. On le sait par les traces qu'ont laissées les anciens glaciers des Alpes, des Pyrénées, des Vosges, dans des vallées aujourd'hui populeuses. On le voit aussi par les espèces animales et végétales qui ont dû changer d'aire, d'habitation, pour fuir devant un climat contraire. »

Quelles sont les causes des variations qui se sont produites dans notre climat pendant la période historique?

La première, la plus importante peut-être, est l'action des agents atmosphériques à la surface du globe. Tandis que la croûte terrestre, encore mal assise, est sujette à des mouvements lents, mais continuels, qui tendent à modifier le relief du sol, les agents atmosphériques agissent d'un autre côté. Sous l'action combinée de l'air, agent chimique; de la gelée, de l'humidité, des eaux errantes, agents physiques, les montagnes tendent à descendre dans les plaines, les continents comblent le fond des mers. Peu à peu le relief change, et par suite se modifient les mille circonstances secondaires qui participent à la fixation du climat. Puis vient l'action, incessante aussi, et non moins puissante de l'homme. L'homme, depuis son arrivée sur la terre, l'a modifiée de telle sorte qu'elle n'est plus reconnaissable. Les forêts, autrefois immenses et nombreuses, diminuent de plus en plus et sont remplacées par des cultures; les lacs et les étangs sont desséchés en grand nombre; les rivières, maintenues dans leurs lits, ne se répandent plus à chaque instant dans les campagnes; les marais sont changés en terres cultivées. L'action de ces transformations sur le climat est con-

sidérable ; malheureusement, cette action ne se produit pas toujours à notre avantage. On peut dire d'une manière générale que les forêts, comparables à la mer sous ce rapport, atténuent les différences naturelles de température entre les diverses saisons, tandis que le déboisement écarte les extrêmes de froidure et de chaleur, et donne une plus grande violence aux courants atmosphériques. Le défrichement des terres incultes, l'assainissement des marais tend, au contraire, à rapprocher les extrêmes, à rendre le climat plus constant.

L'Amérique, soumise d'hier à l'action énergique de l'homme civilisé, a subi les plus rapides modifications. D'après M. Boussingault, les hivers y sont devenus moins rigoureux, les étés moins chauds ; en même temps la température moyenne s'est légèrement accrue.

CHAPITRE IV

LA PÉRIODICITÉ DES GRANDS HIVERS ET LA PRÉVISION DU TEMPS.

Nous l'avons vu, le climat de la France a changé et changera toujours. Mais ces changements sont assez lents pour qu'on les néglige quand on ne considère qu'un petit nombre de siècles. Ils ne modifient pas d'une manière sensible la succession des saisons qui, aujourd'hui comme autrefois, se suivent et ne se ressemblent pas. Des hivers doux succèdent à des hivers rigoureux, des étés chauds à des étés sans soleil, sans qu'il semble possible de distinguer dans ces variations capricieuses une loi fixe qui en détermine le caractère.

Beaucoup de météorologistes se sont cependant occupés de rechercher cette loi, de prédire, longtemps à l'avance, les caractères généraux des saisons. Les systèmes abondent, tous empiriques, le plus souvent en opposition avec les faits; mais, au milieu des immenses séries d'observations, la loi reste encore à trouver. Les grands hivers se succèdent-ils avec une certaine régularité? Cette question ne date pas d'aujourd'hui. Nous lisons, en effet, dans l'*Histoire de Provence,* de Papon, que les grands hivers se reproduisent de telle sorte « que l'on serait presque tenté de croire qu'il y a dans la nature des retours périodiques qui ramènent les mêmes phénomènes à des époques à peu près semblables. »

Au dix-huitième siècle, on cherchait déjà à rattacher les variations anormales des saisons à des causes cosmiques, parmi lesquelles les taches du soleil arrivaient en première ligne.

Maraldi écrivait, en 1720, dans une communication à l'Académie des sciences : « Quelques-uns se sont imaginé que le plus et le moins de chaleur qui règne dans la même saison en différentes années pouvoit venir des taches qui se rencontrent en même temps dans le soleil, et comme, lorsqu'il est taché, il n'envoye pas un si grand nombre de ses rayons à la terre, les chaleurs doivent être moins grandes que lorsqu'il n'a point de taches. Mais les expériences que nous avons des années précédentes montrent que cette explication n'est pas suffisante. »

Quelques années plus tard, en 1726, il y revient : « Il y a eu, dit-il, pendant presque toute l'année, un grand nombre de taches dans le soleil, et quelquefois plus grandes que n'est la surface de la terre, ce qui n'a pas empêché que nous n'ayons eu de grandes chaleurs. La même chose est arrivée en 1718 et 1719. »

De nos jours, on est revenu à cette considération des taches du soleil, et à la recherche de l'influence des causes cosmiques sur les variations des saisons. D'après certains météorologistes, et parmi eux quelques-uns des plus distingués, le soleil, la lune, joueraient le plus grand rôle dans ces variations, et de la périodicité de leurs positions dans le ciel résulterait une périodicité analogue dans la succession des saisons. Il semble pourtant bien difficile d'admettre que des causes cosmiques, essentiellement générales, produisent une si singulière répartition des grands froids que l'on puisse voir au même moment à Paris des rigueurs excessives, et au Havre des températures printanières. On ne saurait expliquer ces différences qu'en accordant aux causes locales une influence prépondérante, et alors que deviendrait la cause cosmique?

Est-ce à dire qu'on n'arrivera jamais à déterminer à l'avance le caractère général des saisons? Qu'on ne résoudra jamais le problème plus difficile encore de la prédiction exacte du temps? Non, sans doute; mais la solution nous semble encore bien lointaine...

Arago niait formellement la possibilité de prédire le temps. « Jamais, écrivait-il, une parole sortie de ma bouche, ni dans l'intimité, ni dans les cours que j'ai professés pendant plus de quarante année, n'a autorisé personne à me prêter la pensée qu'il serait jamais possible, dans l'état de nos connaissances, d'annoncer avec quelque certitude le temps qu'il fera une année, un mois, une semaine, je dirai même un seul jour d'avance. » Voilà pour le présent, et jusque-là il avait raison; mais il poursuit : « Jamais, quels que puissent être les progrès des sciences, les savants de bonne foi et soucieux de leur réputation ne se hasarderont à prédire le temps. » Et il ajoutait, paraît-il, dans la conversation : « Quiconque veut cesser d'être regardé comme un savant doit se mettre à prédire le temps. »

Cette conviction, si fortement exprimée, était le fruit de longues méditations. Arago ne niait pas l'existence des causes générales qui peuvent agir d'une manière, toujours la même, pour régler le temps; mais il admettait que les causes perturbatrices devaient dans tous les cas amener des modifications impossibles à prévoir. Il énumère ces causes perturbatrices non susceptibles d'être prévues. Ce sont : la progression des glaces polaires du côté de l'équateur, l'état de diaphanéité ou de phosphorescence de la mer, la mobilité de l'atmosphère, les obscurcissements accidentels de l'atmosphère, et les travaux des hommes sur les forêts, les marais, les lacs, le développement des villes.

Il est aisé de voir que toutes ces causes n'ont pas la même importance. Ce ne sont pas les travaux des hommes qui s'opposeront jamais à la prévision du temps; car ils ne modifient le climat que d'une manière lente et insensible. Les variations de diaphanéité et la phosphorescence de la mer, qui la rendent plus ou moins propre à absorber les rayons du soleil, sont des phénomènes locaux, temporaires, dont l'influence est certainement négligeable.

Celle de la progression des glaces polaires est plus impor-

tante. Il est certain que la dislocation des champs de glace des régions polaires, qui peuvent amener vers les latitudes tempérées d'immenses amas de glace non encore fondue, détermine en certaines années un refroidissement de nos côtes.

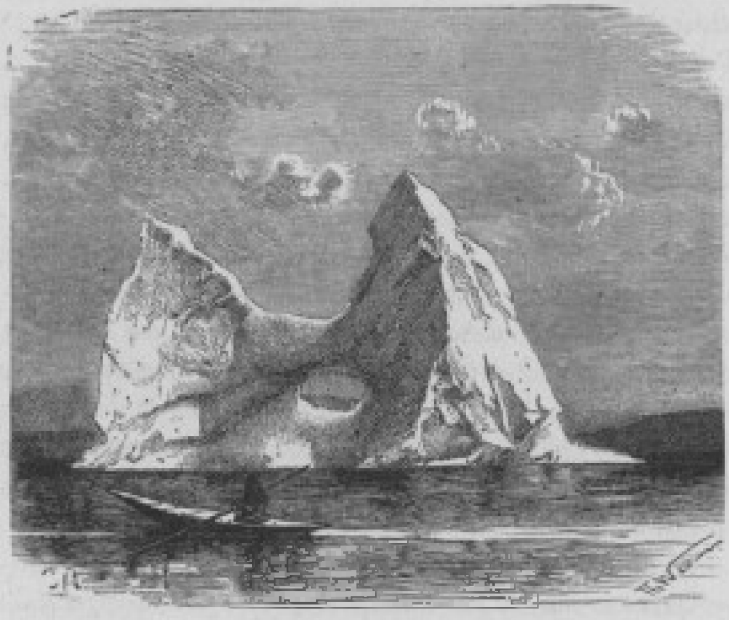
Ainsi, nous lisons dans les *Mémoires de l'Académie des sciences pour l'année 1725* : « Dans la grande mer qui est entre notre continent et l'Amérique, ordinairement on ne trouve plus de glaces dès le mois d'avril en deçà des 67e et 68e degrés de latitude septentrionale, et les sauvages de l'Acadie et du Canada disent que quand elles ne sont pas toutes fondues dans ce mois-là, c'est une marque que le reste de l'année sera froid et pluvieux. Mais M. Deslandes, qui depuis plusieurs années séjourne à Brest, et qui est en relation avec nos principales colonies, a su que cette année les glaces n'étaient pas fondues au mois de juin, et que les vaisseaux français qui vont à la pêche de la morue en ont trouvé des montagnes et des îles flottantes par le 41e et le 42e degré de latitude, spectacle qui leur était nouveau. Le 15 juin, deux vaisseaux pensèrent être surpris de ces mêmes glaces vers le 45e degré. Il se pourrait que le froid ou le peu de chaleur de l'été qu'on a eu en Europe tînt à cette cause, du moins en partie. Les météores d'un pays dépendent souvent de ceux d'un autre; ils sont tous en commerce, quelque éloignés qu'ils soient. »

Plus près de nous, M. Renou a attribué le froid de l'été de 1816 à une grande débâcle des glaces polaires.

Voici donc une cause accidentelle qui peut amener dans certaines années d'importantes modifications dans nos climats. Mais, d'une part, elle intervient rarement et peut-être, en outre, se produit-elle dans des circonstances déterminées qu'on arrivera à connaître, de façon à tenir compte de ces débâcles dans la prévision du temps.

Reste enfin, parmi les causes perturbatrices d'Arago, la mobilité de l'atmosphère et ses obscurcissements accidentels, en un mot les mouvements de l'atmosphère. Toutes les autres

causes accidentelles ne sont rien à côté de celle-là, ou plutôt celle-là les contient et les résume toutes. Le but des météorologistes actuels est justement de déterminer les lois de ces mouvements, d'où dépendent tous les changements de temps.



Progression des glaces polaires du côté de l'équateur.

Cette mobilité, ils la considèrent comme la cause principale qu'ils cherchent à connaître dans toutes ses manifestations. Ce but, ils l'atteindront, ils en ont tous la ferme espérance ; et si Arago revenait, loin de persister dans son dédain pour ceux qui veulent prédire le temps, il se mettrait à leur tête pour les encourager et les diriger.

« Bien que je ne puisse réclamer, disait M. Robert H. Scott en 1873, ni pour moi, ni pour aucun météorologue, des progrès

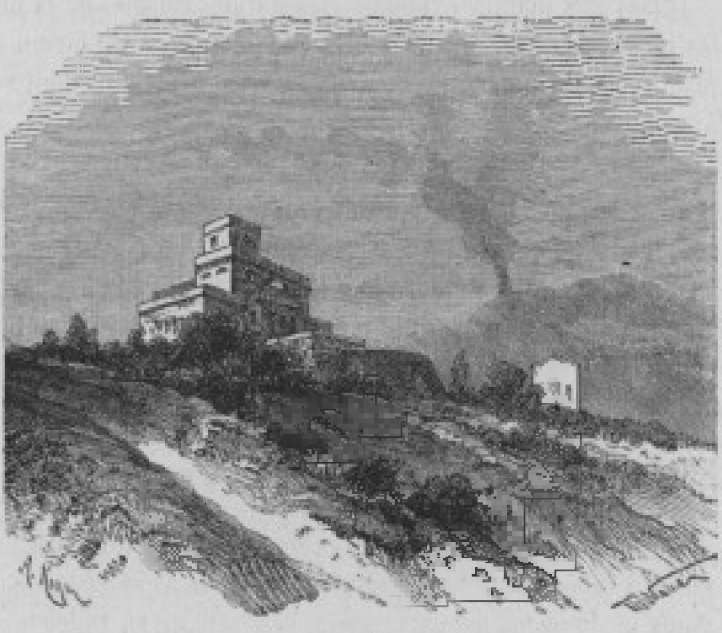
décisifs vers ce qu'on a si bien appelé la splendide possibilité de prédire la nature des saisons, j'espère cependant vous prouver que les progrès sont assez sérieux pour permettre de classer au nombre des sciences la connaissance du temps. »

Mais cette science ne peut se former tout d'un coup; et, comme les autres, elle ne peut faire que de lents progrès. « La météorologie, dit M. Angot, est une science tellement récente qu'on se saurait trop exiger d'elle. Constituée seulement d'hier, son développement commence à peine, et elle rencontre pour cela plus de difficulté que toute autre science. Seule, en effet, elle nécessite le concours d'un grand nombre de personnes, même de nations. Un observatoire suffit à l'astronome, un laboratoire au chimiste, au physicien, au naturaliste; pour faire utilement de la météorologie, il faudrait des milliers d'observateurs sur terre comme sur mer; il faudrait que la surface entière du globe fût surveillée de telle sorte qu'on pût retrouver l'origine, suivre la marche entière et constater la disparition de toutes les perturbations atmosphériques. Bien que les plus grands efforts soient faits pour atteindre ce résultat, nous en sommes loin encore.

» Il faudrait ensuite, dans quelques années, quand les données précises auront été multipliées, créer un enseignement pour la météorologie comme il en existe pour toute science; c'est là encore une condition indispensable de progrès, la seule qui puisse faire des météorologistes, comme on fait des mathématiciens, des physiciens et des naturalistes.

» Il ne vient guère aujourd'hui à l'esprit de personne qu'on puisse d'un jour à l'autre devenir astronome sans avoir appris l'astronomie, médecin sans avoir suivi des cours de médecine. Tout le monde, au contraire, se croit volontiers autorisé à imaginer une théorie météorologique sans avoir à s'embarrasser un seul instant d'études préalables. Aussi la météorologie est-elle malheureusement la partie de la science qui est le plus

cavalue par les conceptions *à priori* et les théories les plus étranges, les plus fantaisistes. Tantôt pour expliquer une année exceptionnelle on va invoquer l'éruption d'un volcan; tantôt on profite de ce que le Sahara est désert, et que nul ne peut



Il faudrait des milliers d'observatoires sur terre...

dire ce qui s'y passe, pour l'accuser de toutes les perturbations. Autrefois, quand nous ne recevions pas d'observations d'Amérique, on faisait naître sur l'Atlantique toutes les tempêtes qui nous arrivent par l'ouest. Plus tard, quand les Américains eurent commencé à publier des cartes, on reconnut vite que bon nombre de ces tempêtes les avaient visités avant de nous parvenir. Les cartes américaines s'arrêtaient aux montagnes Rocheuses; c'est là qu'on mit le berceau des tempêtes, et une théorie vint bientôt montrer qu'elles devaient en effet s'y former

sur place. Quelques années plus tard, les Américains étendirent leurs observations jusqu'au Pacifique, et l'on vit les dépressions barométriques arriver par l'ouest sur la Californie et franchir les montagnes Rocheuses en dépit des théories qui les y faisaient naître. Il va donc falloir reporter plus loin encore leur berceau. On pourrait presque en dire autant du plus grand nombre des théories en météorologie; ébauchées aujourd'hui sans base sérieuse et presque au hasard, elles sont destinées à disparaître demain devant la réalité des faits, ou à être modifiées de façon à devenir méconnaissables.

» Dans ces conditions, il semble qu'une seule voie soit ouverte, celle qu'ont suivie successivement toutes les sciences dont nous admirons aujourd'hui le développement : l'expérimentation. Il faut que tout le monde sache qu'il est plus utile aujourd'hui d'avoir de bonnes observations que des théories. Il faut que les météorologistes aient le courage d'envisager que la science qu'ils cultivent n'en est encore qu'à sa naissance, et qu'elle est soumise aux mêmes lois d'évolution que les autres. Dans les sciences expérimentales la théorie ne vient jamais que bien après l'observation. C'est vers celle-ci que doivent se porter tous les efforts, et quand le moment sera venu, quand le terrain sera suffisamment préparé, il viendra un Kepler ou un Newton qui édifiera sur nos travaux la théorie que nous poursuivons vainement. »

Certes, de telles espérances sont bien faites pour donner du courage aux observateurs, surtout quand on envisage la grandeur du but à atteindre : « La connaissance anticipée des alternatives du climat sera, dit M. Reclus, une des plus grandes conquêtes de l'homme. Déjà maître du présent par le travail, il le deviendra aussi de l'avenir par la science. Cette terre qu'il dit lui appartenir sera véritablement sienne ; il en utilisera la force productive à son gré et fera servir toutes les vies inférieures, animaux et plantes, aux conforts de sa propre vie;

mais, devenu possesseur de la terre, qu'il le devienne aussi de lui-même; qu'il triomphe enfin de ses propres passions, et qu'il apprenne à vivre en paix sur cette planète si souvent arrosée de sang! Que la terre puisse mériter bientôt le nom de « bienheureuse », que lui ont donné les peuples enfants! »

FIN

TABLE DES GRAVURES

1. Au lieu de forêts, des amas de glaces éternelles. 3
2. Les habitants des régions polaires vivent le plus souvent sous terre. 9
3. La route et les bivouacs étaient jonchés de cadavres. 17
4. L'équipage sut y maintenir une température supérieure à + 20 degrés 25
5. Hiver de l'année 1108. 35
6. Les chiens du Grand Saint-Bernard 47
7. 1875. Toulouse. — L'eau montant toujours, le spectacle devint plus lugubre. 53
8. Canada. — Sous l'action du vent, on voit ces bateaux se mouvoir sur la glace avec une grande rapidité. 65
9. Au milieu des glaçons. 73
10. Les déserts glacés du pôle 83
11. Pris dans les glaces. 93
12. Attelage de chiens 100
13. L'élan perce la neige à chaque pas et s'y enfonce. 109
14. Samoyèdes 118
15. Esquimaux 125
16. L'ours brun 134
17. 1608. Anvers. — Les habitants dressèrent des tentes sur l'Escaut. 143
18. Les haillons dont ils étaient couverts... 154
19. Une scène de l'hiver de 1776. 165
20. 1812. — Retraite de Russie 173
21. 1830. La Garonne. — On ne voit sur les glaces que mâts brisés et chaloupes sans pilote 183
22. 1844-1845. — Toutes les routes du midi furent couvertes de neige. 195
23. Nuits au bivouac sur la neige. 199

24. 1879. — Le Rhin. 227
25. Sur la Seine en décembre 1879. 229
26. La débâcle sur le Rhin. 235
27. Emploi de la dynamite aux glaces de la Saône. 241
28. Effets de la glace sur les essences forestières les plus résistantes (1879-1880). 253
29. Figure théorique de l'action du soleil aux pôles et à l'équateur . 264
30. Progression des glaces polaires du côté de l'équateur 287
31. Il faudrait des milliers d'observatoires sur terre... 289

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION V

LIVRE PREMIER

LES EFFETS DU FROID

Action du froid sur l'homme 15
Action du froid sur les animaux et sur les plantes. 23
La neige 39
La glace 56
Effets divers du froid 78

LIVRE II

LES RÉGIONS DES GRANDS FROIDS

Description des régions polaires. 81
Voyages dans les régions polaires 91
Faune et flore des régions polaires. 105
Les habitants des régions polaires. 114
Le froid dans les montagnes 128

LIVRE III

LES GRANDS HIVERS FRANÇAIS

Les grands hivers avant celui de 1709 137
Le grand hiver de 1709 147

Les hivers de 1709 à 1830. 162
Le grand hiver de 1830. 177
Les hivers de 1830 à 1879. 193

LIVRE IV

LE GRAND HIVER DE 1879-1880

Les températures du grand hiver 203
La neige, le verglas et la prise des rivières 215
Le dégel et les débâcles. 230
Les hommes, les animaux et les plantes pendant le grand hiver. . 245

LIVRE V

LES GRANDS FROIDS ET LES CLIMATS

Les causes du froid. 259
Les divers climats 268
Les variations de climat. 276
La périodicité des grands hivers et la prévision du temps 283

PARIS. — TYPOGRAPHIE DU MAGASIN PITTORESQUE
(JULES CHARTON, ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ)
rue des Missions, 15

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES TÉLÉGRAPHES

PAR

A.-L. TERNANT

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

DÉPÔT LÉGAL Seine 1881

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 192 GRAVURES

PAR E. CHAUVET, A. FERDINANDUS, C. GILBERT ET TH. WEBER

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

A LA MÉMOIRE

DE

M. J.-CH. D'ALMEIDA

A QUI CE LIVRE

DEVAIT ÊTRE DÉDIÉ

Marseille, 30 novembre 1880.

A.-L. TERNANT.

INTRODUCTION

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE
R.F.

O nature, c'est là ta genèse sublime.
Oh ! l'éblouissement nous prend sur cette cime !
Le monde, réclamant le sort que Dieu lui doit,
Vibre ; et, dès à présent, grave, attentif, le doigt
Sur la bouche, incliné sur les choses futures,
Sur la création et sur les créatures,
Une vague lueur dans son œil éclatant,
Le voyant, le savant, le philosophe entend
Dans l'avenir, déjà vivant sous ses prunelles,
La palpitation de ces millions d'ailes.

V. Hugo, *Châtiments.*

Nous n'avons pas à apprendre à nos lecteurs que les télégraphes n'ont d'autre but que de communiquer la pensée à de très-grandes distances. Le meilleur télégraphe est celui qui accomplit cette opération dans un temps aussi court que possible.

Pour porter au loin la pensée, il est nécessaire de l'exprimer en signes qui frappent au loin les sens.

Pour la porter rapidement, les signes sensibles qui ex-

priment la pensée doivent se former rapidement comme elle et se succéder sans délai.

La science dont l'application forme l'art télégraphique comporte donc l'étude de trois problèmes principaux :

1° Rechercher quel est l'agent physique qui se transmet le plus rapidement à la plus grande distance en laissant à nos sens l'impression de son action ;

2° Former un système de signaux transportant rapidement les impressions de cet agent et les variant de même ;

3° Exprimer la pensée, au moyen de ces signaux, de la façon la plus prompte, la plus claire et la plus générale possible.

Ces trois problèmes se subdivisent en une infinité de questions importantes et ardues, dignes d'être l'objet d'études spéciales et d'expériences nombreuses, pouvant occuper la vie d'un homme et enrichir la science de découvertes nouvelles. Mais pour ramener ces faits à la pratique de l'art télégraphique, il faut que toutes ces questions soient étudiées et résolues simultanément ; si l'on en perd une seule de vue, il est à peu près certain qu'on n'aboutira qu'à des combinaisons inapplicables.

Les agents que la télégraphie peut employer sont au nombre de quatre :

1° Le mouvement de translation. (La télégraphie pneumatique est le type le plus parfait de ce mode de transmission.)

2° Le son. (La télégraphie acoustique aidée de l'électricité a produit le téléphone.)

3° La lumière. (Les télégraphes optiques, appliqués

surtout aux armées en campagne et à la marine, fournissent un moyen avantageux de communication, là où le télégraphe électrique ne peut être employé.)

4° L'électricité, qui forme, au moyen du télégraphe électrique, le mode le plus prompt et le plus complet pour la transmission rapide des dépêches à très grande distance.

Le *mouvement de translation* opéré par les chemins de fer (en leur supposant leur plus grande vitesse pratique), ne permet pas une vitesse assez grande pour franchir la distance rapidement. C'est le moyen de transport le plus rapide de nos correspondances manuscrites, mais il ne peut être assimilé à la télégraphie.

Les tubes pneumatiques ont assisté considérablement la télégraphie à petite distance dans les grands centres, et le mouvement rapide qu'on peut imprimer, par la pression, à un courant d'air enfermé dans un tube souterrain dépasse, d'ailleurs, de beaucoup la vitesse des chemins de fer.

On peut déjà prévoir que ce mode de transmission rapide pourra être étendu à de grandes distances, et nous verrons sans doute, dans un temps prochain, des tubes pneumatiques à relais, pouvant franchir sans arrêt des distances considérables. La vitesse de la poste aux lettres pourra de la sorte être augmentée dans des proportions importantes.

Le *son* offre, au premier aperçu, des ressources de vitesse plus grandes que le mouvement de translation. Chacun sait qu'il parcourt, dans l'air, 340 mètres par seconde, et sa transmission est plus rapide encore à travers l'eau et les corps solides.

Néanmoins, si le son a été appliqué à la télégraphie par les anciens, il n'a guère été employé que comme simple signal de convention, et sous cette forme n'a jamais dépassé les distances d'un myriamètre. Il était réservé à notre siècle de produire le *téléphone*, qui transporte le son articulé de la parole à des distances électriques considérables, et il est permis d'espérer qu'avec le temps et les perfectionnements qu'on apporte chaque jour à cet ingénieux et intéressant appareil, la voix pourra franchir des distances aussi grandes que celles parcourues par le télégraphe électrique.

La *lumière* est l'agent naturel qui se transmet le plus promptement, après l'électricité. C'est aussi celui que nos sens, seuls ou armés de télescopes, perçoivent le mieux et à la plus grande distance. Sa vitesse est telle qu'on ne saurait l'exprimer par la plus petite fraction de temps, même dans son trajet sur la ligne télégraphique la plus étendue.

Soit qu'on emploie les lumières artificielles, pour transmettre les signaux, soit qu'on utilise la lumière directe ou diffuse du soleil, pour présenter aux regards des rayons lumineux ou des corps opaques, il n'est besoin d'établir aucun conducteur spécial entre les stations; les signaux se transportent de l'une à l'autre d'eux mêmes et avec la rapidité de la pensée. Après l'électricité, la lumière offre donc toutes les garanties de rapidité, de variété, de sécurité et d'économie que la télégraphie peut obtenir d'elle, car les accidents atmosphériques viennent souvent interrompre la succession des signaux qu'elle produit. Malgré cet inconvénient, les signaux optiques restent encore à l'ordre du jour, et ren-

dent même, dès à présent, de grands services à la marine et aux armées en campagne.

L'*électricité* est le véritable agent du télégraphe, et c'est surtout à elle que la télégraphie doit son développement actuel. De même qu'elle s'est adjoint les phénomènes de l'acoustique, elle promet de s'adjoindre aussi ceux de l'optique et de s'assimiler d'autres agents précieux de la physique. Il faut donc espérer que l'extension de la portée du sens de la vue suivra de près celle du sens de l'ouïe, et que l'électricité nous réserve d'étendre considérablement notre centre actuel de vie matérielle et intellectuelle.

La science a certainement bien des découvertes à nous révéler, et les quatre agents physiques dont nous venons d'examiner rapidement les effets sont, sans doute, destinés à se combiner de manière à fournir à l'humanité l'agent télégraphique le plus parfait.

Nous nous proposons de passer en revue, dans les pages qui suivent, les divers systèmes télégraphiques basés sur les quatre agents physiques dont nous venons de parler, et nous donnerons, bien entendu, la meilleure part au télégraphe électrique.

LES TÉLÉGRAPHES

PREMIÈRE PARTIE

TELÉGRAPHIE OPTIQUE. — TÉLÉGRAPHIE ACOUSTIQUE. TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

CHAPITRE PREMIER

TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE.

Système des anciens. — Diverses méthodes ayant précédé le télégraph de Chappe. — Télégraphe aérien. — Héliographe de Leseurre. — Héliographe de Mance. — Son application au service de l'armée anglaise en Afghanistan. — Système proposé par sir William Thomson pour le signalement des phares.

Que fais-tu, mon vieux télégraphe,
Au sommet de ton vieux clocher,
Sérieux comme une épitaphe,
Immobile comme un rocher?
Hélas! comme d'autres, peut-être,
Devenu sage après la mort,
Tu réfléchis, pour les connaître,
Aux nouveaux caprices du sort.

NADAUD.

Dans son Art des signaux, publié à Hanau en 1795, le major Boucherœder assure que l'art de la Télégraphie remonte à l'époque de la construction de la tour de Babel, en l'an du monde 1756. Cette structure aurait eu surtout pour but d'éta-

blir un point central de communications avec les différentes contrées alors habitées par les hommes.

L'Écriture rapporte aussi que l'on se servit de colonnes de feu et de fumée pour conduire les Israélites à travers le désert, lors de leur fuite en Égypte.

L'idée de donner une signification à l'apparition de feux sur des hauteurs est si naturelle, qu'on en trouve la trace chez différentes peuplades sauvages de l'Afrique.

L'histoire et la poésie ont conservé certaines traditions qui prouvent que l'art de la télégraphie était usité aux grandes époques des temps héroïques.

Annibal fit élever des tours d'observation en Afrique et en Espagne pour transmettre des signaux phrasiques. Les Romains suivirent cette méthode et établirent, partout où ils étendirent leur conquête, des communications rapides qui servaient à maintenir leur empire sur les peuples vaincus. On trouve encore en France des vestiges de ces tours. Celles d'Uzès, de Bellegarde, d'Arles, de la vallée de Luchon, étaient sous la garde de vedettes qui faisaient passer avec rapidité des avis de toutes les contrées voisines.

Le télégraphe représenté sur la colonne de Trajan est la seule description d'un poste télégraphique romain qui nous soit parvenue. Ce poste est entouré de palissades; son second étage a un balcon, et le bâtiment est couronné par une petite tour.

Les Arabes et les Asiatiques pratiquaient l'art de parler au moyen de signaux visuels, et les Chinois avaient élevé des machines à feu sur la grande muraille, longue de cent quatre-vingt-huit lieues, pour donner l'alarme à toute la frontière qui les séparait des Tartares, lorsque quelque horde de ce peuple les menaçait. Ils employaient, ainsi que les Indiens, des feux si brillants qu'ils perçaient le brouillard, et que ni la pluie ni le vent ne pouvaient les éteindre. Les Anglais, ayant rapporté de l'Inde la composition de ces feux, s'en servirent dans les opérations

faites en 1787, pour la jonction des observatoires de Paris et de Greenwich.

Ces opérations, conduites par MM. Cassini, Méchain et Legendre d'un côté, le général Roy et M. Blagden de l'autre, permirent non seulement d'établir une triangulation parfaite au moyen de boîtes à feu et même de lampes ordinaires à réflecteur, mais il y eut, en outre, un échange de signaux entre les deux rives du Pas-de-Calais. La possibilité d'une communication télégraphique à travers la Manche était donc démontrée dès 1787.

François Kessler, un chaud partisan des sciences occultes, a été le précurseur du télégraphe optique, maintenant adopté dans l'armée. Il renfermait son télégraphe dans un tonneau contenant une lampe avec son réflecteur. Devant le tonneau se trouvait une trappe mobile, que l'on pouvait lever et abaisser au moyen d'un levier. La trappe soulevée une fois indiquait la première lettre de l'alphabet, deux fois c'était la lettre B, trois fois le C, et ainsi de suite. Nous verrons plus tard comment les signaux de l'alphabet Morse peuvent être reproduits au moyen de systèmes analogues. Le système alphabétique était en honneur à l'époque dont nous parlons, et il a prévalu jusqu'à nos jours. En 1684, le célèbre Robert Hooke décrivit, devant la Société royale de Londres, son système de signaux formés de planches de diverses formes, peintes en noir, qu'on pouvait élever au milieu de châssis. La télégraphie au moyen de corps opaques est restée en usage dans la marine, surtout pour indiquer aux navigateurs les hauteurs et les mouvements des marées dans les ports. A cet effet, on hisse sur un appareil composé d'un mât et d'une vergue, des ballons formés de bandes noires. Ces ballons se détachent parfaitement en noir sur le ciel.

Un ballon placé à l'intersection du mât et de la vergue annonce une profondeur d'eau de 3 mètres dans toute la longueur du chenal. Chaque ballon placé sur le mât, au-dessous du premier, ajoute un mètre à cette hauteur d'eau; placé au-dessus, il en

ajoute deux. Hissé à l'extrémité de la vergue, un ballon représente 0m.25, quand il est vu à gauche du mât, et 0m.50, quand il est vu à droite du navigateur. Il suffit donc de six ballons pour indiquer les hauteurs d'eau de 0m.25 en 0m.25 depuis 3 mètres jusqu'à 8m.75.

Ces signaux peuvent se faire la nuit en substituant des fanaux aux ballons et moyennant l'adoption d'un feu coloré, afin de marquer le point essentiel à distinguer, où la vergue s'appuie sur le mât.

Pour indiquer le mouvement de la marée, on emploie un pavillon blanc avec croix noire et une flamme noire en forme de guidon. Ces pavillons se hissent dès qu'il y a 2 mètres d'eau dans le chenal, et sont amenés dès que la mer est redescendue à ce même niveau. Pendant toute la durée du flot, la flamme est au-dessus du pavillon; au moment de la pleine mer et pendant la durée de l'étale, la flamme est amenée; enfin la flamme est au-dessous du pavillon pendant le jusant.

Lorsque l'état de la mer interdit l'entrée du port, tous ces signaux sont remplacés par un pavillon rouge également hissé au sommet du mât.

Cette digression nous a un peu écarté de l'historique des télégraphes visuels; mais nous n'avons pas cru inutile de donner les détails qui précèdent.

Les Curiosités de la littérature de Bertin nous rapportent que le marquis deWorcester prétendit avoir découvert cent machines nouvelles, et qu'il demanda à Charles II d'Angleterre une certaine somme d'argent pour les publier. Elle lui fut refusée. On a dit que le télégraphe et les machines à vapeur faisaient partie de ces inventions, mais il ne nous est rien resté du résultat de ces recherches (1).

On connaît les expériences d'Amontons et celles de Marcel, vers la fin du dix-septième siècle.

(1) M. H. Dircks a publié un recueil de ces inventions. Londres. Bernard Quaritch, 1865. — *Life of the Marquis of Worcester.*

Les machines et les dessins de ces inventeurs ont été perdus, et Marcel n'a même pas laissé de description de son système. Il voulait que sa méthode ne fût publiée qu'après avoir été adoptée par le roi ; mais, à cette époque, Louis XIV était vieux et le mémoire de Marcel resta sans réponse. Dupuis, l'auteur de l'*Origine de tous les cultes*, présenta au ministre, en 1723, un projet de télégraphie alphabétique. Ce ne fut que dix ans plus tard qu'il en fit l'essai à Ménilmontant, pour correspondre de sa maison à celle d'un ami qu'il avait à Bagneux. Quand le télégraphe de Chappe fut présenté à l'Assemblée législative, en 1792, Dupuis, qui en était membre, abandonna son travail.

En 1783, Linguet avait proposé au ministère un moyen de transmettre, aux distances les plus éloignées, des nouvelles de quelque espèce et de quelque longueur qu'elles fussent, avec une rapidité presque égale à l'imagination. Ce projet, qui devait tirer Linguet de la Bastille, fut expérimenté devant des commissaires nommés par le ministre. Il ne fut pas adopté et aucune trace n'en est restée.

Monge paraît aussi avoir proposé, avant Chappe, un télégraphe à signaux qui fut installé sur le pavillon central des Tuileries, mais on ne s'en servit jamais.

Beaucoup de physiciens s'étaient donc occupés de l'art des signaux, avant que Chappe et ses frères introduisissent leur système de télégraphie optique en France. Presque tous ceux qui les avaient précédés s'étaient contentés de faire passer quelques mots entre deux stations, et c'est une des causes qui les avaient empêchés de réussir. Mais pour transmettre en peu de temps, et à de grandes distances, une certaine quantité de signaux, il faut évidemment multiplier les stations. Les frères Chappe, après avoir expérimenté entre eux un appareil rudimentaire de correspondance par signes, consistant en une règle en bois tournant sur un pivot, et portant à ses extrémités deux règles mobiles de moitié plus petites, s'occupèrent pendant un certain temps de faire des essais électriques pour la transmission des signaux.

Claude Chappe, le plus ingénieux des cinq frères, avait imaginé de correspondre (1) par le secours du synchronisme de deux pendules harmonisées, marquant électriquement les mêmes valeurs. Il plaça et isola des conducteurs à de certaines distances ; mais la difficulté de l'isolement, l'expansion latérale du fluide électrique dans un long conducteur, l'intensité qui eût été nécessaire et qui est subordonnée à l'état de l'atmosphère, lui firent regarder son projet de communication par l'électricité comme chimérique.

Il est curieux de noter que Claude Chappe ait tenu un moment entre ses mains cette électricité qui devait plus tard détrôner son système.

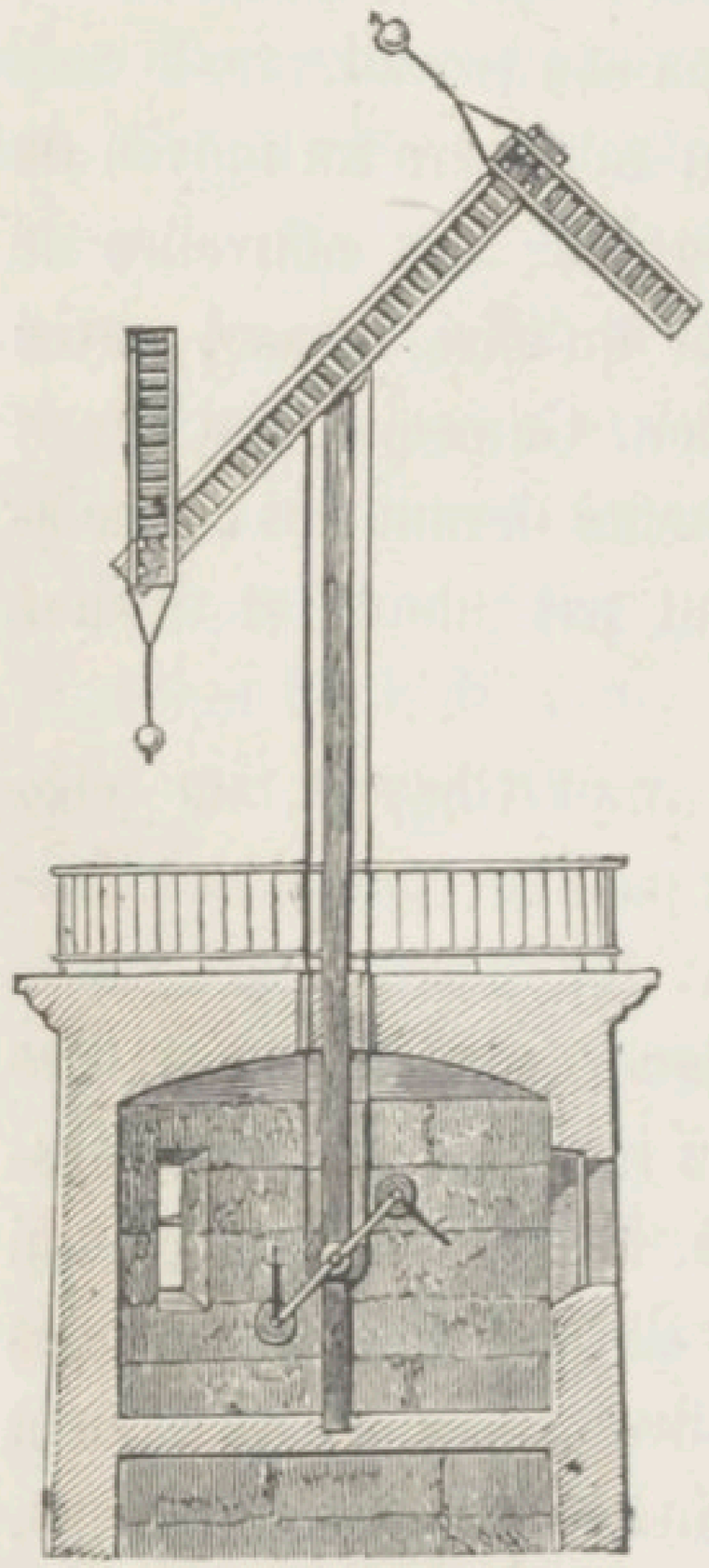


Fig. 1.

Quoi qu'il en soit, après de nombreuses péripéties, Claude Chappe avait fini par compléter un système de télégraphie visuelle, se répétant de stations en stations au moyen d'une machine composée de trois pièces, à sa partie supérieure, et dont chacune d'elles se meut séparément. La plus grande de ces pièces, qui est un parallélogramme très allongé, aux extrémités de laquelle sont ajoutées les deux autres, peut prendre quatre positions : devenir horizontale, verticale, être inclinée à gauche ou à droite, sur un angle de quarante-cinq degrés. Les pièces qui se meuvent sur ses extrémités, et que l'on nomme ailes, sont disposées de manière à prendre chacune sept positions, par rapport à la pièce principale, savoir : en formant soit au-dessus, soit au-dessous d'elle,

(1) Rapport de Lakanal à la Convention nationale en l'an II.

un angle de 45°, un angle droit, un angle obtus, et enfin en coïncidant avec elle. Les trois pièces forment de la sorte 196 figures différentes, qui doivent être considérées comme autant de signes simples, à chacun desquels on attache une valeur de convention. On conçoit qu'en plaçant ainsi dans une direction quelconque une suite de machines de cette espèce, dont chacune répète les mouvements de celle qui précède, on transmet au bout de cette ligne les figures faites à la première station, et par conséquent les idées qu'on y attache, sans que les agents intermédiaires en prennent connaissance; et, pour qu'on puisse s'assurer que le signal a été exactement donné au-dessus de la maisonnette, on a placé dans l'intérieur, à la partie inférieure des poteaux qui soutiennent le télégraphe, un répétiteur servant de manivelle, qui donne le mouvement, et prend simultanément, en le donnant, la figure que l'on veut tracer à la partie supérieure.

Tel est le système de Claude Chappe, qu'il fit heureusement prévaloir grâce à l'aide de son frère Ignace, nommé membre de l'Assemblée législative en octobre 1791. Aidé de son parent Delaunay, ancien consul de France à Lisbonne, il composa un vocabulaire secret de 9,999 mots, dans lequel chaque mot était représenté par un nombre. Ce furent ces résultats que Claude Chappe présenta, le 22 mars 1792, à la barre de l'Assemblée législative où il fut admis. Dans le discours qu'il fit à cette occasion, il ne demandait à l'Assemblée, en cas de réussite, qu'à être indemnisé des frais que son expérience pourrait occasionner.

L'examen de sa machine fut confié à un comité; mais ce ne fut que le 1er avril 1793 que le rapporteur de ce comité, Romme, conclut à l'adoption du système télégraphique de Claude Chappe. Romme terminait son rapport en demandant à l'Assemblée de voter les fonds nécessaires à l'établissement d'une première ligne d'essai. La Convention vota la faible somme de 6 000 francs, prescrivant en même temps au comité de nommer une commission sous les yeux de laquelle le nouvel appareil devrait fonctionner.

Les membres de cette commission étaient Arbogast, Daunou et Lakanal, et c'est à ce dernier que Claude Chappe dut de voir son télégraphe finalement adopté par la Convention. Une expérience faite le 12 juillet 1793 avait si admirablement prononcé en faveur de la perfection du système de Chappe, qu'aucune hésitation n'était plus permise. Lakanal, nommé rapporteur de la commission, produisit une impression profonde sur l'assemblée lorsqu'il lut son rapport devant elle, le 26 juillet 1793. Il concluait en proposant d'accorder à Claude Chappe le titre d'*ingénieur-télégraphe* avec les appointements d'un lieutenant du génie, et d'examiner quelles étaient les lignes de correspondance que le comité de salut public désirait établir dans l'intérêt de la République. La Convention convertit en décret les propositions de Lakanal. Adoptant officiellement le télégraphe de Chappe, elle ordonna au comité de salut public de faire établir une ligne de correspondance composée du nombre de postes nécessaires. Chappe, nommé *ngénieur-télégraphe*, reçut la paye de 5 livres 10 sous par jour, afin que sa position fût assimilée à celle de lieutenant du génie.

Le comité de salut public, comprenant que le télégraphe de Chappe devait permettre aux chefs d'armée de correspondre rapidement entre eux, décida que les télégraphes seraient surtout établis aux abords des villes assiégées, et que les lignes partiraient de l'extrémité des frontières, c'est-à-dire de Lille et de Landau, pour aboutir à Paris.

Cette ligne fut prête à fonctionner en fructidor an 2 (août 1794), et les circonstances dans lesquelles la première dépêche fut signalée à la Convention méritent d'être rapportées.

La ville de Condé venait d'être reprise sur les Autrichiens. Le jour même, c'est-à-dire le 1er septembre 1794, à midi, une dépêche partie de la tour Sainte-Catherine, à Lille, arrivait de station en station jusqu'au dôme du Louvre, à Paris, juste au moment où la Convention entrait en séance.

Carnot monta à la tribune, et d'une voix vibrante il annonça qu'il venait de recevoir par le télégraphe la nouvelle suivante :

» Condé est restitué à la République ; la reddition a eu lieu ce matin à six heures. »

Cette nouvelle fut accueillie par un tonnerre d'applaudissements, et il n'y eut qu'un cri en l'honneur de l'invention nouvelle, si brillamment inaugurée pour l'honneur et le salut de la patrie.

Le télégraphe aérien de Chappe subit diverses vicissitudes sous le Directoire et l'Empire. Cependant, sous ces gouvernements, comme sous celui de la Restauration, de nombreuses lignes furent établies en France ; mais Claude Chappe n'avait pas vu ces développements de sa chère invention. Dégoûté du peu de cas que l'empereur paraissait faire de son télégraphe, cruellement éprouvé, d'ailleurs, par une maladie chronique de la vessie, il s'abandonna au désespoir, et se coupa la gorge le 25 janvier 1805. Outre le monument typique qui lui a été élevé au Père-Lachaise, il existe dans la cour intérieure de l'administration des lignes télégraphiques, sise rue de Grenelle-Saint-Germain, et sous la haute tour des signaux d'où sont parties tant de dépêches historiques, il existe, disons-nous, un petit monument qui marque l'endroit où Claude Chappe commit son suicide.

Les frères de Claude, Ignace et René, furent nommés administrateurs, aux appointements de 8 000 francs par an. Ils durent se résigner à donner leur démission en 1830, lorsqu'une ordonnance royale du mois d'octobre eut nommé M. Marchal administrateur provisoire des télégraphes, et à dater de cette époque, jusqu'en 1848, la télégraphie aérienne subit un temps d'arrêt. M. Ferdinand Flocon fut nommé, à cette époque, administrateur des télégraphes, et remplacé en 1849 par M. Alphonse Foy, qui l'avait d'ailleurs précédé sous Louis-Philippe. Ce fut ce dernier qui eut l'honneur d'introduire la télégraphie électrique en France. Il imposa toutefois à M. Bréguet la construction d'un appareil français reproduisant les signaux du télégraphe aérien. Ce problème ardu fut résolu de la façon la plus élégante par M. Bréguet ; mais l'appareil à signaux devint bientôt uniquement alpha-

bétique, c'est-à-dire que les signaux du télégraphe aérien furent promptement réduits aux vingt-cinq lettres de l'alphabet, augmentées de chiffres et autres signaux qui se retrouvent dans tous les autres systèmes.

La télégraphie aérienne servit encore à nos troupes pendant la guerre de Crimée, et M. l'inspecteur Carette l'utilisa en cette occasion comme télégraphe de campagne. La télégraphie sous-marine, alors à peine âgée de deux ans, avait d'ailleurs été apportée en Crimée par les Anglais, qui avaient relié Varna à Balaclava par un fil de gutta-percha nu submergé dans la mer Noire, et qui dura environ six mois. La vieille et la nouvelle télégraphie se trouvaient donc en présence dans cette circonstance. La télégraphie aérienne avait fait son temps, et disparut complètement depuis.

Les nations européennes ont eu, elles aussi, des télégraphes aériens ou visuels qui, bien qu'inférieurs au système de Chappe, ont pu rendre des services importants aux communications lointaines. Il n'est pas nécessaire de relater ici ces inventions, qui sont similaires au télégraphe aérien.

Notre époque n'a pas abandonné la télégraphie visuelle. Des systèmes de communications optiques ont été récemment appliqués, surtout pendant les dernières guerres, et les tentatives faites par la télégraphie administrative française en 1870 ont permis des communications entre le Havre et Honfleur, après la rupture du câble sous-marin, et dans certains autres endroits, notamment entre Paris et ses forts détachés. Les Prussiens se servirent aussi de signaux verts et rouges pendant le siège de Belfort. Le comité d'initiative pour la défense nationale de Marseille proposa, en novembre 1870, au gouvernement de Tours, un système de signaux de nuit basé sur l'émission de rayons brefs ou longs permettant l'emploi du code Morse. Cette proposition fut étudiée à Tours par la commission spéciale nommée à cet effet. L'auteur avait en vue de communiquer de Paris au dehors par-dessus la première ligne d'investissement des armées prus-

Fig. 2. — Télégraphe aérien.

siennes. Cette première ligne ne dépassant pas alors un rayon d'environ quarante kilomètres, les communications eussent été possibles si l'on avait su se décider à temps. L'étendue considérable donnée à la seconde ligne d'investissement fit abandonner le projet par son auteur. Dans l'intervalle, M. Lissajous, parti de Paris en ballon avec un projet similaire, apportait à la province une preuve de l'entente qu'il eût été si facile d'établir. Il fit construire par M. Santi, l'habile opticien de Marseille, des appareils de télégraphie optique reposant sur les mêmes principes, mais qui sont restés sans emploi, du moins pendant la guerre. Ces appareils ont été repris depuis par la télégraphie militaire, et servent actuellement à notre armée.

L'administration des télégraphes militaires fait faire des expériences journalières à l'école militaire de Saumur, et chaque année on expérimente plus en grand, au camp de Saint-Maur; pour le présent, on a adopté le modèle présenté par M. le colonel

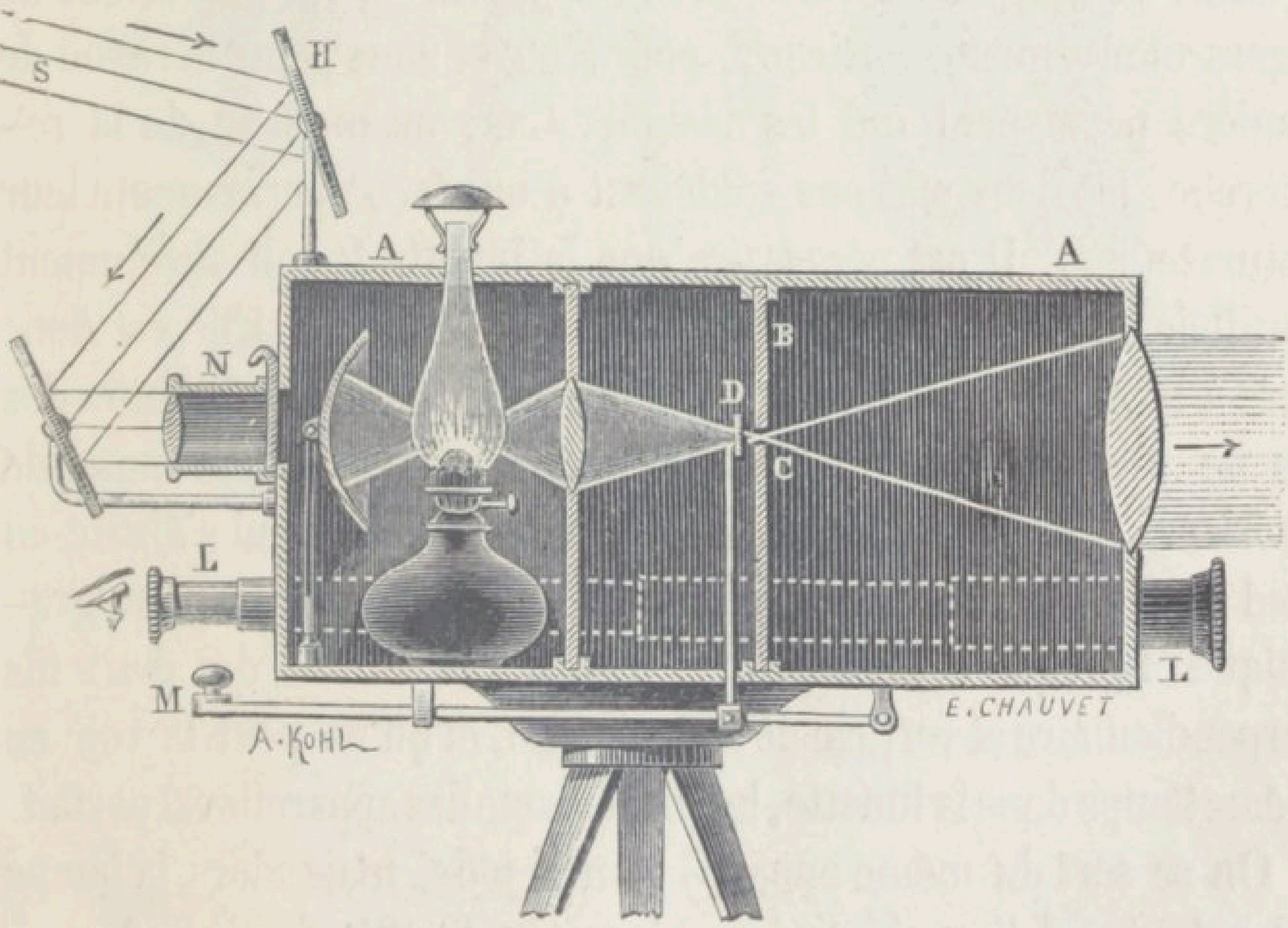


Fig. 3.

Mangin; en voici la description. Une boîte rectangulaire A est divisée en deux parties égales par le diaphragme B, qui est percé

d'un trou rond très petit en C. La partie antérieure de la caisse possède sur la face une lentille convexe. Suivant les cas, ces lentilles ont 0m.14, 0m.24 et 0m.35 de diamètre. Les deux premiers diamètres sont les plus usités. Devant le trou C est placé un obturateur D, pouvant se mouvoir sur un axe de façon à découvrir ou à obstruer l'orifice au moyen d'une manette à balancier aboutissant au dehors au manipulateur M. Il suffit de donner un petit coup à la manette sur la boîte pour que l'obturateur se soulève; il retombe ensuite en place par son propre poids. La seconde chambre de la caisse comprend une lampe et un réflecteur qui renvoie vers elle les rayons de lumière qui se trouveraient autrement perdus. On comprend aisément le jeu de l'appareil de nuit: il suffit, en effet, d'imprimer à la manette des mouvements longs ou brefs pour émettre des éclats longs et brefs reproduisant les traits et les points du code Morse. Une lunette L, placée à l'extérieur de la boîte sert à la recherche de la station correspondante. Il suffit de balayer l'horizon avec l'appareil, en lui imprimant de légers mouvements verticaux, pour trouver sans peine le rayon de lumière permanent qui les désigne. Car, au moment de la recherche, les deux stations soulèvent d'une façon permanente leur obturateur D. Il est nécessaire que la lunette L soit absolument parallèle au rayon de lumière émis par la lampe. Elle est donc fixée à la caisse d'une façon permanente, et possède d'ailleurs des vis de rappel qui permettent, en fixant un point quelconque de l'horizon, d'en obtenir l'image sur un verre dépoli qui s'ajuste au fond de la seconde chambre comme dans un appareil photographique. Lorsque cette image se trouve à la croisée des deux fils perpendiculaire et vertical de cette plaque, et qu'on peut la voir en même temps dans la lunette, le parallélisme des appareils est parfait.

On se sert du même appareil pour le jour, mais alors la lampe est enlevée, et l'on ajuste à sa place une lentille destinée à concentrer les rayons du soleil au foyer même de la lampe. Dans les appareils dont la lentille de face a 0m.14 de diamètre, deux petits miroirs plans, qui s'ajustent à la main, dirigent convenablement

Fig. 4.

à sa place la lumière solaire. Le mouvement solaire diurne nécessite dans ce cas une modification du plan des miroirs; mais ici elle se fait de cinq en cinq minutes, au moyen d'une légère rectification qu'on opère facilement avec la main. Dans les appareils plus grands, un héliostat fixe, situé sur la partie supérieure de la caisse, et muni d'un appareil d'horlogerie qui permet au miroir de suivre le mouvement apparent du soleil, dirige également la lumière solaire à son foyer principal. Dans les temps sombres, on peut très bien communiquer de jour avec l'appareil de nuit, la lampe à pétrole suffisant à donner des signaux perceptibles, même à la distance de 20 kilomètres.

On a essayé de nombreux appareils au camp de Saint-Maur. Un, entre autres, à lumière polarisée, dont les signaux sont produits par la polarisation de la lumière chaque fois qu'un prisme est introduit dans le rayon par la station correspondante. Il en résulte que le jet permanent de lumière, restant toujours fixe, ne permet pas aux étrangers qui le perçoivent de saisir les signaux.

Un système italien à feux vert et rouge a aussi été essayé avec succès. Là encore le rayon de lumière fixe n'est pas éclipsé, mais bien coloré par l'introduction dans le faisceau lumineux des lentilles verte ou rouge, que l'opérateur tient à la main et manœuvre comme des baguettes de tambour.

Enfin, M. Mercadier a produit un appareil dans lequel la combustion de la lampe est considérablement activée par un jet d'oxygène. Un appareil de ce genre, inventé par M. Walker, existe depuis longtemps en Angleterre; on le construit à Silvertown, et il comprend même l'appareil nécessaire à la production de l'oxygène en campagne.

Dans tous ces systèmes, la vitesse des transmissions s'élève de 12 à 15 mots par minute et peut être portée à 20 mots par des employés expérimentés.

On avait manifesté la crainte que l'impression des signaux visuels sur la rétine imposât une grande lenteur de transmission : c'est là une appréhension dont la pratique a démontré

l'erreur. Le collage qui se produit quelquefois dans les signaux n'est dû qu'à une mauvaise manipulation. De même qu'un employé qui transmet au Morse, sur un câble un peu long, doit être parfaitement pénétré des effets produits sur la ligne par l'émission des courants et régler sa manipulation en conséquence, de même aussi l'opérateur du Morse visuel doit espacer ses signaux de manière à les rendre très nets à la vision. A cet égard, la manette de l'appareil du colonel Mangin nous semble mal construite, et pourrait être aisément modifiée de manière à présenter absolument la forme et les effets de la clef Morse ordinaire.

L'héliographe inventé par M. Leseurre, inspecteur des lignes télégraphiques, a été utilisé pour la première fois en Algérie.

Le maréchal Vaillant a exposé cet appareil devant l'Académie des sciences (Comptes rendus, séance du 16 juin 1856). M. Leseurre a d'ailleurs décrit lui-même son appareil dans le numéro d'octobre 1855 des Annales télégraphiques. M. Leseurre, qui mourut malheureusement en 1864 (1), à Pau, âgé seulement de trente-six ans, avait surtout en vue l'établissement de télégraphes dans le sud de l'Algérie, où il n'était guère possible alors de construire des lignes électriques ou même des télégraphes aériens.

Le soleil, dont la continuelle présence créait, dans le sud de l'Algérie, un sol exceptionnel, inaccessible aux procédés télégraphiques ordinaires, offrait aussi une source de signaux exceptionnelle, plus puissante que les moyens aériens du système Chappe. Des miroirs, empruntant au soleil sa lumière, peuvent lancer des éclairs qui, convenablement dirigés, forment et peuvent même écrire des signaux.

La puissance de cette source de signaux est sans autre limite que la rotondité de la terre et l'absorption de lumière qui se produit par les couches atmosphériques du sol.

(1) Jules Leseurre fut admis à l'École Polytechnique en 1848, et entra en 1851 dans l'Administration des lignes télégraphiques. Il contracta en Algérie les germes du mal mortel auquel il succomba en février 1864.

Mais pour qne son emploi soit réellement utile, il faut qu'un appareil simple, d'une manœuvre sûre et rapide, permette à des hommes d'une intelligence ordinaire de renvoyer la lumière exactement dans une direction donnée.

M. Leseurre avait résolu ce problème d'une façon très élégante. La figure ci-jointe donne une idée de son appareil, que

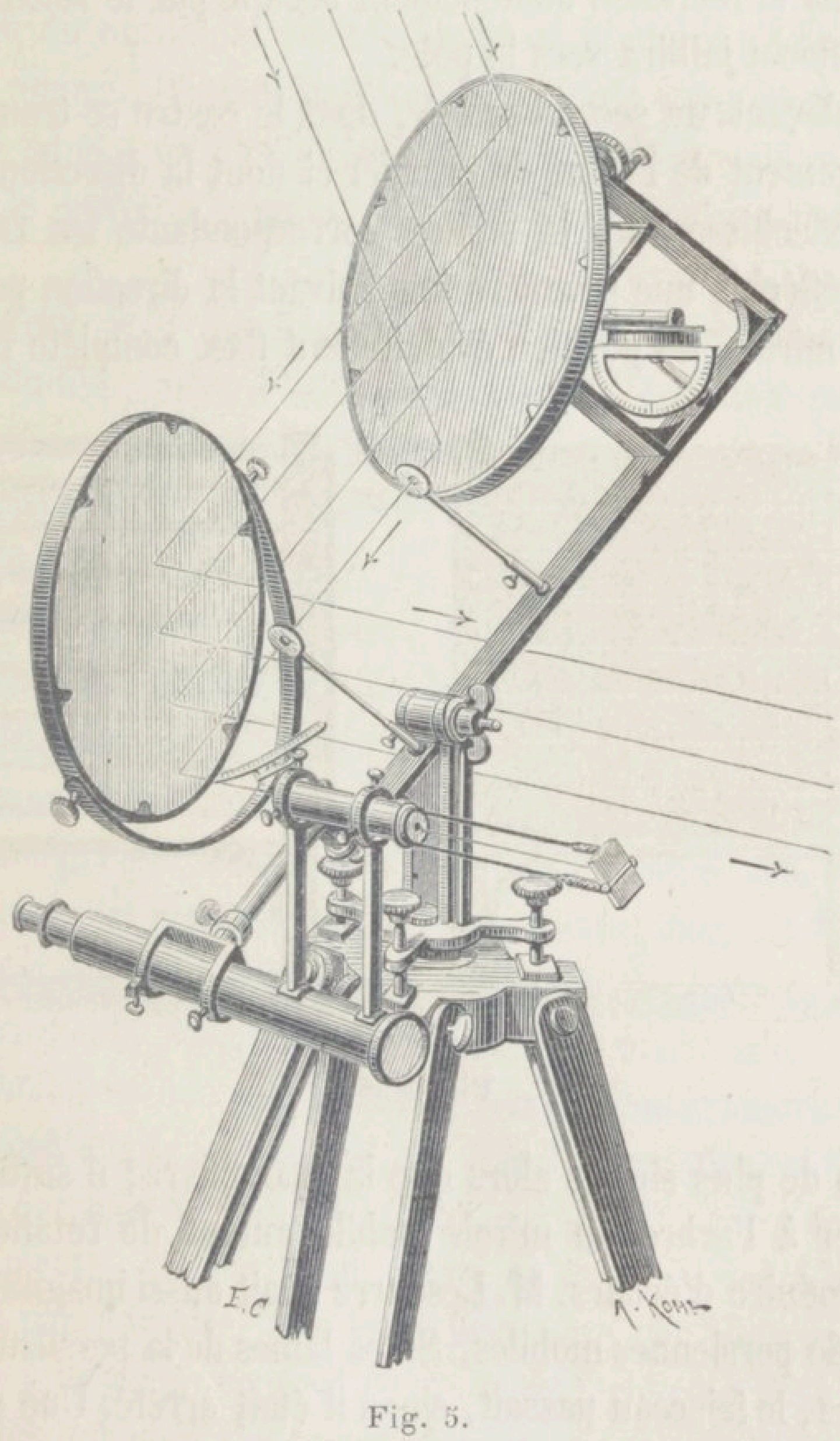


Fig. 5.

nous allons, d'ailleurs, décrire. Afin de pouvoir correspondre auss bien aux premières et aux dernières heures du jour qu'en plein

midi, M. Leseurre, se rappelant que le soleil, dans son mouvement diurne, décrit un cercle autour de l'axe polaire, avait placé, dans la direction polaire, un axe portant un miroir dont la normale faisait avec cet axe un angle égal à la moitié de la distance du soleil au pôle. En faisant tourner cet axe sur ses coussinets, chaque fois que, dans ce mouvement, la normale du miroir passera dans le méridien actuellement occupé par le soleil, le faisceau réfléchi jaillira vers le pôle.

En plaçant un second miroir, dont le centre se trouve sur le prolongement de l'arbre du premier et dont la direction soit telle qu'il réfléchisse vers la station correspondante les rayons solaires réfléchis une première fois suivant la direction polaire, ce second miroir, de position évidemment fixe, complète l'appareil.

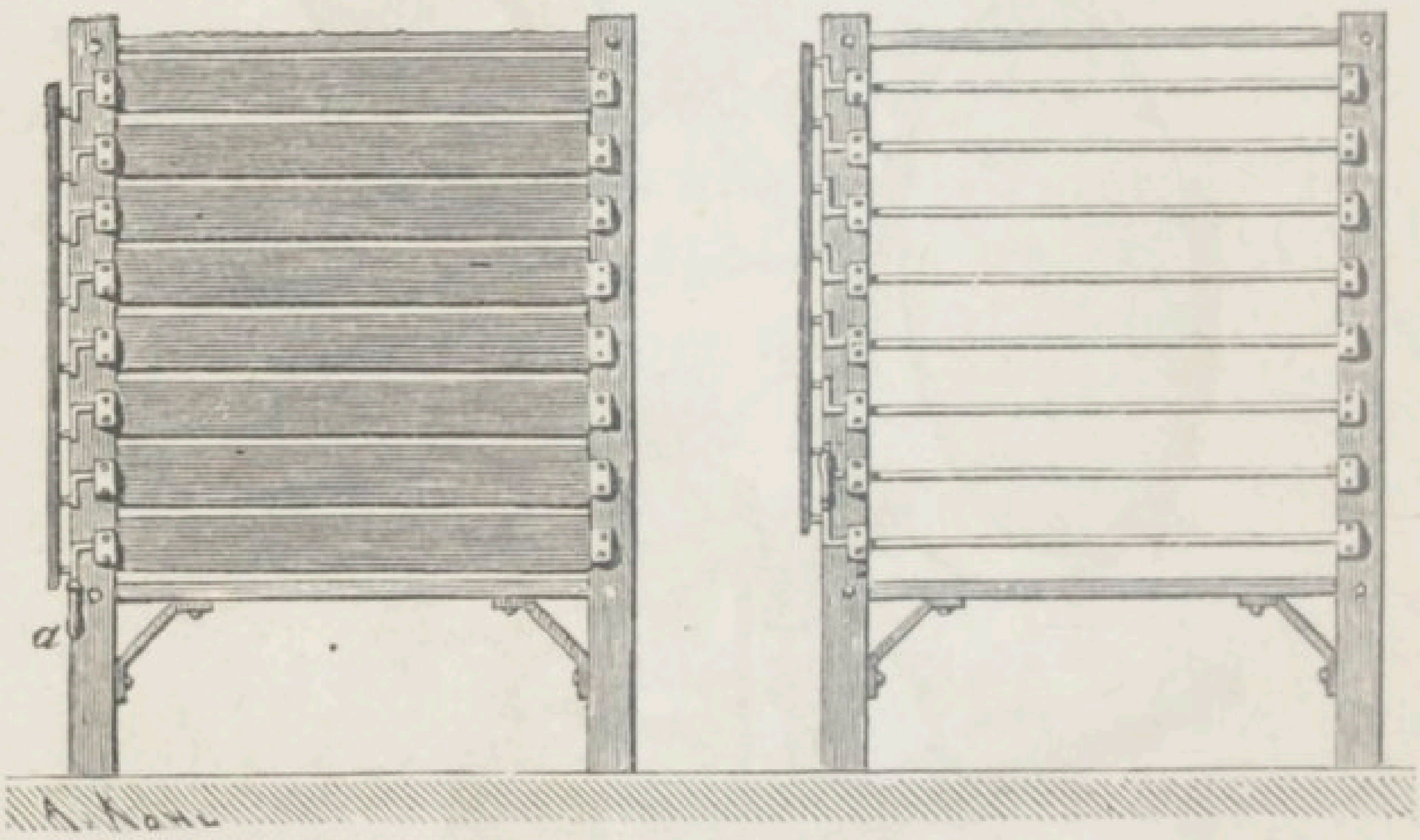


Fig. 5 bis.

Rien de plus simple alors que la manœuvre; il suffit de faire exécuter à l'arbre du miroir mobile autant de rotations qu'on veut produire d'éclairs. M. Leseurre avait aussi imaginé un écran formé de persiennes mobiles. Si les lames de la persienne étaient ouvertes, le faisceau passait, sinon il était arrêté. Une manette *a* manœuvrait l'ensemble des lames.

Quant à la masse de lumière réfléchie, elle ne change pas pendant la journée, puisque l'inclinaison du miroir tournant sur

le rayon réfléchi reste constante et égale. Mais comme la déclinaison solaire varie chaque jour, M. Leseurre avait disposé, en avant du miroir tournant, une lunette dont l'axe optique était bien parallèle à celui du miroir. En observant les rayons réfléchis à l'aide de cette lunette, on s'assure que le centre de l'image solaire vient se placer sur le point de croisée des fils. Le réglage est facilité par l'addition, dans le réticule, de deux fils parallèles à l'essieu du miroir, et distants du point de croisée d'un rayon de l'image solaire. On reconnaît, en effet, très simplement qu'aux environs de la position d'éclair, le soleil réfléchi paraît décrire, lorsque le miroir se meut, une bande parallèle à l'essieu du miroir.

L'appareil de M. Leseurre n'a pas fonctionné en Algérie d'une façon définitive, mais il fut essayé, avec des résultats parfaits, à l'Observatoire de Paris, en présence du directeur de cet établissement, du ministre de la guerre et du directeur général des lignes télégraphiques.

L'appareil pouvait enregistrer les signaux Chappe, au moyen de conventions, aussi bien que les émissions longues et brèves qui constituent l'alphabet Morse.

Reprenant l'idée de Leseurre, M. Henri C. Mance, électricien du télégraphe sous-marin du golfe Persique, est parvenu à faire adopter aux armées anglaises combattant dans l'Afghanistan un système similaire qui paraît avoir rendu d'excellents services.

L'instrument, posé sur un trépied léger mais solide, consiste en un plateau mobile susceptible de mouvements rapides ou lents qui lui sont communiqués par un écrou tangentiel. Un miroir, supporté par une tige aboutissant à un arc de demi-cercle sur lequel il pivote, est percé au centre de façon à viser l'avant de l'appareil par l'arrière. Sur le plateau, une clef Morse ordinaire est reliée à la partie supérieure du miroir concentrique par une tige d'acier qui peut s'allonger ou se raccourcir à volonté et qui est destinée à communiquer ses mouvements au miroir. L'appareil peut d'ailleurs être réglé suivant les mouvements du so-

leil et l'endroit vers lequel on désire diriger les signaux. Le levier de la clef Morse change l'inclinaison du miroir, de façon à lancer les rayons solaires réfléchis sur un point donné. Le miroir peut, d'ailleurs, être mû à la main et ramené ainsi à sa position correcte ou approximativement. La révolution complète du miroir sert, comme dans le système de Leseurre, à balayer l'horizon d'un faisceau de lumière solaire qui attire l'attention de la station correspondante.

A environ quatre mètres en avant de l'appareil, se trouve une mire servant de repère entre le centre de l'héliographe et la station correspondante. Sur cette mire se trouvent deux haussières

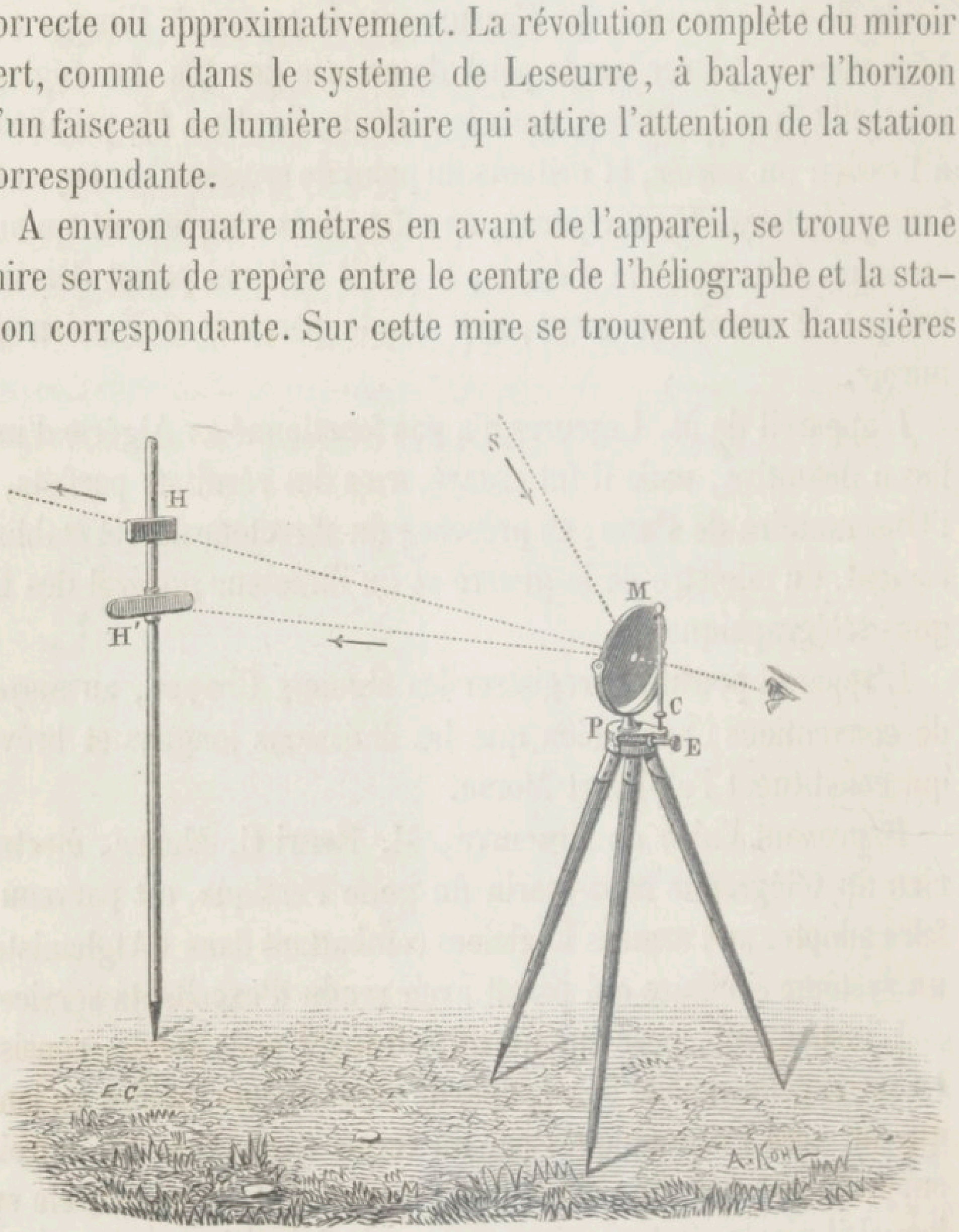


Fig. 6,

dont l'une est élevée ou abaissée, jusqu'à ce que le miroir et la station correspondante se trouvent en ligne avec elle. La seconde porte une traverse en bois, d'environ un pied de long, placée à

angle droit avec la mire. Quand l'appareil est au repos, c'est sur cette pièce de bois que vient se porter le rayon de soleil réfléchi par le mirroir. Mais aussitôt que la clef Morse est mise en mouvement, ce rayon est transporté sur la haussière supérieure placée dans la ligne de communication. L'employé qui transmet, en voyant la haussière supérieure s'éclairer chaque fois qu'il presse la clef, peut être sûr que ses signaux parviennent exactement à la station correspondante. Les signaux de cet appareil ont pu être perçus à 50 milles de distance, en Angleterre; aux Indes et dans les climats similaires ils se perçoivent à 70 et 100 milles anglais de distance, et la rotondité de la terre paraît être le seul obstacle à leur portée. Les modifications à apporter à la direction du miroir, par suite du mouvement diurne du soleil, peuvent s'opérer pendant la transmission même au moyen d'ajustements spéciaux.

On remarquera que la haussière supérieure oblitère les rayons lumineux à la station correspondante, lorsque la clef Morse est pressée. Le système transmet donc ses signaux par oblitération, c'est-à-dire que les rayons solaires réfléchis par le miroir indiquent constamment à la station correspondante la position du poste opposé, mais que du moment où cette lumière disparaît, c'est parce que l'on transmet. C'est à peu près là toute la nouveauté du système; l'application de la clef Morse à un système de correspondance lumineux date de plus loin, et avait été pratiquée, dès 1863, par la flotte chargée de la pose des câbles sous-marins du golfe Persique. MM. Lissajous et Ternant avaient, d'ailleurs, proposé des systèmes de télégraphie optique à lumière mise en évidence par une clef Morse, en 1870, et l'application que M. Henri C. Mance en a faite à son système date au plus tôt de 1877 (1).

L'appareil héliographique de M. Mance ne pèse que six livres anglaises et peut être transporté par un soldat. Il a l'avantage de pouvoir servir entre une avant-garde et un corps d'armée, et il a remplacé, dans le Zoulouland et l'Afghanistan, les signaux

(1) Expédition Jowaki-Affridi.

à drapeau de l'armée anglaise entre les corps détachés. Il a été utilisé partout où le télégraphe électrique n'a pu être employé, et, bien qu'il ait parfois fait défaut par suite de l'absence du soleil, il a pu souvent servir, même sous un ciel nuageux, à de petites distances.

Sir W. Thomson a récemment examiné, dans une conférence faite à la « Ship-Master's Society », les divers genres de signaux lumineux actuellement en usage pour permettre de distinguer les phares.

Il a émis l'opinion que, ni les feux tournants de durée déterminée, ni les feux à éclats séparés par intervalles de trois à quatre minutes, n'étaient suffisants pour assurer la sécurité des navires, et qu'il en était de même des feux colorés.

Pour vaincre la difficulté, sir W. Thomson propose d'employer un système d'éclipses lumineuses produites par des écrans tournants ou un appareil mécanique à extinctions intermittentes. Le système serait basé sur l'alphabet Morse, et chaque phare serait représenté par une lettre. L'éminent physicien a d'ailleurs cité, à l'appui de sa thèse, les bons résultats obtenus avec ce système, depuis trois ans, au phare de « Holly Wood Bank », sur le banc de Belfast, où les signaux consistent en deux courtes éclipses suivies d'une longue, et sont produits à l'aide d'un anneau de cuivre tournant qui porte une série d'écrans et qui est mis en mouvement par un engrenage.

En effet, ce système paraît très rationnel : un phare, qui enverrait ainsi des signaux intermittents formant, par exemple, la première ou les deux premières lettres de son nom d'après l'alphabet Morse, serait immédiatement reconnu par tout marin qui sait déjà à l'avance à peu près dans quelle région il se trouve ; et l'on pourrait former ainsi aisément un code international de signaux dont l'utilité paraît évidente pour la sécurité de la navigation.

En un mot, c'est là un système qui s'impose et qui ne peut tarder à être adopté, d'autant plus que son adaptation aux phares

existants n'offre aucune difficulté et ne peut causer qu'un supplément de dépenses insignifiant.

Il en sera de même, sans doute, dans la marine. On finira évidemment par établir la lumière électrique sur tous les bâtiments où se trouve une machine à vapeur, et l'emploi de signaux intermittents dans le système Morse, pour caractériser chaque navire et sa nationalité, paraît devoir présenter une grande utilité, soit pour les manœuvres en escadre, soit pour les correspondances à distance dans les ports, soit enfin pour éviter les collisions terribles qui ne sont encore que trop fréquentes.

Ainsi donc, soit en télégraphie, soit dans le service des phares, soit dans la marine, l'emploi de signaux lumineux intermittents paraît indispensable, et la production de ces signaux à l'aide d'écrans mobiles, comme on le fait actuellement dans la télégraphie militaire, peut s'effectuer sans peine et sans inconvénients pratiques.

CHAPITRE II

TÉLÉGRAPHIE ACOUSTIQUE.

Système des anciens. — Tubes acoustiques. — Télégraphe à ficelle. — Téléphones. — Compagnies téléphoniques.

Et j'entendis. . . . . .
. . . . . .
Me parler à l'oreille une voix, dont mes yeux
Ne voyaient pas la bouche.
V. Hugo.

L'historien Diodore rapporte qu'un roi de Perse communiquait de Suze à Athènes par la voix des sentinelles qu'il avait placées de distance en distance. Les dépêches parcouraient en un jour trente journées de marche.

Kircher en 1550 et Schwenter en 1636, ont fait des traités sur les signes auriculaires, et proposaient de traduire en notes de musique les lettres de l'alphabet.

Bernouilli raconte, dans ses *Voyages*, qu'il a vu à Berlin un instrument formé de cinq cloches, pouvant exprimer toutes les lettres de l'alphabet.

On raconte aussi qu'Alexandre le Grand avait trouvé le moyen de se faire entendre par toute son armée, à quatre lieues de distance, au moyen d'un porte-voix (*tuba stentorophonica*). La figure de cet appareil aurait été conservée au Vatican.

Le chevalier de Morland avait inventé des trompettes parlantes donnant au son beaucoup d'intensité. Une d'elles fut présentée au roi d'Angleterre, en 1670, qui permit l'audition de paroles prononcées à un mille et demi de distance, malgré le vent contraire. Deux ou trois autres de ces trompes avaient été per-

fectionnées à ce point par Morland, que le gouverneur de Deale écrivit au ministre de la marine que l'on pouvait s'entendre avec des bâtiments situés à trois milles anglais du rivage. Morland n'a laissé que des descriptions incomplètes de ses trompes acoustiques. Il établit pourtant que les tuyaux doivent être élargis graduellement et le son augmente en avançant vers l'extrémité du tube.

Dom Gantey a fait, en 1782, des essais sur la propagation du son avec les tuyaux qui conduisent l'eau de la pompe de Chaillot, et il assurait qu'avec trois cents tuyaux de mille toises chacun, on ferait passer, en cinquante minutes, les dépêches à cent cinquante lieues.

Dom Gantey, fit paraître, en 1783, un prospectus imprimé à Philadelphie, dans lequel on voit qu'il avait proposé à l'Académie des sciences deux moyens absolument nouveaux « pour » faire parvenir une dépêche avec la plus grande célérité. »

Ces deux découvertes furent soumises à l'examen de l'Académie des sciences, et MM. de Condorcet et de Milly, commissaires nommés pour les examiner, insérèrent dans leur Rapport du 15 juin 1782, sur la première découverte, que le moyen présenté leur avait paru praticable, ingénieux et nouveau ; « qu'il » n'avait aucune analogie avec les moyens connus, et qu'on » pouvait donner, par ce moyen, un signal à trente lieues en » quelques secondes, sans stations intermédiaires ; que l'appareil » ne serait ni cher, ni incommode ; qu'ils avaient mis au bas du » *Mémoire* de dom Gantey les raisons de leur opinion sur la pos- » sibilité de ce moyen dont l'auteur voulait garder le secret. » Ce secret a été, en effet, enfermé sous un cachet, sous lequel il repose sans doute encore dans les archives de l'Académie des Sciences.

Les mêmes commissaires furent nommés pour faire un Rapport sur le second moyen ; mais Gantey les pria d'en suspendre l'examen jusqu'à ce qu'il se fût procuré l'argent nécessaire pour faire des expériences en leur présence. Il ouvrit une souscrip-

tion, qui fut insuffisante pour subvenir aux frais que devait occasionner l'épreuve qu'il voulait faire, et le Rapport ne fut pas présenté.

M. Biot s'est occupé de quelques-unes des recherches que dom Gantey se proposait de faire. Il a lu à l'Académie des sciences un *Mémoire*, qui contient le récit de plusieurs belles expériences sur la propagation du son à travers les corps solides et à travers l'air dans des tuyaux très allongés. Il y fait connaître que la propagation du son est plus rapide à travers les corps opaques qu'à travers l'air, et il apprécie la différence de cette vitesse avec une sagacité et une précision qui prouvent combien nos modernes physiciens mettent de soin et d'exactitude dans leurs observations.

Le son peut rendre de très grands services à la télégraphie. C'est un fait bien connu des agents du télégraphe, que le bruit de la clef Morse ou de l'appareil de réception permet la lecture des dépêches en cours de transmission par l'effet seul de l'audition. Il y a même là un moyen de contrôle et de surveillance pour les chefs des bureaux télégraphiques qui ne le négligent pas. M. Neale, électricien de la Compagnie des chemins de fer du North Staffordshire, perfectionnant les appareils américains, qui tous permettent la lecture au son, a récemment inventé un appareil télégraphique, à l'usage des chemins de fer, dans lequel l'audition de la dépêche se trouve ainsi substituée à la lecture. Il s'est naturellement préoccupé de renforcer et de rendre plus net le son produit. A cet effet, il a transmis le mouvement à une lame de fer qui vient frapper d'un côté une pointe métallique, et de l'autre côté un pivot en bois, donnant lieu ainsi à deux sons distincts. Le tout est renfermé dans une caisse qui renforce le son. Un employé, placé en un point quelconque du bureau où se trouve l'appareil, écrit la dépêche à mesure qu'il l'entend, et cela sans même lever les yeux sur l'instrument. Le signal d'appel peut être entendu de l'extérieur du bureau, les portes étant fermées, ce qui dispense de l'emploi d'une sonnerie

d'appel et présente des avantages marqués pour les petites stations.

Tous les moyens imaginés par les hommes pour correspondre au moyen de la transmission du son n'ont pas été mis en pratique. Il existe un petit appareil, le *Téléphone à ficelle*, que le physicien Robert Hooke paraît avoir imaginé dès 1667.

Il dit à ce propos : « En employant un fil tendu, j'ai pu » transmettre instantanément le son à une grande distance et » avec une vitesse aussi rapide que celle de la lumière, du » moins incomparablement plus grande que celle du son dans » l'air. Cette transmission peut être effectuée non-seulement » avec le fil tendu en ligne droite, mais encore quand ce fil » présente plusieurs coudes. »

Cet appareil simple pouvait rendre de grands services à l'humanité, depuis l'époque de son invention ; il n'a servi que de jouet aux enfants et de moyen de correspondance aux amoureux, et encore n'est-ce que tout récemment qu'on l'a mis en usage en Europe. Il paraît toutefois avoir été utilisé même par des peuples sans grande civilisation, et on en retrouve la trace parmi les sauvages de l'Amérique et dans l'extrême Orient.

Nous en avons vu faire, dans les Pyrénées, une application qui mérite d'être rapportée. Deux chasseurs à l'isard, éloignés l'un de l'autre par une élévation à pic, étaient à l'affût et communiquaient entre eux au moyen d'un téléphone à ficelle, dont le fil conducteur avait environ 120 mètres. Le guetteur placé en bas pouvait aisément surveiller les isards sans éveiller leur défiance, et communiquait leurs mouvements à son correspondant jusqu'à ce qu'il pût lui indiquer le moment où sa proie serait à sa portée. Il paraîtrait que ces montagnards se servaient du téléphone à ficelle depuis le jour où, l'ayant vu en opération à Tarbes, l'idée leur était venue de l'appliquer à leur chasse.

Le téléphone à ficelle a-t-il donné l'idée du téléphone électromagnétique ? cela est incertain, et ce n'est qu'en 1854 que M. Bourseul pensa que la parole pourrait être transmise électri-

quement. Mais avant d'aborder le téléphone, il nous revient que, depuis longtemps, les employés du télégraphe chargés de la construction et de la réparation des lignes, peuvent correspondre entre eux, à distance, au moyen des poteaux plantés sur la voie. En frappant, un de ces poteaux avec une pierre et en espaçant les coups de façon à reproduire les signaux du Morse, il nous a été souvent permis de transmettre des ordres à des distances de plusieurs kilomètres.

C'est un fait bien connu des surveillants du télégraphe ; et les poteaux étant fréquemment accessibles à nos lecteurs, ils pourront aisément se procurer ce moyen de correspondre. Les vibrations sonores se propagent à la vitesse d'environ 5127 mètres par seconde dans le fil de fer qui sert à la construction des lignes télégraphiques, tandis qu'elles se traînent misérablement à une vitesse de 333 mètres par seconde dans l'air.

Les tuyaux acoustiques, tels qu'on les emploie dans presque tous les grands établissements, sont à proprement parler des téléphones. On les construit généralement en métal, et, lorsque les distances ne sont pas très grandes, la voix se porte d'une extrémité à l'autre avec toutes ses inflexions et ses nuances. On peut toujours distinguer et reconnaître la voix des personnes qu'on a déjà fréquemment entendues.

Le diamètre des tuyaux est ordinairement de 3 centimètres pour les longueurs moyennes ; mais à mesure que la longueur augmente ou que les coudes se multiplient, la voix s'entend moins bien. De plus, par les tassements continuels des maisons, les tubes subissent des déplacements, des disjonctions, et souvent, au bout d'un certain temps, ils ne laissent plus rien entendre.

En augmentant le diamètre des tubes avec la longueur, on rend la communication possible à grande distance, mais il y a dès lors une question de dépense à considérer.

M. Casanova a établi, pendant le siège de Paris, un tuyau acoustique de 600 mètres entre l'avancée de Billancourt et la porte de Versailles (fortifications de Paris). C'était un tuyau de

laiton enterré dans le sol ; les ordres se transmettaient sur le ton ordinaire de la conversation, tout à fait comme si les deux correspondants avaient été en présence l'un de l'autre. Nous ne savons malheureusement pas quel était le diamètre de ce tube (1).

En général, un porte-voix ne peut être entendu que par un seul auditeur qui applique son oreille au cornet par lequel se termine le tube acoustique.

M. Niaudet, dans son ouvrage intitulé : *Téléphones et Phonographes*, auquel nous faisons de nombreux emprunts, rapporte avoir vu, dans son enfance, de grands entonnoirs de 30 centimètres à leur grand diamètre, servant d'embouchures à des porte-voix établis chez M. Bréguet ; ces entonnoirs étaient attachés au plafond d'une pièce, dans toute laquelle on pouvait entendre les sons amenés par le tuyau. Quand on voulait répondre, on n'avait qu'à se tourner dans la direction de cette embouchure et à parler plus ou moins haut suivant les cas. Dans la journée, les bruits extérieurs rendaient cet appareil quelque peu confus ; mais, dans le silence de la nuit, le moindre bruit fait dans la pièce en question était reçu à l'autre bout du porte-voix ; celui des pages d'un livre tournées, celui de la plume grinçant sur le papier, étaient entendus.

On voit par là qu'il faut se défier des porte-voix, car ils permettent souvent à une personne indiscrète d'entendre ce qui se dit dans une pièce où ils aboutissent.

Les porte-voix sont toujours accompagnés d'un sifflet avertisseur qui permet d'appeler le correspondant. Presque toutes les combinaisons télégraphiques doivent être complétées par un système d'appel préalable. Les télégraphes optiques seuls n'ont pas ce moyen d'avertissement préliminaire, et demandent par conséquent une attention soutenue sur le point d'où partent les signaux.

Les téléphones électriques ont été décrits magistralement par

(1) A. Niaudet : *Téléphones et Phonographes.*

M. le comte Dumoncel, dans son ouvrage intitulé : *le Téléphone* (1), et par M. Alfred Niaudet dans son livre : *Téléphones et Phonographes*. Nous ne voulons pas récapituler ici ces ouvrages ; il nous suffira d'exposer le principe des appareils téléphoniques, et de décrire les systèmes pratiques employés dès à présent par les compagnies des téléphones, à New-York, Londres et Paris.

Comme historique, c'est en 1844 que Page découvrit qu'un son musical accompagne toujours le changement des forces magnétiques, dans une barre d'acier balancée ou suspendue de manière à pouvoir rendre des vibrations acoustiques.

En 1861, M. Phil. Reis de Friedrichsdorf, près de Hombourg, découvrit qu'un diaphragme vibrant peut être mis en mouvement par la voix humaine de manière à transmettre à distance, par un électro-aimant, le rythme et la hauteur des sons vocaux.

En 1874, Elisha Gray inventa une méthode de transmission électrique au moyen de laquelle l'intensité des sons, aussi bien que leur hauteur et leur rythme, pouvaient être reproduits à distance. Il conçut plus tard l'idée de contrôler la formation des ondes électriques au moyen des vibrations d'un diaphragme susceptible de se prêter à toutes les modifications de la voix humaine. Il résolut ainsi le problème de la transmission et de la reproduction de la parole articulée par un conducteur électrique.

En 1876, le professeur A.-G. Bell inventa la forme du téléphone si connu, dans lequel la transmission et la reproduction de la voix articulée se forment au moyen de courants magnéto-électriques superposés. Dans la même année, Dolbear conçut l'idée de substituer des aimants permanents aux électro-aimants et aux piles précédemment employés, et d'utiliser le même appareil pour la transmission et l'audition des sons au lieu de deux instruments de construction différente.

En 1877, Edison appliqua au téléphone la découverte qu'il

(1) *Bibliothèque des Merveilles*. Paris. Hachette et Cie. 3e édition.

avait faite, quelques années avant, de la variation de résistance qu'éprouvent le charbon et autres conducteurs inférieurs lorsqu'on les soumet à un changement de pression. Par ce moyen, il put non seulement varier la force du courant de pile en unisson avec l'élévation ou l'abaissement des émissions vocales, mais aussi obtenir une articulation plus distincte et plus élevée.

Depuis, MM. Gower, Pollard, Hughes, A. Bréguet, Crossley, Paul Lacour, Preece, Blake, et tant d'autres, ont contribué au développement de cette invention que sir William Thomson n'a pas hésité à appeler la *merveille des merveilles*.

Dans ce petit instrument, à peine plus gros que le cornet d'un porte-voix ordinaire, l'interlocuteur parle à son correspondant en faisant vibrer une plaque de fer solide. Cette voix opérant sur l'électro-aimant engendre un courant d'électricité qui, parcourant la ligne jusqu'à la station correspondante, excite le magnétisme d'un aimant fixé dans le circuit, et met en vibration une plaque de fer semblable à celle contre laquelle on parle. Cette plaque parle à celui qui écoute, elle parle si nettement que si trois personnes parlent ou chantent ensemble à un bout, chacune de leurs voix peut être distinguée à l'autre extrémité, et l'on peut les entendre comme si elles étaient présentes. N'est-ce pas là le couronnement de l'édifice? et n'est-on pas forcé d'admirer le génie des inventeurs qui nous permet de parler ainsi à un ami, malgré des distances considérables, et d'entendre le son d'une voix familière ou les accents aimés d'une personne avec laquelle nous pouvons désormais nous entretenir en dépit de l'éloignement?

Et pourtant que ne devons-nous pas attendre encore du télégraphe et des applications de la physique, et surtout de l'électricité, ce merveilleux agent dont la nature entière est imprégnée? Si, au lieu de plaisanter Charles Bourseul, en 1854, alors qu'il démontrait la possibilité d'un moyen de correspondance aujourd'hui réalisé, on eût encouragé ce jeune inventeur, dont l'idée fût appliquée par Reis cinq ans à peine plus tard, nous devrions

sans doute à un Français l'invention du téléphone. L'avenir nous apportera bien d'autres surprises auxquelles nous sommes d'ailleurs préparés. Déjà l'électro-motographe ou motophone d'Edison, mettant en jeu une force supplémentaire au moyen d'artifices convenables, amplifie le son de la voix humaine et augmente son intensité de manière à la rendre perceptible à toute une audience.

Les compagnies de téléphones n'en sont encore qu'à leur période d'installation en France, et les progrès qu'elles apportent ne pénètrent que lentement et difficilement dans la masse du public qui ne voit pas toujours clairement son intérêt. Le monopole des gouvernements européens tend à disparaître, et il ne faudra pas le regretter, car il a été souvent un obstacle au développement des grandes inventions, et il a opprimé les inventeurs. Le développement considérable des inventions télégraphiques en Amérique et en Angleterre est dû entièrement à l'absence de ce monopole, et si l'Angleterre a fait récemment la faute d'annexer le réseau intérieur et le service des télégraphes à celui des postes, en rachetant les grandes compagnies du Royaume-Uni, elle n'a pu songer à retirer des mains des compagnies privées l'immense réseau du télégraphe sous-marin qui reste, à l'éternel honneur de l'Angleterre, le type accompli de ce que peut créer l'industrie humaine quand on ne lui met pas d'entraves.

Deux compagnies recherchent en ce moment les faveurs du public français pour les correspondances téléphoniques dans les grands centres.

La première de ces compagnies a englobé avec le téléphone Gower le transmetteur microphonique de Blake qui, avec le téléphone Bell, devait au début servir de base à une troisième entreprise.

Les deux compagnies qui subsistent ont commencé leur service et poursuivent rapidement l'achèvement de leur réseau (1). La

(1) Ces deux compagnies viennent de fusionner.

compagnie générale des téléphones a, la première, livré des communications à ses abonnés au moyen du téléphone Gower, et c'est par elle que nous allons entamer la revue de ce genre d'établissements électriques.

Le téléphone Gower ne présente, en fait, rien de nouveau comme principe, mais les conditions de l'instrument ont été si bien étudiées que ce système a pu permettre à un téléphone Bell, *sans pile*, de parler assez haut pour se faire entendre dans toute une salle ; et, de plus, il renferme lui-même son avertisseur. Ces résultats avantageux sont dûs à ce que M. Gower s'est affranchi un peu des premières idées théoriques que l'on a émises sur le téléphone, et qui ont paralysé ses progrès pendant quelque temps. En effet, au lieu d'étouffer les vibrations fondamentales de la plaque vibrante d'un téléphone Bell, comme on avait cherché à le faire jusque-là, M. Gower s'est efforcé, au contraire, de les augmenter en fixant assez solidement cette lame vibrante sur le couvercle de l'embouchure, pour qu'étant frappée elle puisse émettre un son. Il a rendu cette lame plus épaisse, et a renfermé le tout dans une boîte cylindrique, sonore, en métal. Il a donné également à l'aimant une forme particulière dans laquelle les deux pôles se trouvent placés l'un vis à vis de l'autre, et à très petite distance, comme dans le système d'électro-aimants de Faraday.

Cet aimant a été construit avec beaucoup de soins, et possède une force assez considérable pour porter cinq kilogrammes. Il est disposé au fond de la boîte cylindrique, et ses pôles, terminés par des noyaux de fer oblongs entourés d'hélices de fil très fin, se trouvent placés au centre du diaphragme.

On verra dans la figure 8 la disposition de cet aimant, dont les pôles nord-sud contiennent les bobines. La figure M représente le diaphragme.

L'avertisseur est constitué, du moins pour le poste de transmission, par une ouverture pratiquée dans le diaphragme, et derrière laquelle se trouve fixée une anche d'harmonium. Pour le faire fonctionner, on adapte à l'embouchure de l'appareil un

tube acoustique : quand on souffle dans ce tube, l'anche est mise en vibration, et cette vibration, étant communiquée directement au diaphragme du téléphone, lui fait produire des courants induits, assez énergiques pour fournir sur l'appareil récepteur un son relativement fort qui ressemble assez à l'appel des cors des tramways. Pour obtenir la transmission de la parole, il suffit de parler devant l'embouchure du cornet acoustique, comme on le fait dans les systèmes ordinaires.

La figure 8 représente cette disposition, et la figure T montre l'ouverture de l'anche s'adaptant sur le diaphragme, ainsi que l'anche elle-même L. Cette figure s'adapte sur le système du diaphragme M, comme il est indiqué en A.

L'appareil peut, du reste, être combiné de manière à reproduire la parole à haute voix, ou simplement à voix basse, comme dans les systèmes ordinaires. Quand il doit reproduire la parole à haute voix, l'embouchure de l'appareil récepteur doit être munie d'un porte-voix, comme dans le phonographe d'Edison, et il faut parler dans le transmetteur en appliquant la bouche contre l'embouchure du tuyau acoustique; naturellement la parole doit être alors exprimée sur un ton très élevé.

Quand l'appareil doit servir de téléphone ordinaire, on substitue au porte-voix du récepteur un tuyau acoustique que l'on place contre l'oreille; alors les paroles prononcées à voix très basse dans le transmetteur sont entendues avec une grande amplification; on peut même, si l'appareil transmetteur est muni du porte-voix dont il a été question, entendre les paroles prononcées à voix ordinaire à plus de douze mètres de l'appareil transmetteur. Ces effets sont réellement très intéressants, et on peut arriver à ce résultat incroyable d'échanger une conversation sans se déranger de son fauteuil, l'appareil étant placé à plusieurs mètres. Dans ce cas, par exemple, il faut que le correspondant parle et écoute dans le tube acoustique adapté à l'appareil (fig. 7).

La compagnie générale des téléphones n'a en rien modifié cet appareil pour l'exploitation publique. Chaque abonné possède na-

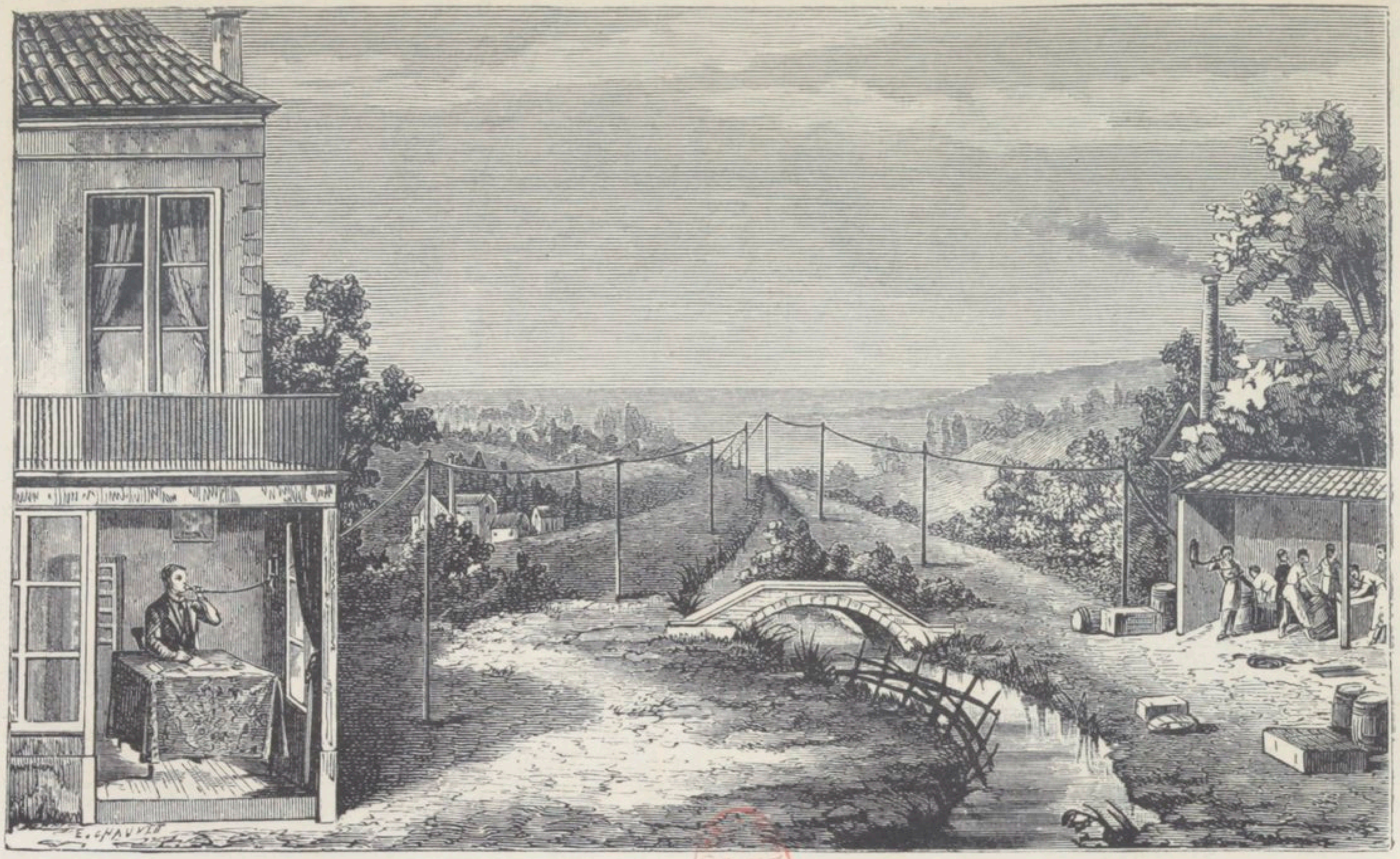


Fig. 7. — Communication téléphonique.

turellement un téléphone installé dans une pièce choisie, où il se trouve constamment quelqu'un, ou du moins à une place pas trop éloignée de l'endroit où l'on se tient, afin que l'appareil soit

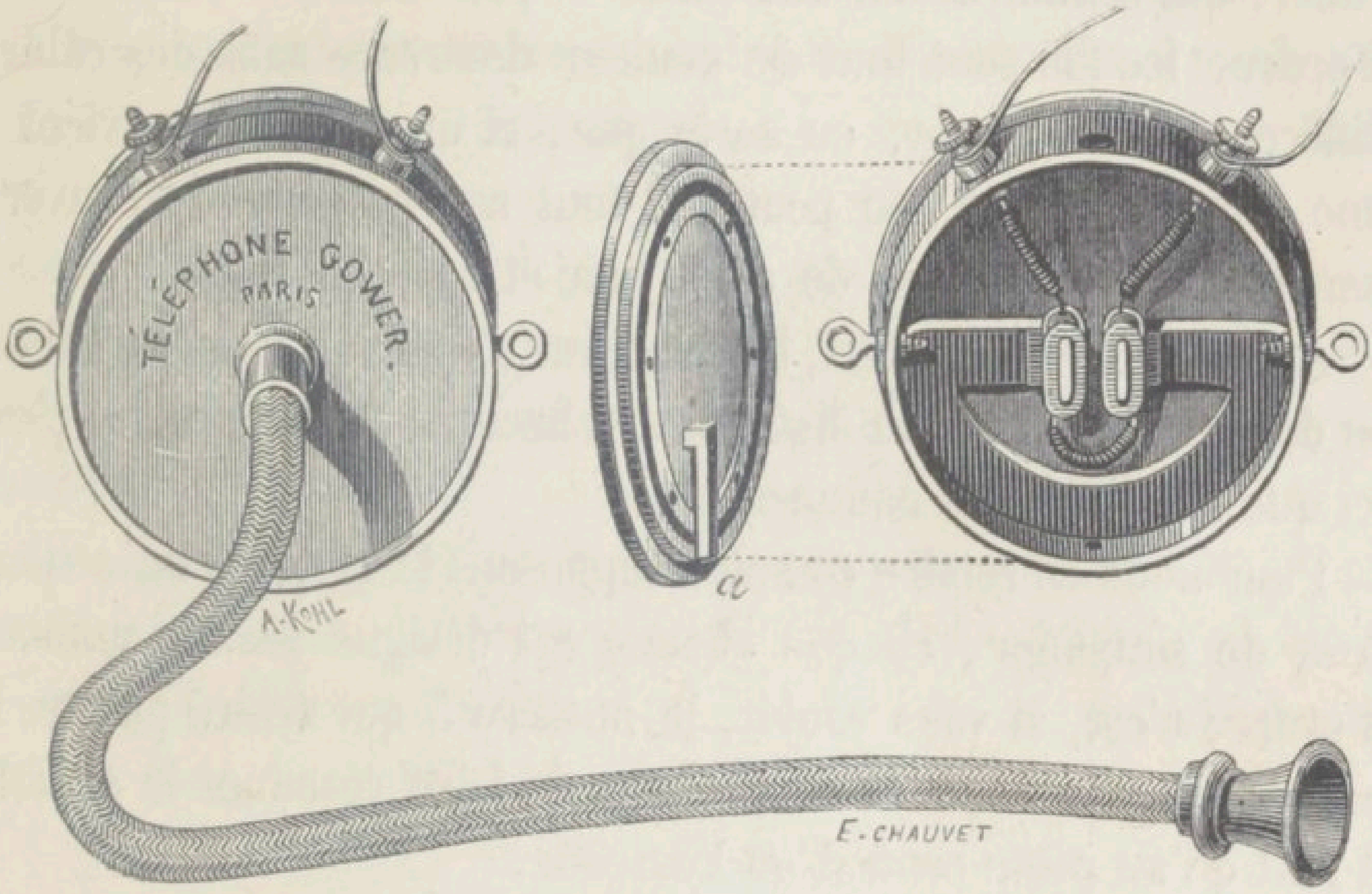


Fig. 8

toujours entendu. Je dirai tout à l'heure comment, dans les cas difficiles, dans les endroits bruyants ou peu fréquentés, on a résolu la difficulté.

A Paris, où le réseau est établi (1), l'abonné est relié par un fil conducteur isolé au poste central qui se trouve 66, rue Neuve-des-Petits-Champs. Le réseau est en partie aérien (provisoirement), l'autre partie est souterraine et passe dans les égouts. L'installation est faite par les soins des agents de l'État. Cette opération s'est trouvée très retardée par les conditions climatériques de l'affreux hiver que nous venons de subir.

Le choix des fils est une question très importante; on sait, en effet, que deux lignes placées l'une à côté de l'autre sans précaution s'influencent mutuellement, de façon que l'on entend dans la seconde les mots qui passent sur la première, inconvénient

(1) Ces détails sont empruntés à la *Lumière électrique*, de même que les figures.

extrêmement grave. Les enveloppes de plomb et autres procédés jusqu'ici employés ne suffisent point à surmonter l'obstacle. M. Gower y est, paraît-il, arrivé par un mode d'isolation particulier, qui semble devoir être solide et peu coûteux. Par mesure d'ordre, les fils sont tous de couleur différente dans des câbles différents eux-mêmes, en sorte que, si un accident survient à une communication, on peut sur tout son parcours retrouver, par exemple, le fil bleu du câble noir et rouge.

Arrivés au poste central, les faisceaux s'épanouissent, les câbles se déroulent, les fils se distribuent chacun à leur place, et c'est ici que les difficultés commencent.

Pour nous en rendre compte, supposons le système en action. Afin de simplifier, chaque abonné est désigné par un numéro d'ordre; c'est, si vous voulez, le numéro 5 qui désire parler. Il prend son téléphone et souffle afin de faire résonner le signal; il faut qu'au poste central on l'entende.

La première idée est de munir le fil de chaque abonné au poste central d'un signal téléphonique; l'un d'eux souffle, l'employé du poste l'entend et lui répond. On l'entend, c'est fort bien; mais cela ne suffit pas, il faut le reconnaître. Supposons l'employé à son bureau, au milieu de trente, cent téléphones : l'un d'eux parle, lequel est-ce? Il faudrait supposer que chacun donne une note spéciale, et que l'employé a l'oreille assez fine pour le reconnaître au son. On ne peut exiger une pareille sagacité musicale. De plus, si l'employé n'a pas bien entendu, s'il s'est trompé, le signal fini, il n'y a plus de trace; il faut qu'il attende qu'on le renouvelle, n'ayant aucun indice permettant de reconnaitre le numéro qui vient d'appeler. Il faut évidemment que, lorsque l'abonné numéro 5 appelle, il produise au bureau central un signal visible et durable qui dise clairement et constamment : « Le numéro 5 attend. »

Avec la pile, cela est simple, et nous verrons, en parlant du téléphone Édison, comment on opère; mais le téléphone Gower n'en a point et n'en veut point avoir, il doit garder sa simplicité.

C'est qu'en effet, si l'emploi de la pile a des avantages, il a de gros inconvénients. Une pile renforce le son transmis; elle simplifie les signaux, dit-on. Cela est vrai; mais, d'autre part, la pile est coûteuse; on a beau la choisir durable, elle ne peut l'être que si le courant est suspendu à propos. Que l'abonné oublie de tourner son commutateur, sa pile est usée en une nuit; le lendemain, silence inexpliqué, recherches, etc. Quand on peut s'en passer, cela vaut mieux à bien des égards. Mais la difficulté qui nous occupe devient alors sérieuse. C'est à M. Ader que l'on en doit la solution, et c'est par un signe visible que l'appel des correspondants se manifeste.

Un signe visible, c'est le déplacement d'une pièce, la chute de quelque chose, un changement de couleur. En tout cas, c'est un mouvement, c'est ce qu'il fallait obtenir du téléphone. Or, en fait de mouvement, celui-ci ne peut fournir que des vibrations, il fallait les transformer. La figure 9 fera voir comment on y arrive. A est l'aimant d'un téléphone, et le fil qui vient de l'abonné s'enroule sur ses bobines BB. La plaque vibrante du téléphone est réduite à la petite languette R fixée contre S. Le disque blanc, qui porte le mot *Répondez*, est le signal. Dans sa position figurée, il est caché; mais son poids tend à le faire tomber, et s'il tombe, il apparaîtra par une fenêtre percée dans le couvercle de la boîte, qui a été enlevé sur la figure pour laisser voir le mécanisme.

Dans l'état figuré, il ne peut pas tomber ; en effet, il est attaché en haut à un levier L, et celui-ci est muni d'un petit crochet pendant C engagé dans un trou carré O percé dans la languette R (voir la coupe figurée à droite). Il importe de remarquer la forme de ce petit crochet. En regardant l'extrémité où se trouve la lettre C, on verra qu'elle a la figure d'un petit triangle formant une sorte de plan incliné tiré en haut par le poids du disque, et tendant constamment à se dégager pour peu que la languette R s'éloigne. Naturellement, le signal porte le numéro de l'abonné dont il reçoit le fil. Si c'est notre abonné

numéro 5, resté depuis si longtemps dans l'attente, il peut appeler maintenant, tout est prêt. Il souffle, en effet, dans son signal. Qu'arrive-t-il? Par suite des courants électriques relativement énergiques qui passent dans les bobines B, la languette R entre en vibration ; à chacune de ses pulsations elle quitte le crochet C, et celui-ci en profite pour remonter un peu. Au bout

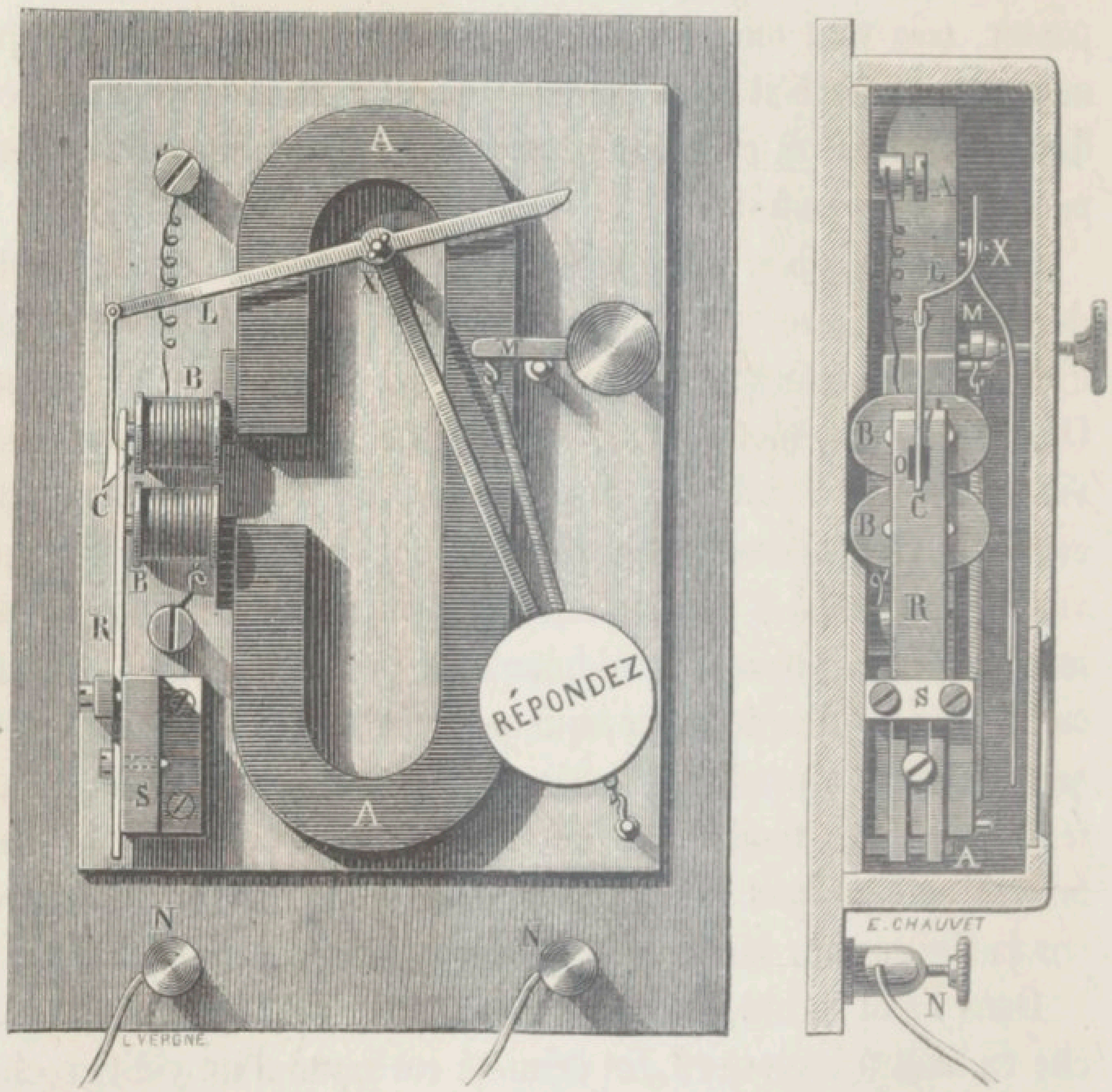


Fig. 9.

de quelques vibrations il est complètement libre, le disque *Répondez*, qui n'est plus retenu, tombe, et, paraissant devant la fenêtre, fait voir que l'abonné numéro 5 vient d'appeler et attend.

Cela n'est-il pas remarquablement ingénieux? Et, notez ceci, le disque ne se montre que si l'on fait marcher le cornet ; il ne tombe pas si l'on parle, les vibrations produites par la parole sont

insuffisantes. Il met ainsi en lumière la différence des vibrations plus spécialement moléculaires qui proviennent de la parole articulée, avec les vibrations plus sensibles qui naissent du son musical.

Au reste, la forme définitive de l'appareil n'est pas tout à fait celle qu'indique la figure. Ainsi fait, il est tellement sensible qu'un choc suffirait à le déclancher (1).

Le crochet C, au lieu de la disposition indiquée ci-dessus, et qui est reproduite dans la figure de gauche du diagramme ci-contre (fig. 10), présente en réalité la disposition indiquée par la figure de droite du même diagramme. Il faut, pour qu'il se dégage, que les vibrations de la plaque R, qui est inclinée, le chassent en quelque sorte, ce qui a parfaitement lieu. De plus, entre autres modifications, l'aimant n'a qu'une bobine, l'autre bout, au lieu de bobine, porte la plaque R elle-même, dont les vibrations sont ainsi amplifiées. Tel qu'il est, l'appareil fonctionne très bien. Il est un peu délicat, peut-être, mais on ne pouvait sans doute rien chercher de bien robuste, étant donnée la faible amplitude des mouvements qu'il s'agissait d'utiliser. On lui a ajouté comme accessoire une sonnette électrique qui peut lui être facultativement adjointe, en sorte que si l'employé est obligé de quitter son bureau, il met ses signaux en circuit local avec la sonnerie, et si l'un des disques tombe il la fait partir, et, bien que hors de vue, l'agent est prévenu qu'on a appelé et vient voir qui demande la communication. Dans la pratique, on réunit ces signaux par six dans une boîte dont l'ensemble présente la forme de la figure 11.

Ainsi, grâce au joli appareil de M. Ader, l'abonné numéro 5 n'attendra pas indéfiniment, l'oreille à son téléphone. Un employé s'occupera sans délai de lui répondre. Mais nous ne sommes pas au bout de nos peines. Ce n'est pas avec l'employé que le numéro 5 veut s'entretenir, c'est avec un abonné de sa connaissance, qui

(1) On a dû renoncer à l'emploi de cet appareil très-ingénieux, mais beaucoup trop délicat.

porte le numéro 9. Il faut prévenir ce correspondant, et enfin les mettre en relation. Cette opération, si facile à énoncer, ne

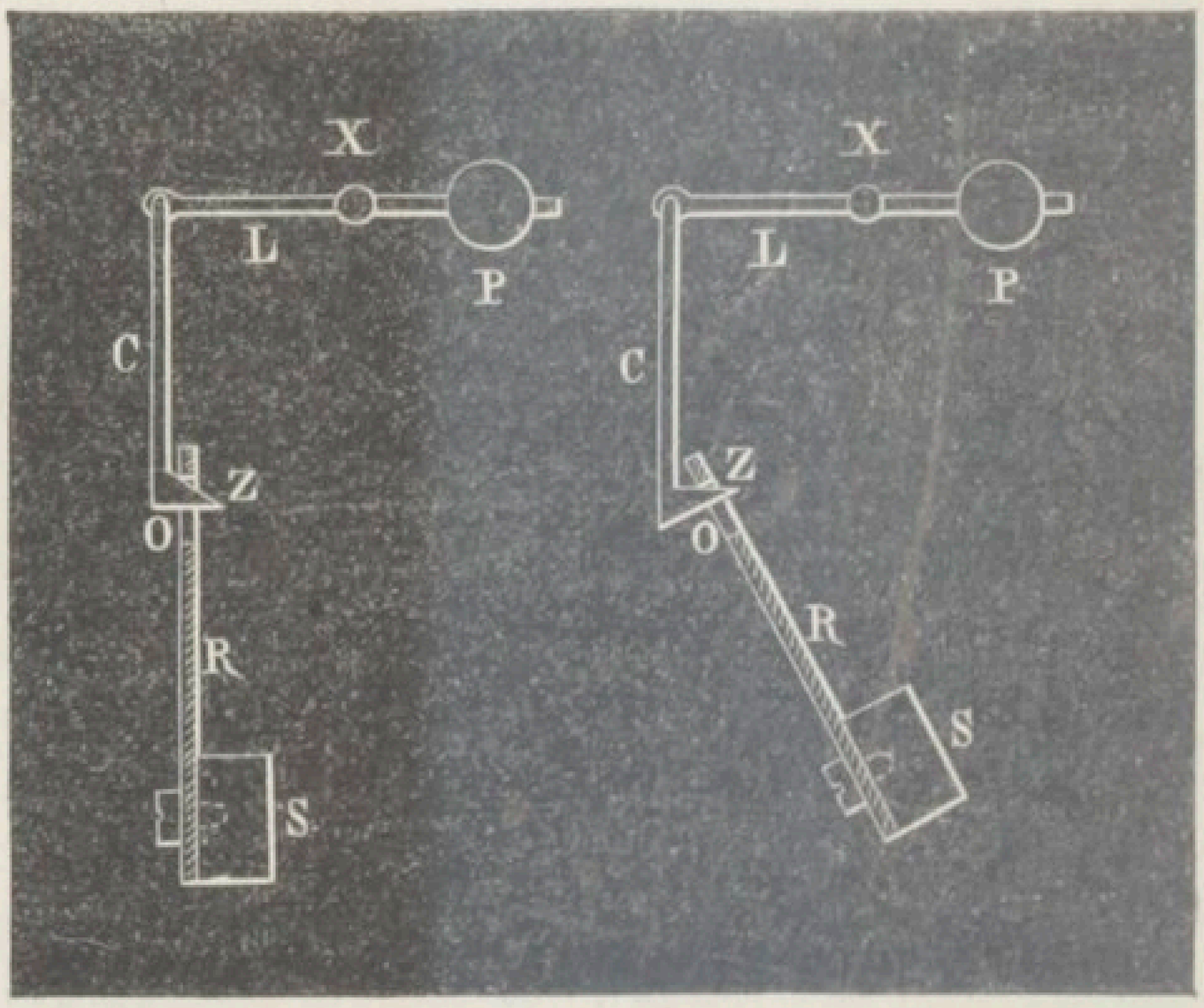


Fig. 10.

l'est pas tant à réaliser. Les difficultés augmentent en même temps que le nombre des abonnés s'accroît. Voici comment ces difficultés disparaissent dans le système de la Compagnie générale des téléphones.

On commence par diviser les abonnés en groupes de trente

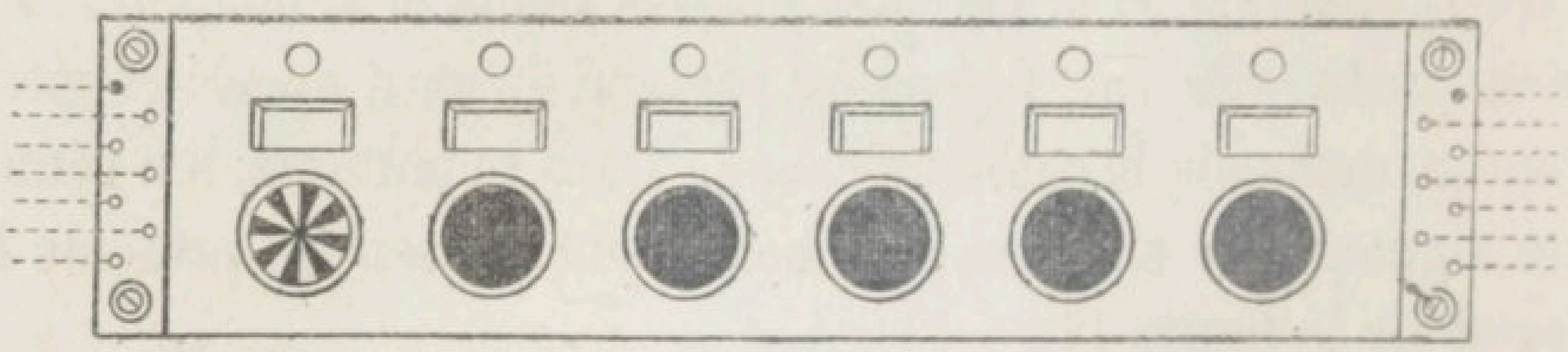


Fig. 11.

au plus. Dans chaque groupe sont réunies les personnes qui ont entre elles les plus fréquentes relations. Un employé est spécialement attaché à chaque groupe. C'est évidemment une disposition rassurante, bien qu'elle puisse paraître dispendieuse. Les systèmes américains ont des *switch-men* qui desservent de

nombreuses lignes, ce qui est sans doute plus économique, mais par contre offre moins de garanties.

L'employé chargé d'un groupe a devant lui un système de commutateur suisse semblable à celui qui est figuré ci-dessous. La figure 12 suppose qu'il n'y a que dix correspondants rattachés au système. En réalité, il y en a de vingt à trente. La partie supérieure au commutateur est une boîte renfermant autant de signaux du système Ader qu'il y a de lignes et portant leurs numéros ; les cercles sont les petites fenêtres où le disque d'appel se montre. Au-dessus est la sonnerie électrique, qui peut être rattachée au déclanchement et établir le court circuit d'un pile locale. Le commutateur I établit cette communication quand cela est utile. Mais notre employé est présent ; il a vu le signal fait par l'abonné numéro 5. Il se sert alors de la partie inférieure du système, le commutateur suisse. Comme on le voit, chaque abonné y est représenté par une bande de métal portant son numéro. Derrière la tablette de bois qui porte en dessus ces bandes verticales, d'autres bandes horizontales, figurées légèrement, croisent les premières sans les toucher; mais il suffira d'enfoncer une cheville métallique dans un des trous de la bande de dessus pour la relier à la bande de dessous. Chaque bande a sa cheville. Pour le moment, elles sont toutes au bas du tableau sur la ligne marquée terre. L'employé détache la cheville du numéro 5, et, l'élevant d'un rang, il l'enfonce dans la bande 5 sur la ligne horizontale marquée *tél.*, ou téléphone. Il est alors en communication avec l'abonné numéro 5, et, prenant lui-même son instrument, figuré à droite, il demande : « Vous avez appelé, Monsieur? A quel numéro désirez-vous parler? — Au numéro 9, répond l'abonné. — Bien, Monsieur, je vais le prévenir. » L'employé, ayant effacé le signal du numéro 5, déplace maintenant la cheville de la bande 9 et la porte de la terre à la bande *tel.*, comme il avait fait pour le numéro 5. Il est alors en communication avec le second abonné, et, faisant retentir son signal, il l'appelle.

Si cet abonné n'est pas trop loin de son téléphone, cet appel suffira; sinon, s'il se fait beaucoup de bruit chez lui, il conviendra d'y établir un signal Ader, muni, s'il le faut, d'une sonnerie. Dans presque tous les cas, un signal téléphonique est suffisant. Par l'un ou l'autre moyen, l'abonné numéro 9 est pré-

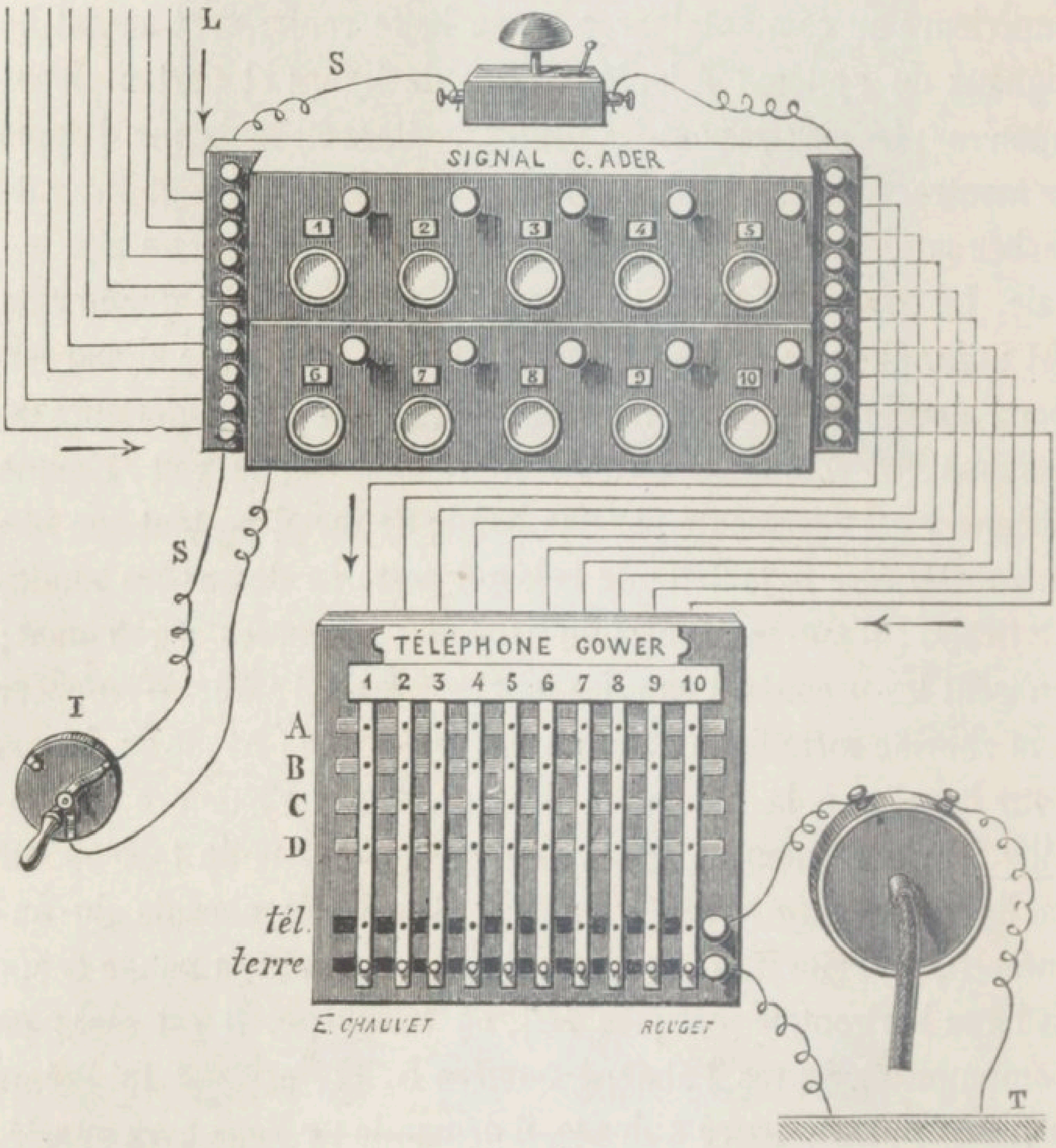


Fig. 12.

venu, il répond : « Qui m'appelle? — Monsieur, dit l'employé, le numéro 5 vous demande; je vous mets en communication avec lui. » Puis, revenant au numéro 5 : « Monsieur, dit-il, le numéro 9 a répondu : vous êtes en communication. » Prenant alors les deux chevilles des numéros 5 et 9, il les enfonce chacune sur sa ligne verticale dans une même ligne horizontale, la pre-

mière, par exemple. A partir de ce moment, 5 et 9 communiquent ensemble, et le bureau central ne communique plus avec eux. Remarquez que les signaux des numéros 5 et 9 sont effacés au tableau d'appel, et que, la parole ne suffisant pas à les mettre en mouvement, ils resteront ainsi tant qu'on ne fera que parler. Lorsque les numéros 5 et 9 ont terminé, ils soufflent tous les deux. Leurs deux signaux apparaissent, ce qui montre à l'employé qu'ils n'ont plus besoin de leurs lignes; celui-ci ôte les chevilles, les remet à la ligne Terre, et l'opération est terminée.

On conçoit pourquoi le commutateur, à travers toutes ses lignes verticales, a reçu plusieurs lignes horizontales. Supposons, en effet, que pendant la conversation de 5 et 9, 3 et 7 veuillent aussi parler entre eux. Les chevilles de 5 et 9 sont sur la première ligne horizontale; si l'on y mettait aussi celles de 3 et 7, les quatre téléphones seraient réunis, ce qui amènerait la plus complète confusion. Mais en plaçant 3 et 7 sur une autre ligne, la seconde, par exemple, l'inconvénient disparaît. Aucune erreur n'est possible, toute ligne qui porte une cheville est occupée.

Toute cette description suppose que les correspondants sont dans le même groupe. S'ils n'y sont pas, l'opération, un peu plus compliquée, sera pourtant analogue. Reprenons. L'abonné 5 appelle et dit qu'il désire parler au numéro 83. L'employé ne l'a pas dans son groupe A qui ne va que jusqu'à 30; le second groupe B s'arrête à 60. C'est donc le groupe C qui contient le numéro demandé. L'employé du premier groupe répond qu'il va faire appeler le numéro 83; puis il choisit parmi les lignes horizontales de son commutateur placées vers le bas (elles ne sont pas figurées au dessin, mais elle seraient entre la ligne D et la ligne *tel.*) une ligne qui soit libre, par exemple la ligne horizontale 6, et il y place la cheville. Il prend alors une fiche, y inscrit ceci : « L'abonné 5, groupe A, ligne 6, demande abonné 83, groupe C », et l'envoie à l'employé du groupe C. Celui-ci appelle

l'abonné 83, et, après sa réponse, place aussi sa cheville sur la ligne 6; puis il envoie la fiche à un troisième employé, chargé d'un commutateur spécial appelé grand commutateur. Celui-ci fait pour les groupes ce que les autres font pour les lignes. Au reçu de la fiche, il met en communication les groupes A et C, par la ligne 6, et les deux abonnés peuvent causer; quand ils ont fini, ils en donnent le signal, et on enlève toutes les fiches pour les remettre à la ligne terre.

Voilà sans doute un ensemble d'appareils et de dispositions qui offre toutes garanties. L'expérience seule peut nous apprendre s'il répondra à ce qu'on en attend.

On trouvera ci-contre, figure 13, une vue d'ensemble du bureau central qui contient ces appareils. On voit les petites cases où se trouvent les employés chargés de chaque groupe et les mécanismes qui lui appartiennent. Vers le fond est le grand commutateur.

Il y a en ce moment à Paris (1) cinquante lignes en exercice, et la Compagnie générale des téléphones est en instance pour établir des lignes dans d'autres grands centres.

Alors qu'en France le service des communications téléphoniques se limite à Paris, en ce moment on compte actuellement dans le nouveau monde quatre-vingt-cinq villes qui se servent de ces installations. A Chicago, il y a 3000 abonnés, 600 à Philadelphie, autant à Cincinnati, un nombre sans cesse croissant à New-York, et le chiffre des personnes abonnées aux compagnies téléphoniques en Amérique dépasse 70000.

Voici comment fonctionne le service du téléphone à New-York (2).

Si nous pénétrons dans la grande salle du *Merchant's Telephone Exchange,* établi 198, Broadway, nous verrons une série de *switchmen* (fig. 14) occupés à établir les communica-

(1) Avril 1880.

(2) Les informations et les figures relatives aux Compagnies téléphoniques américaines ont été empruntées au *Scientific american*.

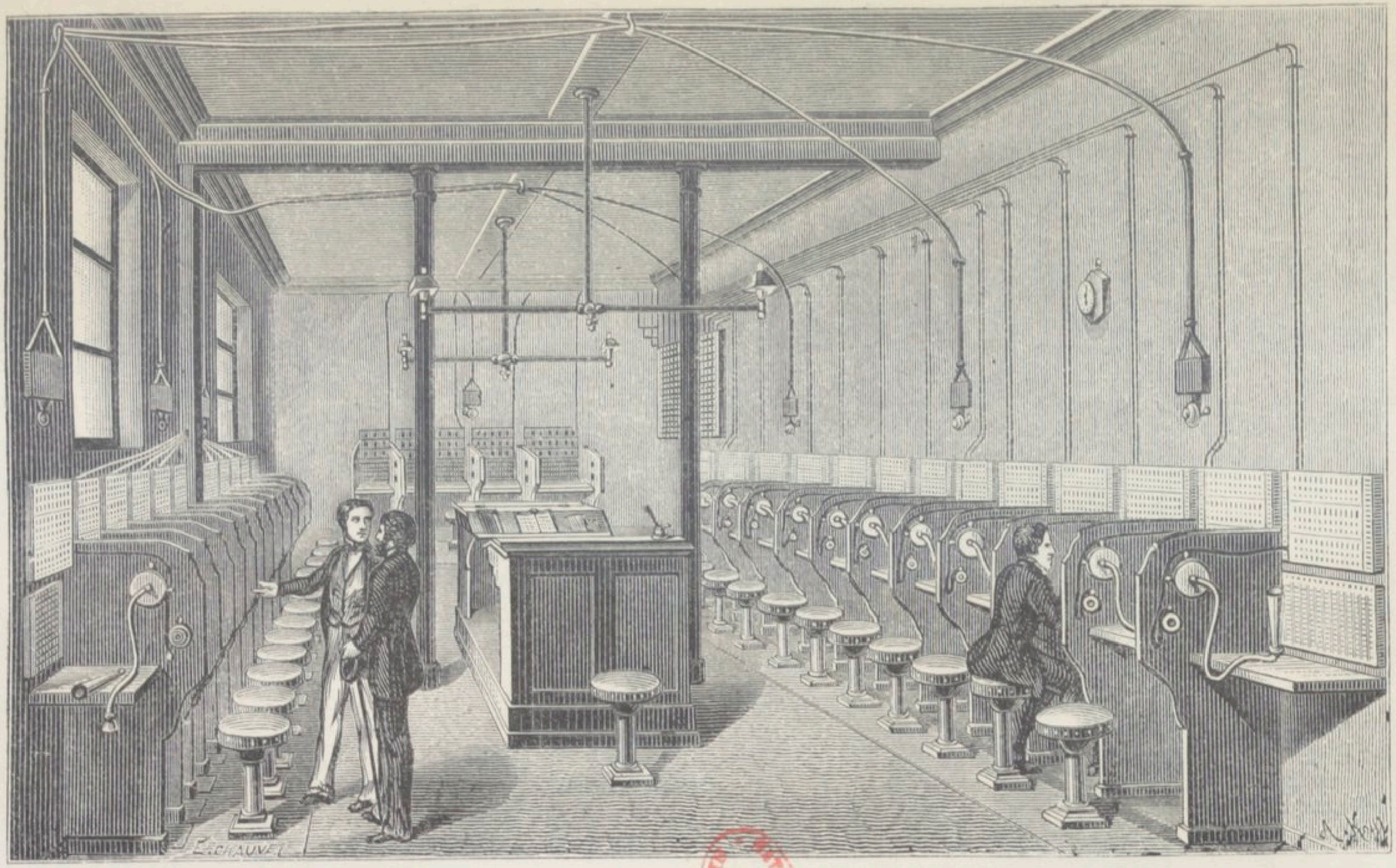


Fig. 13.

tions entre les abonnés. Là, c'est un *switchman* correspondant avec un des abonnés qui a appelé (fig. 15); plus loin, c'est un autre employé occupé à relever le signal d'avertissement (fig 17). Dans la ville, chez l'abonné, est le *téléphone de bureau*, tel

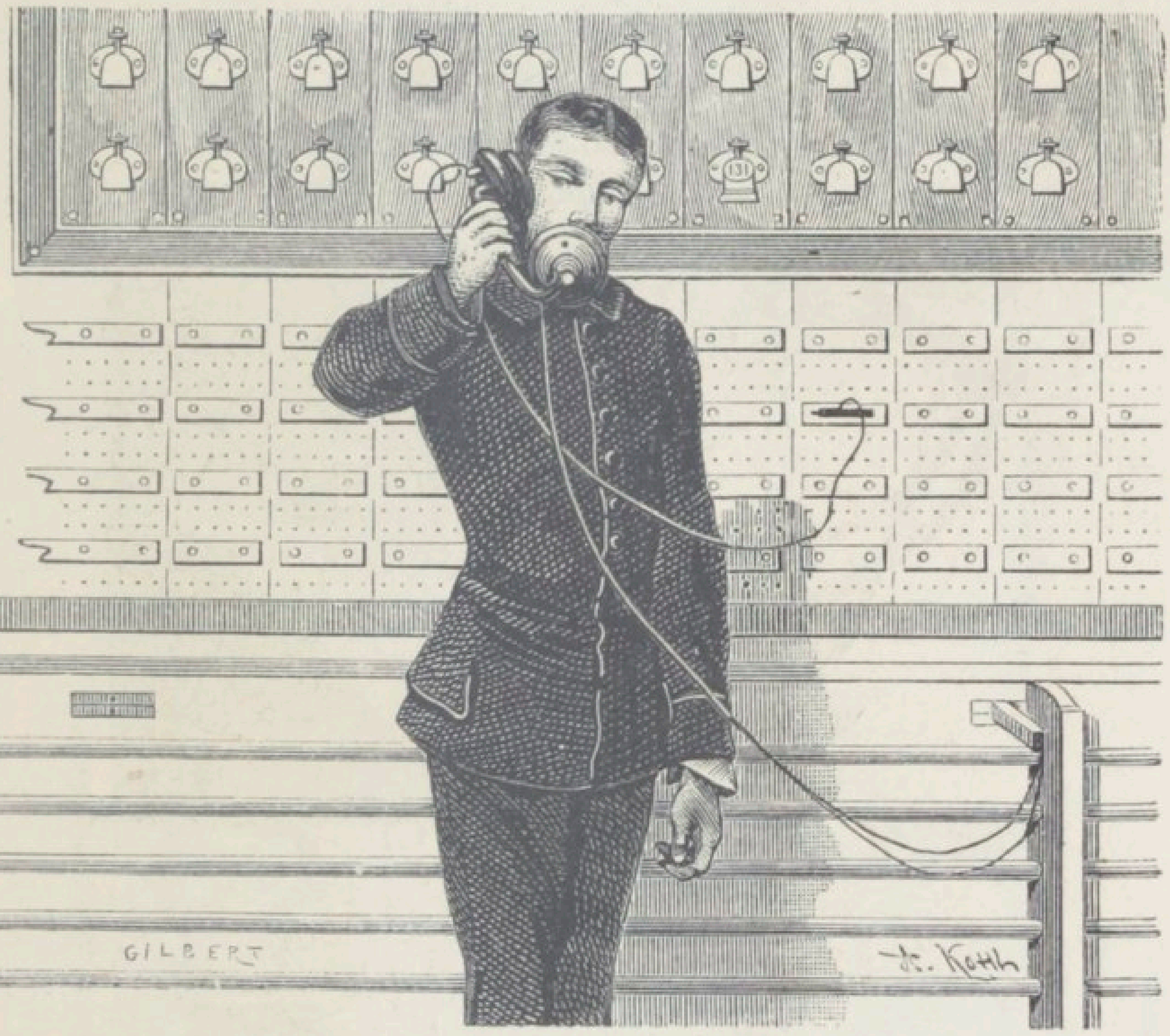


Fig. 15.

qu'on l'installe dans un grand nombre de maisons (fig. 16); ce modèle est commode pour les affaires, car il permet de parler dans l'embouchure placée à gauche, d'écouter avec le téléphone, qu'on décroche pour l'appliquer à son oreille, et en même temps de prendre des notes sur le pupitre avec la main restée libre.

Avant de suivre la série des opérations qui constituent un appel complet, examinons le système de téléphones employés dans le bureau de Broadway. Ce système appartient à la classe

des *téléphones à pile*, ce qui permet d'utiliser ces piles pour faire les appels chez les abonnés, à l'aide de sonneries ordinaires, sonneries représentées sur le pupitre du *téléphone de bureau* (fig. 16).

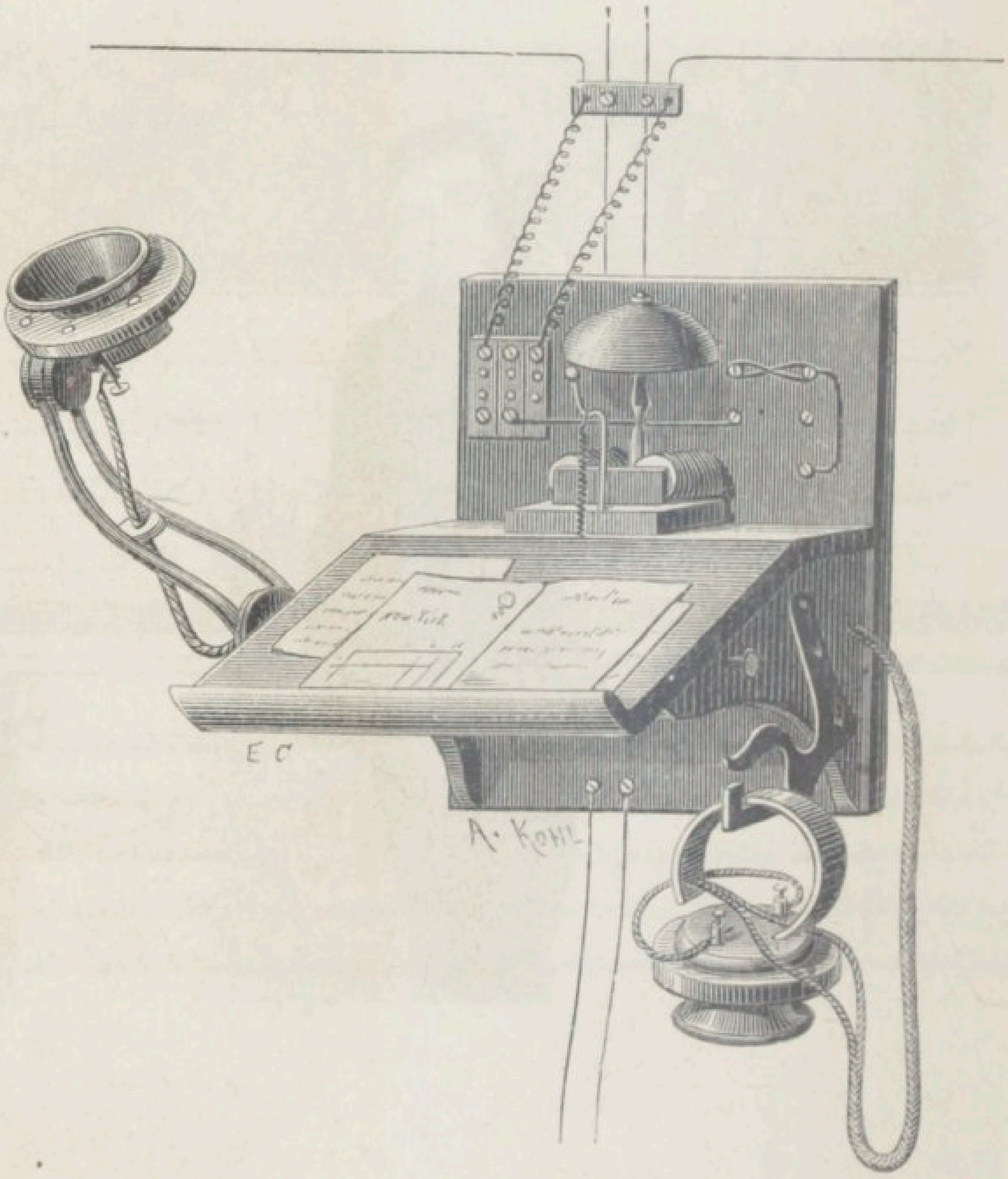


Fig. 16.

Le transmetteur est le téléphone à charbon d'Edison, fondé sur les variations de résistance électrique produites par les variations de pression qu'exerce la plaque, lorsqu'on parle devant l'embouchure. Il en résulte des variations d'intensité du courant, suivant les inflexions de la voix dont les mouvements vibratoires sur la membrane traduisent fidèlement l'élévation ou l'abaissement du son. Le circuit est formé par la pile (deux

Fig. 14.

éléments au bichromate de potasse), le transmetteur et une petite bobine de Ruhmkorff sans trembleur. Il constitue le courant primaire de la bobine. La ligne et le récepteur de l'autre poste sont reliés au fil secondaire de la bobine, fil dont l'autre extrémité est reliée au récepteur du poste et à la terre. Il en résulte que les courants de ligne sont les courants *induits* par les variations d'intensité du courant qui traverse le fil primaire de la bobine. Cette disposition a pour effet de transformer en courants de tension les courants ondulatoires du transmetteur, de les rendre moins sensibles aux variations de résistance de la ligne, de faciliter les montages et de supprimer une partie des commutateurs, dont le maniement pourrait causer des erreurs.

Le récepteur est un téléphone Phelps, analogue au téléphone Bell, mais dont l'aimant est retourné en forme d'anneau; ce qui rend son maniement très facile.

Dans la position de repos, ou *d'attente*, le téléphone est pendu à son crochet, et, par ce fait seul, il fait basculer une pièce formant commutateur, qui supprime toute la partie téléphonique du circuit pour n'y intercaler que la sonnerie. On est donc prêt pour un appel.

En prenant le téléphone à la main, la pièce, en basculant de nouveau, remet automatiquement toutes les communications sur *téléphone*.

Les téléphones des employés du poste central, parleur et récepteur, sont analogues à ceux des abonnés; mais, pour faciliter le maniement de ces appareils, le parleur et le récepteur sont montés snr une même tige un peu recourbée qui sert de poignée, comme cela est représenté dans la figure 15 (page 57), et forme en même temps l'aimant du récepteur.

Nous allons pouvoir suivre maintenant toute la série des opérations. Supposons que l'abonné 411, que nous nommerons Édouard, veuille correspondre avec l'abonné 131, que nous appellerons Léon : Édouard, commence par appuyer plusieurs fois sur un petit bouton placé sur le côté droit du pupitre.

Comme le téléphone est suspendu, il en résulte que, dans cette position, le courant de la pile d'Édouard traverse la ligne et un petit électro-aimant placé au poste central ; l'électro-aimant, devenant actif, a pour effet de détacher, par déclanchement, un petit guichet (fig. 17), qui tombe avec un petit bruit sec suffisant pour appeler l'attention de l'employé, et fait apparaître le numéro 411. L'employé ainsi prévenu se met alors en communication avec Édouard. La conversation s'engage alors, en commençant par ce cri bizarre, mais, paraît-il, très commode : *Hallo ! hallo !*

Édouard demande à l'employé de le mettre en correspondance avec le numéro 131. Si ce numéro est libre en ce moment, l'employé appuie sur un bouton, après avoir relié le fil du 131 à ce bouton. La sonnerie de Léon fonctionne, et, lorsque Léon l'entend, il appuie à son tour sur son bouton de sonnerie ; ce qui a pour effet de faire tomber le guichet correspondant à son numéro. En mettant alors un fil de communication directe entre les deux barres horizontales qui correspondent aux fils de ligne d'Édouard et de Léon, la communication directe entre ces deux correspondants est établie. Si, à ce moment, on oblige l'employé à retirer son téléphone, la communication entre Édouard et Léon devient *secrète*. Si, pendant que Léon et Édouard sont en conversation, le numéro 42, que nous nommerons Jules, veut correspondre avec Léon, par exemple, l'employé peut se mêler à la conversation des deux interlocuteurs, comme le ferait un domestique venant annoncer un visiteur.

La personne interpellée par l'employé peut donc répondre tout de suite ou faire annoncer à Jules dans combien de temps elle sera à ses ordres. S'il n'y a aucun inconvénient à ce que la conversation se fasse entre Edouard, Léon et Jules, on peut, en avisant l'employé, établir immédiatement une communication simultanée entre ces trois personnes. Cette manœuvre équivaut au *Faites entrer* de la vie ordinaire.

Les communications téléphoniques, conçues et utilisées comme nous venons de le décrire pour les deux systèmes, peuvent rendre les plus grands services ; car elles suppriment les distances et établissent une note de *présence réelle* entre les

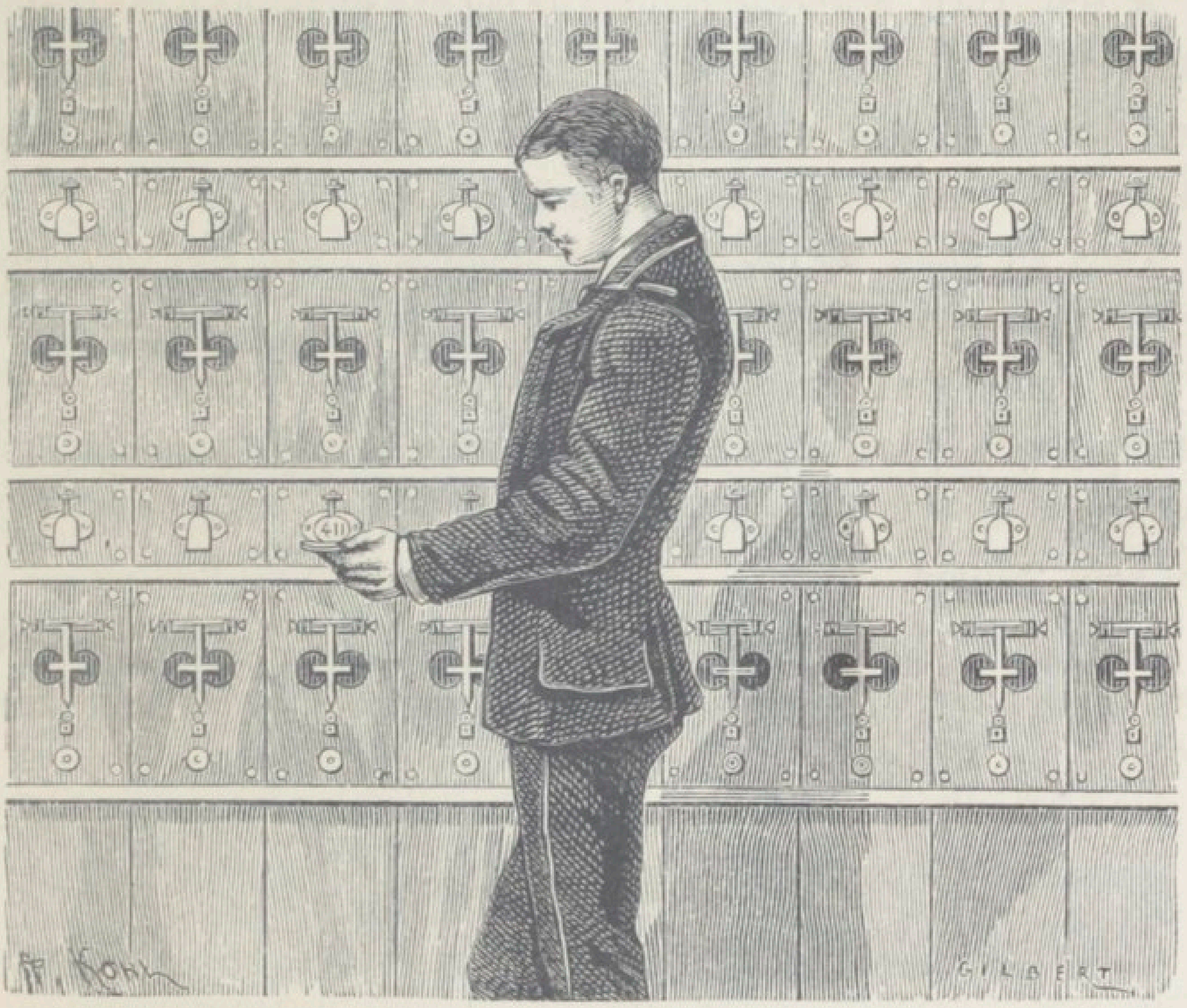


Fig. 17.

interlocuteurs, qui peuvent s'entendre comme s'ils étaient réunis dans la même pièce, bien que séparés souvent par des distances considérables.

Signalons encore quelques dispositions de détail fort ingénieuses. Lorsque la conversation entre Édouard et Léon est terminée, ils accrochent chacun leur téléphone et appuient sur leurs boutons. Il en résulte que le numéro de chacun réapparaît au poste central. L'employé sait alors que la conversation est finie entre les deux interlocuteurs. Il relève les guichets, supprime la communication directe entre Léon et Édouard, et tout est prêt pour un nouvel appel.

Dans les postes où il y a 500 à 600 abonnés, on doit disposer les numéros par ordre dans des tableaux renfermant chacun 50 à 100 guichets. On emploie alors des commutateurs spéciaux pour faire communiquer les séries entre elles.

A New-York, le bureau central ne fait pas moins de 6 000 communications par jour, et tout se passe à la plus grande satisfaction des clients. Le téléphone est devenu pour ceux-ci aussi indispensable que les omnibus ou les tramways pour nous.

Tous les mois, on distribue aux abonnés la liste des souscripteurs par ordre alphabétique et par professions. Les listes de Philadelphie sont imprimées sous forme de répertoire, et il n'y manque même pas le petit trou à œillet nécessaire pour les suspendre au-dessous du téléphone. A Chicago, la liste forme déjà un petit volume.

L'*American district Telegraph Company* a beaucoup étendu son service, et voici ce que l'on peut lire sur son dernier livre d'adresses. Nous traduisons *littéralement :*

AVIS AUX ABONNÉS

Un domestique en livrée sera à votre porte, trois minutes après votre appel, pour distribuer vos notes, invitations, circulaires, porter des petits paquets, etc..... accompagner une dame ou un enfant à un endroit quelconque ou pour aller les reprendre. Il ira chercher vos enfants à l'école ; pendant un orage il apportera les ombrelles, les parapluies, etc..... à l'église ou ailleurs lorsque cela sera nécessaire ; il ira chercher un médecin, une nourrice, un remède, un ami, une voiture, etc., *à toute heure.*

N'est-ce pas là l'esprit pratique poussé à ses dernières limites ? La réalisation de ce qu'on annonce là n'a rien d'impossible, car les *télégraphes de district* sont si bien répartis sur la ville entière, qu'on n'est certainement jamais à plus de cinq minutes de distance d'un bureau. La même compagnie a installé aussi un service de *surveillance de gardes de nuit*, service dont on ne

parlera en France que dans vingt ans peut-être. Mais tenons-nous-en pour le moment aux communications téléphoniques qui deviennent chaque jour un besoin plus pressant. Elles entreront rapidement dans nos usages, et tout porte à croire que leur nombre s'accroîtra rapidement.

CHAPITRE III

TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

Historique. — Établissement des tubes. — Chariots. — Appareils et machines pour condenser ou raréfier l'air. — Utilisation de l'air comprimé. — Marche des trains. — Dérangements. — Service pendant un dérangement. — Sonnerie à air comprimé. — Réseau de Paris et de Berlin.

Vers des terres nouvelles
Par un doux vent portées
Nos intimes pensées
S'envolent. . . . . .

TH. DE BANVILLE,

Le premier envoi de dépêches par la pression de l'air fut fait, d'après l'abbé Moigno, par Ador, en 1852, dans le parc de Monceau. En 1854, M. Galy Cazalat en France, et M. L. Clark en Angleterre, prirent un brevet pour un système de transport de paquets et de lettres dans des étuis en fer-blanc. M. Clark établit, vers la même époque, au bureau télégraphique central de Londres (Telegraph-Street), quelques tubes de faible longueur dans lesquels il fit circuler des étuis dans les deux sens au moyen du vide.

En 1863, M. C.-F. Varley compléta cette installation en utilisant l'air comprimé pour l'envoi des étuis dans un sens, et l'air raréfié pour la transmission dans l'autre. M. Varley imagina, en outre, différents systèmes de valves que nous décrirons plus loin.

Enfin, MM. Siemens et Halske établirent à Berlin, en 1865, entre le bureau télégraphique et la Bourse, des tubes pneumatiques d'une disposition particulière. Deux tuyaux furent posés l'un à côté de l'autre et reliés à une de leurs extrémités de façon à former un circuit complet ; les deux extrémités libres aboutissant au bureau télégraphique furent mises en relation avec deux réservoirs, l'un d'air comprimé, l'autre d'air raréfié, alimentés par le travail non interrompu d'un piston à double effet mis en mouvement par une machine à vapeur. De cette façon, un courant d'air traverse continuellement les tubes dans une même direction, et l'un d'eux sert au transport des étuis dans un sens, et l'autre au transport en sens inverse. Le développement du circuit était alors de 1 866 mètres. Depuis 1865, un second circuit, d'un développement de 3 750 mètres, a été mis en service. Les bureaux qu'il dessert sont, outre le bureau télégraphique central, Potsdamer-Thor et Brandenburger-Thor. (V. le plan du réseau.)

Ce même système, modifié quant aux détails, fut appliqué à Londres en 1870.

Les tubes pneumatiques du système de M. Clark, modifié par M. Varley, ainsi que ceux de M. Siemens, fonctionnant maintenant en Angleterre, nous en donnerons plus loin une description détaillée.

A Paris (1), les tubes pneumatiques ont été mis en exploitation en mars 1867.

Les appareils installés au bureau de la rue Boissy-d'Anglas se composaient de trois cuves en tôle, dont une à eau, de sept mètres cubes de capacité, et deux à air de $5^{m3}.900$. Des communications étaient établies à volonté entre ces trois cuves, et le tube par lequel étaient expédiés les télégrammes aboutissait, au moyen d'un tuyau muni d'un robinet, à une des cuves à air. A la cuve à eau étaient reliés un tuyau amenant l'eau de la ville, qui sert à comprimer l'air, et un tuyau de vidange. En admettant

(1) Voir pour la description du système pneumatique de Paris, les *Annales télégraphiques*.

l'eau dans une des cuves jusqu'à ce qu'elle soit complètement remplie, on réduit le volume de l'air qui occupait les trois cuves de 18^{m3}.800 à 11^{m3}.800; la pression intérieure devient donc 1.6 atmosphères. L'air comprimé transporte les étuis dans un sens. Le mouvement en sens inverse peut se faire par le vide que l'on produit en laissant écouler l'eau introduite dans la cuve. Ce système est d'une disposition très simple; mais il ne peut être appliqué que dans le cas où l'on a à sa disposition, et sans frais, de l'eau en quantité suffisante. En effet, ainsi que nous l'indiquerons dans la suite, les moteurs à eau utilisant toute la hauteur de chute ne peuvent être employés avantageusement dans les grandes villes où l'eau se vend à un prix assez élevé.

Or, dans le cas qui nous occupe, la pression que l'on obtient dans le réservoir est indépendante de la hauteur de chute. Le seul avantage que l'on recueille d'une grande hauteur motrice consiste dans la rapidité de l'écoulement de l'eau, d'où résulte l'augmentation du nombre des envois que l'on peut faire dans un temps donné. Dans le courant de l'année 1872, l'administration française a remplacé les cuves à eau servant à comprimer l'air par des moteurs à vapeur. (1)

A Londres, les tubes pneumatiques aboutissent tous au bureau central des télégraphes où sont installées les machines motrices.

(1) Les détails qui suivent ont été empruntés à un remarquable Rapport fait par M. Delarge, inspecteur des Télégraphes belges, à son administration, et à l'excellent travail de M. Ch. Bontemps, publié par les *Annales télégraphiques*. Le système employé maintenant sur le réseau pneumatique de Londres n'a pas changé, depuis la publication du Mémoire de M. Delarge, on l'a simplement étendu. A la date du 15 juillet 1879, il y avait vingt-quatre tubes pneumatiques entre la station centrale, et dix-sept des plus importants bureaux succursales de la Cité et du West-End, deux tubes étant affectés au service de quelques-uns de ces bureaux. Quelques Compagnies de câbles avec l'étranger sont aussi reliées à la station centrale par des tubes spéciaux.

Les tubes aboutissent à la galerie centrale, dont une partie est entièrement occupée par les appareils qui les desservent.

Les tubes les plus étendus sont ceux qui desservent les bureaux de la Chambre des communes, du West-Strand et de Lower Thames Street. Les

Le système primitif de M. Clark n'existe plus que dans une seule direction entre deux salles du bureau central, la *Provincial Gallery* et l'*Intelligence department*. Il se compose comme suit :

Un tuyau en plomb de 0m.019 de diamètre relie ces deux bureaux. Les deux extrémités de ce tuyau sont mises à volonté en communication avec le réservoir de vide. Lorsqu'un des bureaux veut expédier un étui, il place celui-ci dans le tuyau, et il prévient l'autre bureau d'ouvrir son robinet de vide. La pression atmosphérique fait, dès lors, avancer l'étui. La manœuvre est identique pour le mouvement dans les deux sens. La demande d'ouverture du robinet est transmise au moyen d'un sifflet monté sur une des extrémités d'un tuyau de 0m.012 de diamètre, qui s'étend d'un bureau à l'autre et que l'on fait communiquer avec le réservoir de vide par l'autre extrémité. Chaque bureau dispose d'un tube avertisseur.

Le système de M. Clark modifié par M. Varley est appliqué sur seize directions, dont une n'est pas en service. Sept de ces tubes sont munis de valves imaginées par M. Varley ; les autres ont des valves d'une disposition plus simple, construites par M. Willmot. A part cette différence, la disposition est la même dans les deux cas ; les tuyaux et les étuis sont identiques, et les mêmes machines servent pour toutes les directions.

Un seul tube est placé entre le bureau central et un quelconque des bureaux en relation (à moins que le trafic ne soit assez considérable pour exiger l'adjonction d'un deuxième appareil semblable au premier). Des étuis contenant les télégrammes à faire parvenir sont expédiés du bureau central au bureau extrême, au moyen du vide que l'on fait à ce dernier. Les valves de transmission et de réception ne se trouvent qu'au bureau central. Les tuyaux sont en plomb ; ils ont 0m.038 de diamètre dans certaines premiers ont une longueur d'environ 4 kilomètres ; les étuis à dépêches mettent de 5 à 7 minutes à franchir ce parcours. Les derniers ont une longueur d'environ 3k.200m, et la durée de 4 minutes 1/2 à 5 minutes. Le trafic moyen journalier par ces tubes varie de 4 000 à 5 400 dépêches.

directions, et 0m.057 dans d'autres. Leur épaisseur est de 0m.005 dans le premier cas, et de 0m.006 dans le second. Leur longueur est de 5m.50. Deux tuyaux sont réunis bout à bout au moyen d'une soudure qui doit être faite avec le plus grand soin, afin d'éviter que la moindre aspérité ne se forme intérieurement à cet endroit. On introduit, à cette fin, dans les deux extrémités des tubes que l'on rapproche, un mandrin en acier que l'on a préalablement chauffé, et qui a exactement le diamètre de la conduite; on applique ensuite la soudure sur le joint. L'opération terminée, on retire le mandrin au moyen d'une chaîne à laquelle il est attaché.

Avant d'assembler les tuyaux, on amène ceux-ci au diamètre voulu en les faisant traverser par un mandrin en acier dont les bords antérieurs sont arrondis. Le mandrin est fixé à une chaîne qui passe sur un treuil. Avant cette opération, les tuyaux ont un diamètre un peu inférieur à celui du mandrin. Lorsqu'ils sont calibrés, afin de ne pas les déformer, on les transporte aux endroits où ils doivent être posés dans des caisses en bois ouvertes par le haut.

Ces tuyaux sont enfouis dans le sol à une profondeur de 0m.60 environ. Ils sont ensuite protégés par un manchon en fonte d'un diamètre suffisant pour contenir les points de soudure. Ces tuyaux en fonte ont 0m.005 d'épaisseur, et sont assemblés par emboîtement avec fermeture au chanvre recouvert de plomb. Le petit rayon que l'on donne généralement aux courbes des tuyaux est de 2m.44. Dans les courbes, les tuyaux en fonte sont faits de deux pièces; la partie supérieure est fixée, après le placement des tuyaux en plomb, au moyen de boulons qui traversent les collets des deux parties.

Aucun réservoir d'eau n'est placé sur la conduite; le peu d'humidité qui est entraînée par l'air comprimé est absorbé par le feutre qui recouvre les étuis. On emploie d'ailleurs, de distance en distance, des puisards semblables à ceux décrits figure 26, page 83.

Les étuis sont en gutta-percha (fig. 18); ils ont 0m.004 d'épaisseur et 0m.145 de longueur totale; le diamètre extérieur du cylindre de gutta-percha est de 0m.037 pour les tuyaux de 0m.057. La partie antérieure de l'étui est plus épaisse, afin de résister au choc qui se produit à l'arrivée. Une bande élastique de 0m.015 de largeur entoure l'étui dans le sens de sa longueur, et en recouvre partiellement l'extrémité ouverte, de façon à empêcher que les télégrammes ne s'échappent pendant le transport. Une enveloppe de feutre ordinaire, recouvrant le tout, empêche que, par le frottement direct contre les parois du tuyau, la gutta-percha ne s'échauffe et ne se ramollisse. Cette enveloppe a la forme d'un entonnoir à l'extrémité ouverte, afin que, par l'effet de la

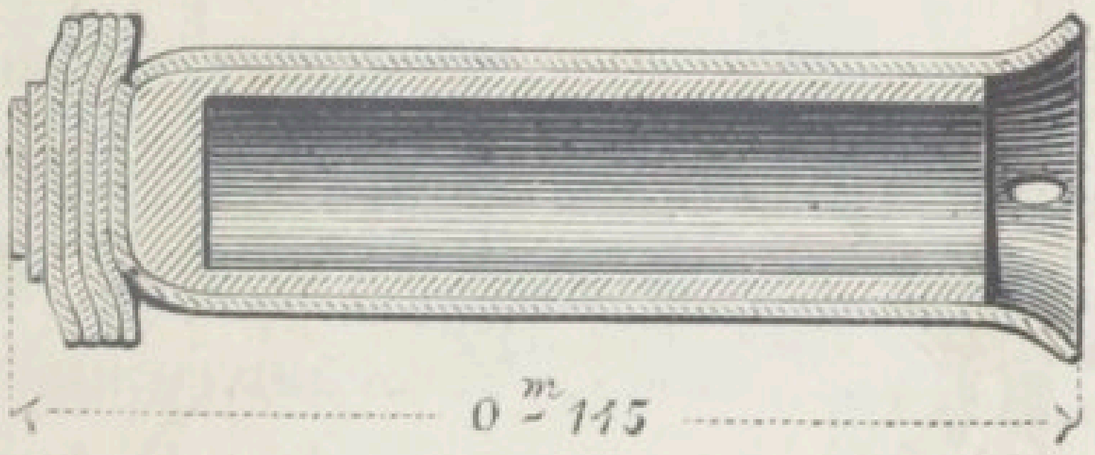


Fig. 18.

pression de l'air, le feutre soit comprimé contre les parois du tube et forme obturateur. Une série de rondelles de feutre appliquées contre l'extrémité antérieure de l'étui tendent aussi à former piston, et protègent la gutta-percha contre les effets des chocs.

Ces étuis ont une très grande durée. Après deux mois de service, on renouvelle ordinairement l'enveloppe de feutre et l'élastique. Les frais sont de 0f.20 pour le feutre, 0f.20 pour l'élastique, et 0f.20 de main-d'œuvre.

Nous décrirons maintenant les valves spéciales qui servent à l'expédition et à la réception des étuis.

Valves de M. Varley. — Ces valves sont représentées dans les figures 19, 20 et 21 ci-contre; elles fonctionnent de la manière suivante :

Lorsqu'il s'agit de recevoir un étui d'un bureau correspondant, on appuie sur le bouton B (fig. 21) : une soupape placée dans la boîte V s'ouvre et met le réservoir de vide en communication avec les cylindres C et D, par l'intermédiaire des tuyaux *h* et *j;* par l'effet de la pression atmosphérique, le piston du cylindre s'abaisse et ferme hermétiquement le couvercle de la boîte E. Ce couvercle est formé d'une glace portée par un encadrement en cuivre, lequel est garni de caoutchouc sur ses bords. En même temps, le piston du cylindre D se lève et est maintenu à la partie extrême de sa course par l'arrêt *a* de sa tige, qui vient reposer sur la saillie de la pièce *t*, laquelle pièce oscille autour de son extrémité supérieure et est pressée par un ressort en acier contre la tige du piston. Le mouvement de cette tige ouvre une valve qui met le cylindre H en communication avec le réservoir de vide. Dès ce moment, le vide se fait dans la boîte E en communication avec le cylindre H, et la conduite souterraine aboutissant par le tuyau S à la boite E. L'étui qui a été placé préalablement à l'extrémité de cette conduite est dès lors attiré vers la boite E, et à son arrivée dans celle-ci, il coupe lui-même, de la manière suivante, les communications avec le réservoir de vide.

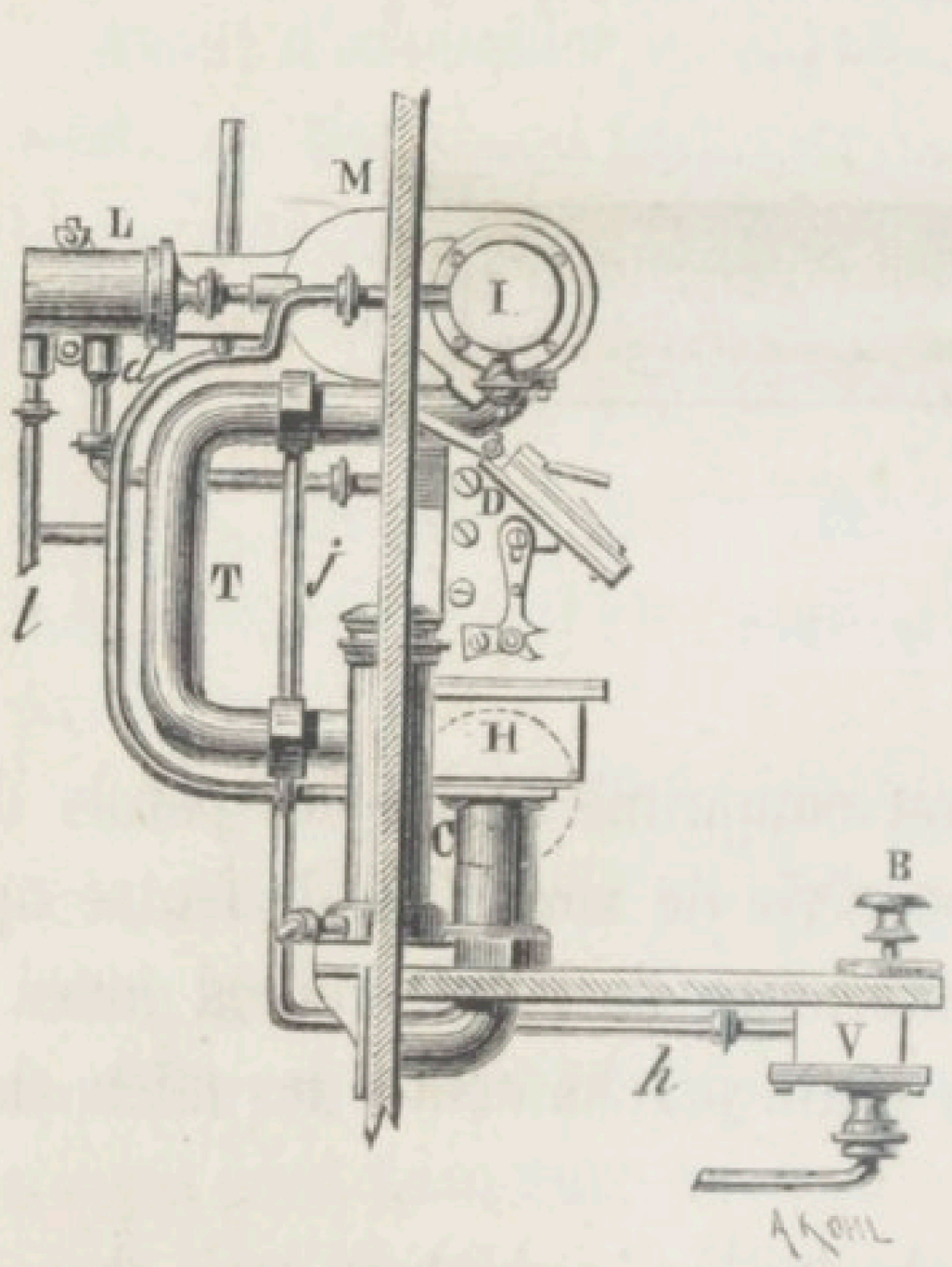


Fig. 19.

En butant contre la rondelle de caoutchouc *r*, figurée en traits pointillés, il ouvre, par sa force vive, une valve qui fait communiquer E et I; le vide se fait dans la boîte I et dans le cylindre K qui sont réunis par le tuyau *g;* le piston de ce cylindre est poussé

en arrière, et sa tige, agissant sur le levier à charnière *p*, fait glisser la tringle *q*, laquelle écarte la pièce *t* de l'arrêt *a*. Comme le vide n'agit plus au-dessus du piston du cylindre D, ce piston retombe par son poids, et ferme la communication avec le réservoir de vide. En même temps, le clapet *v* ayant été ouvert par le mouvement du levier *p*, l'air atmosphérique pénètre dans le cylindre H et dans la conduite souterraine; à ce moment, le couvercle de la boîte E, qui était maintenu fermé par la pression

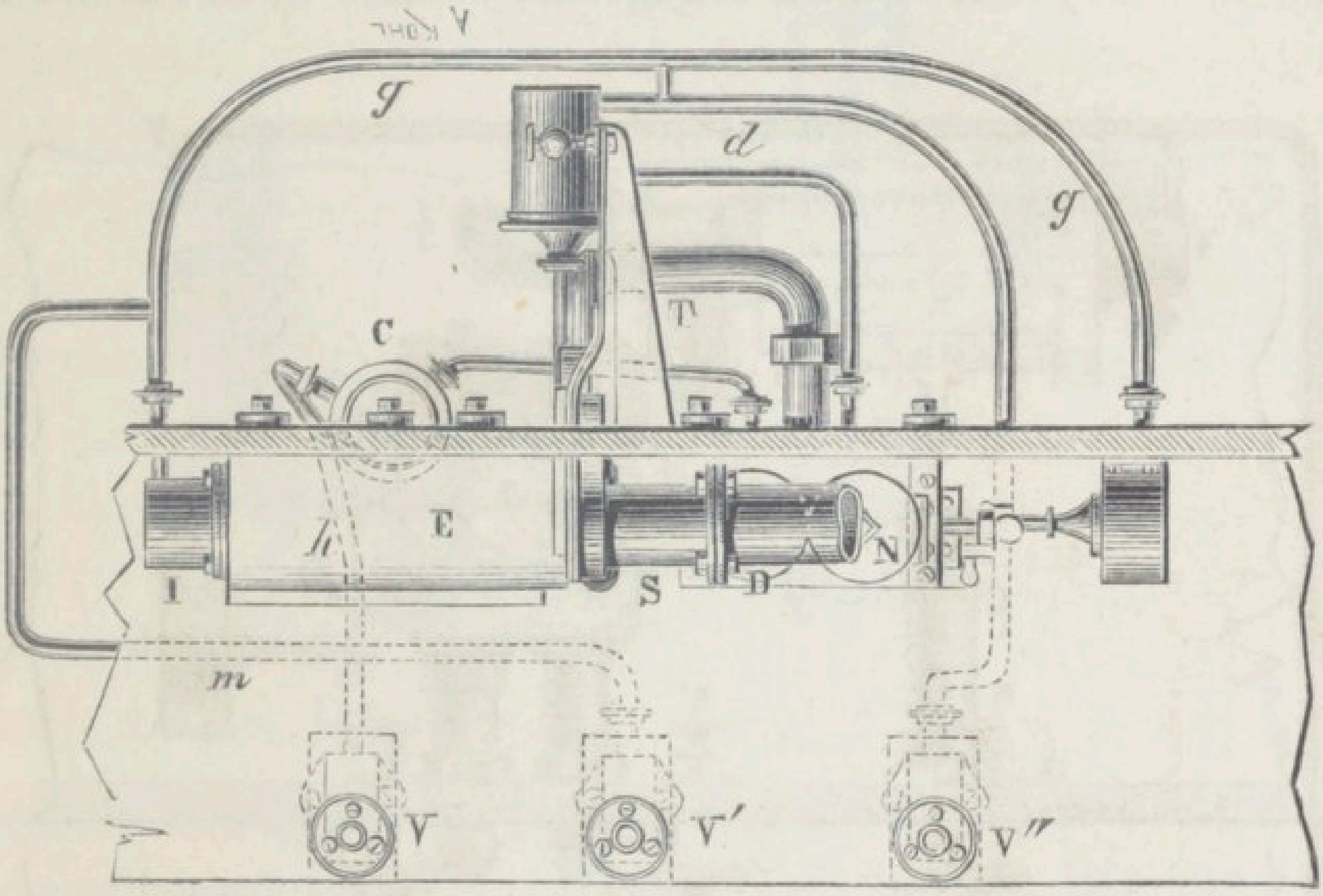


Fig. 20.

atmosphérique sur sa surface, tombe par son propre poids. L'appareil se trouve dès lors dans les conditions normales, prêt à fonctionner de nouveau.

Pour expédier un étui, on place celui-ci dans le tuyau S, et on presse ensuite le bouton B : l'air comprimé se rend dans le cylindre L (fig. 19) par le tuyau *l* et en fait avancer le piston; celui-ci ferme la valve M, qui bouche, dans cette position, l'extrémité de la conduite souterraine. Lorsque le piston a dépassé l'orifice *b* du tuyau *d*, l'air comprimé se rend par ce tuyau *d* dans le cylindre N, le piston de ce cylindre est poussé au bas de sa course (fig. 20 e 21), et est maintenu dans cette position d'une

façon analogue à celle que nous avons indiquée plus haut pour le cylindre D ; l'air comprimé se précipite dans le cylindre H et dans la conduite souterraine, et l'étui est chassé à l'extrémité de celle-ci. A son arrivée, l'agent préposé au service avise le bureau central, au moyen d'une sonnette électrique ordinaire. Alors, à ce dernier bureau, l'opérateur appuie sur le bouton B′ ; le réservoir de vide est mis en communication avec les cylindres L et K par les tuyaux *m* et *g*, le piston du cylindre L ouvre la valve M, et le piston du cylindre K, en dégageant, comme nous l'avons vu,

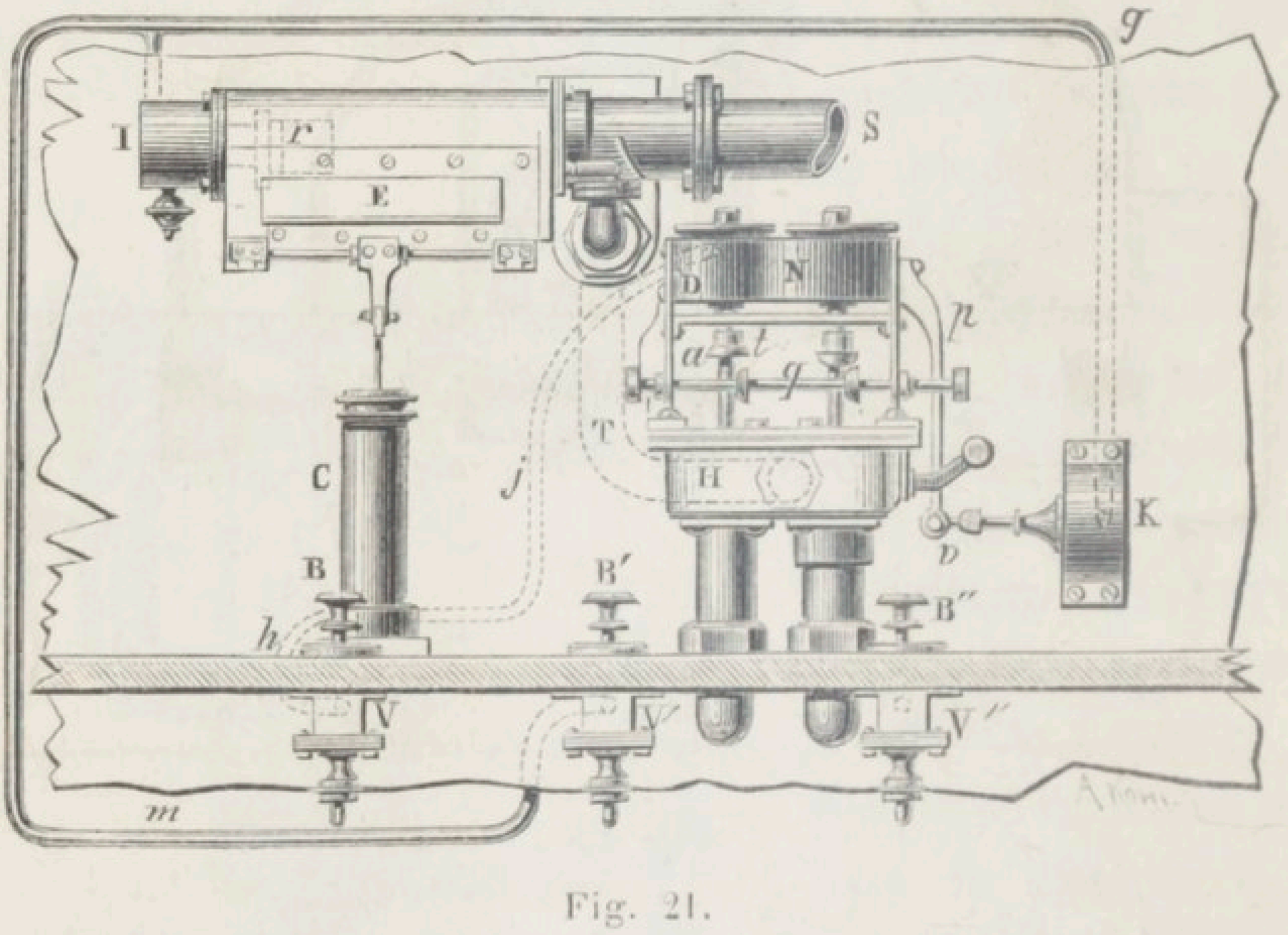


Fig. 21.

la tige du piston du cylindre N, ferme la soupape d'entrée de l'air comprimé, et ouvre en même temps la valve *v*. La pression atmosphérique se rétablit alors dans la conduite souterraine.

Ces appareils fonctionnent avec beaucoup de régularité, mais ils sont compliqués et coûtent 1 500 francs. M. Willmot a simplifié la disposition de ces valves. Les appareils de son système fonctionnent à Londres sur presque toutes les nouvelles installations. Les figures 22 et 23 représentent la disposition de ces valves. T est le tuyau qui forme le prolongement de la conduite souterraine.

Pour recevoir un étui, on bouche l'extrémité inférieure de ce tuyau en relevant le clapet à charnière C, lequel est garni de caoutchouc ; puis, on tourne le robinet V, qui fait communiquer le réservoir de vide avec le tuyau S et la conduite T ; le vide se produit dans celle-ci, le clapet est maintenu fermé par la pression atmosphérique et l'étui est attiré. A son arrivée, en vertu de la force vive qu'il possède, il ouvre le clapet C ; le choc qui se

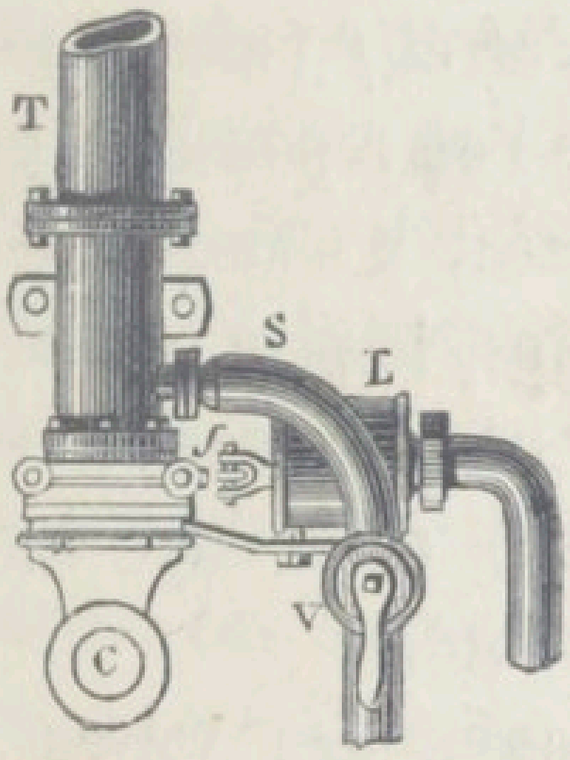


Fig. 22.

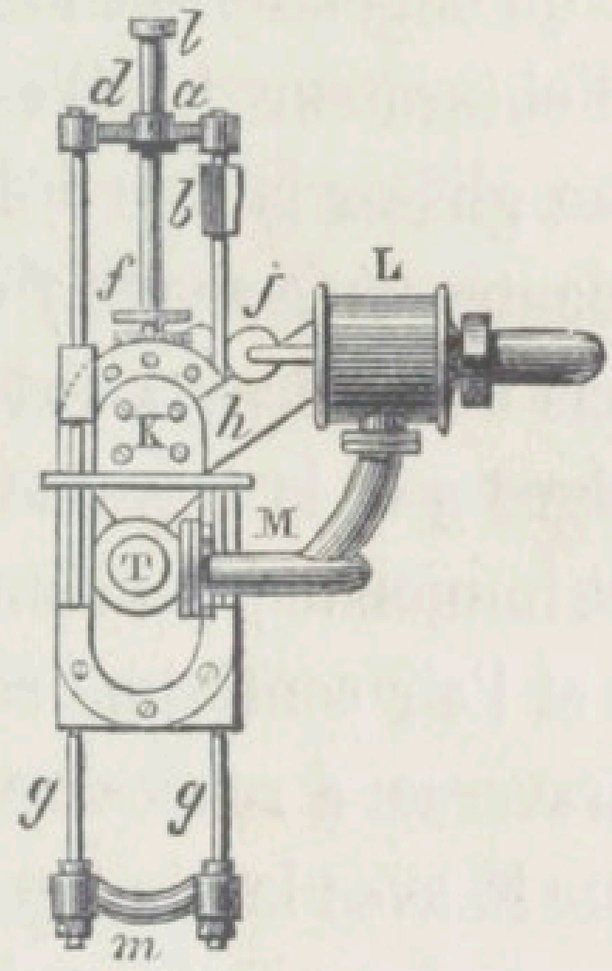


Fig. 23.

produit détruisant sa vitesse, il reste attiré par la pression atmosphérique contre l'ouverture O du tube S. Dès que l'agent préposé à la manœuvre voit tomber le clapet C, il ferme le robinet V, et alors l'étui, n'étant plus maintenu par la pression extérieure, tombe hors du tuyau T par son propre poids.

L'envoi d'un étui se fait de la manière suivante (Fig. 23) :

On place celui-ci dans le tuyau T, et on tire à la main, par la manette M, la glissière formée par les tiges *g* et la traverse *d* ; les tiges *g*, qui sont fixées invariablement à la traverse *d*, glissent dans leur support ; la traverse *d* vient buter contre l'arrêt *f* que porte la tige *b*, et entraîne cette dernière dans son mouvement ; l'obturateur K, fixé à l'extrémité de cette tige *b*, vient alors fermer l'extrémité du tube T. Dès que cette fermeture est complète, le plan incliné *h*, fixé sur une des tiges *g*, rencontre le galet *j*, et, en le repoussant, ouvre une valve placée

à l'intérieur du cylindre L, et établit ainsi une relation entre le réservoir d'air comprimé et les tuyaux M et T. L'étui s'avance alors dans la conduite souterraine, et, lorsque son arrivée est annoncée par le tintement de la sonnette électrique, on repousse la glissière dans sa position normale.

Si la tige *b* était reliée invariablement à la traverse *d*, il faudrait un certain effort pour repousser la glissière, à cause du frottement qu'engendrerait l'excès de pression sur la face supérieure de l'obturateur K. C'est pour obvier à cet inconvénient que l'on fait glisser la tige *b* dans la traverse *d*, entre les limites correspondantes aux arrêts *f* et *l*. L'arrêt *f* fonctionne comme nous l'avons dit : l'arrêt *l* sert lorsque l'on repousse la glissière ; alors les tiges *g* et la traverse *d* glissent d'abord seules, et la tige *b* reste immobile ; pendant ce temps, le plan incliné *h* quitte le galet *j*, et l'air comprimé cesse de pénétrer dans le tuyau T ; alors la traverse *d* rencontre l'arrêt *l*, et la tige *b* entraîne l'obturateur K avec la plus grande facilité.

La plupart des pièces qui composent ces valves sont en laiton. Ces pièces sont fixées contre deux fortes planches (fig. 19, 20 et 21), dont une verticale et l'autre horizontale. Cette dernière forme tablette et reçoit les étuis à expédier et ceux arrivés des bureaux correspondants.

Dans tous les bureaux extrêmes, l'arrangement est le même, quel que soit le système de valves. L'extrémité de la conduite souterraine débouche dans une boîte en bois, de forme cubique, de 0m.35 de côté. La face antérieure est munie d'une porte avec panneau en verre, basculant autour de deux charnières, fixée à l'arête horizontale supérieure, et s'ouvrant de dehors en dedans.

Cette caisse repose sur une autre de dimensions plus fortes, doublée intérieurement en plomb. Un tuyau en plomb, communiquant avec les égouts de la ville, aboutit à la partie inférieure de cette caisse. Une grille en fonte, placée dans le panneau qui sépare les deux caisses, permet à l'air de passer d'un comparti-

ment à l'autre et s'oppose à ce que les étuis tombent dans le réservoir inférieur.

Lorsqu'on veut expédier un étui, on le place dans l'extrémité du tube et on prévient le bureau central de faire le vide.

Lorsqu'on reçoit un étui, l'air que celui-ci chasse devant lui ferme le couvercle de la boîte et s'échappe à travers la grille, sans incommoder l'opérateur.

La communication avec les égouts est, en outre, nécessaire pour évacuer l'eau que l'on foule dans les tubes, dans le but d'expulser les étuis qui s'y sont arrêtés accidentellement. Ce cas est extrêmement rare; mais des dispositions spéciales doivent néanmoins être prises pour faire disparaître cette entrave au travail. A cette fin, au bureau central, un tuyau amène les eaux de la ville jusque dans la salle des appareils. Lorsque le tube est bouché par un étui, on le remplit d'eau et on fait ensuite agir l'air comprimé à la plus forte pression que l'on puisse obtenir. Les tubes pneumatiques aboutissant aux étages supérieurs, la pression de la colonne d'eau s'ajoute à celle de l'air comprimé; ce moyen est toujours efficace.

Nous avons dit que les signaux nécessaires à la manœuvre des tubes sont transmis au moyen de sonnettes électriques. Ces sonnettes n'offrent rien de particulier, sauf qu'au lieu d'être à mouvement de trembleur, elles ne donnent qu'un coup de marteau par chaque envoi de courant. A chaque réception d'un signal, un disque tombe en face d'une ouverture ménagée dans la boîte de la sonnette, et reste dans cette position tant qu'on ne le relève pas à la main.

Des réservoirs en tôle servent à emmagasiner l'air comprimé et l'air raréfié, afin que les variations de pression, à chaque envoi d'un étui, ne soient pas sensibles.

Pour l'air comprimé, les dimensions des réservoirs sont les suivantes :

1° Un réservoir cylindrique à base circulaire, de $2^{m}.59$ de diamètre, et de $3^{m}.40$ de hauteur, son volume est de $17^{m^3}.884$

2° Un réservoir de même forme et de même section, mais de $2^{m}.74$ seulement de hauteur ; son volume est de $12^{m^3}.412$.

Le volume total est de $30^{m^3}.296$.

Ces réservoirs sont fixes et munis d'un robinet de vidange placé à la partie inférieure. On laisse écouler, chaque nuit, l'eau qui s'est déposée par l'effet de la compression.

Les réservoirs d'air raréfié sont aussi au nombre de deux : l'un a un volume de $17^{m^3}.884$, et l'autre de $4^{m^3}.453$; le volume total est de $22^{m^3}.337$.

La première machine à vapeur qui a été installée pour le service des tubes du système de M. Clark est une machine horizontale à détente, de la force de 28 chevaux. Le diamètre du cylindre est de $0^{m}.42$, la course totale de $0^{m}.762$; la détente commence aux deux tiers de la course ; la pression maximum de $2^{k}.81$ par centimètre carré, et la pression dans le condensateur de $0^{k}.49$; le nombre de coups doubles par minute est de 48.

La force théorique de cette machine en chevaux-vapeur est de 40 chevaux.

Le travail utile dont la machine est capable n'est que d'environ 25.20 chevaux.

Le cylindre soufflant se trouve dans le prolongement du cylindre à vapeur. Il est à double effet et à clapets ordinaires (*fig.* 24) ; en outre, la compression de l'air se fait d'un côté du

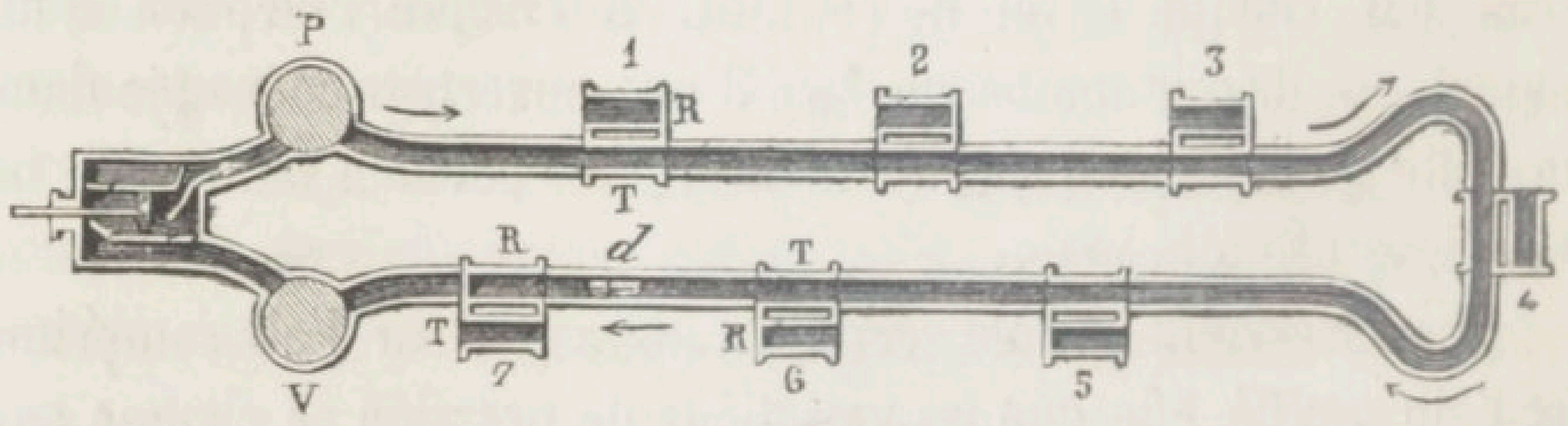


Fig. 24.

piston, et le vide de l'autre côté. Cet arrangement simplifie l'installation, puisqu'il n'exige qu'un seul cylindre, mais il diminue l'effet utile. En effet, lorsque le piston, arrivé au bout de sa course, revient sur ses pas, l'air comprimé contenu dans l'es-

pace nuisible se dilate et le piston doit faire un certain trajet avant que cet air ne passe de la pression correspondante à la pression atmosphérique à celle du réservoir de vide. Le travail dépensé pour cette détente est en partie perdu, si on le compare à celui qui serait nécessaire avec deux cylindres, l'un pour la compression, l'autre pour la raréfaction de l'air.

Une petite machine, mise en mouvement par les eaux de la ville, de la force de 4 chevaux environ, est installée à côté des machines à vapeur. Elle ne peut servir que s'il s'agit de mettre quelques tubes en service, pendant la nuit, à la suite d'une affluence non prévue.

Elle se compose de deux cylindres horizontaux, attaquant un axe coudé horizontal, muni de deux volants, qui transmet, au moyen d'une bielle, le mouvement au piston du cylindre compresseur. Chaque cylindre est muni d'un tiroir de distribution de vapeur. La pression de l'eau est de $2^{k}.52$ par centimètre carré.

L'eau de la ville ne peut être avantageusement utilisée, à Londres, comme moteur usuel, à cause du prix élevé auquel elle se débite. Le tarif est de 1 fr. 25 c. pour $4^{m^3}.54$, soit 0 fr. 27 c. par mètre cube. La hauteur de charge étant de $25^{m}.20$, le travail théorique d'un mètre cube d'eau est de 25 200 kilogrammètres. Pour produire le même travail qu'une machine de 40 chevaux, il faudrait donc, par heure, un débit de 428 mètres cubes d'eau, qui, à 0 fr. 27 c. le mètre cube, feraient une dépense de 115 fr. 56 c. à l'heure.

Or, une machine à vapeur de 40 chevaux, construite dans les conditions économiques les plus défavorables, c'est-à-dire sans détente ni condensation, ne consommerait que 200 kilogrammes de charbon environ par heure, ce qui représente une valeur de 2 francs. L'entretien et la surveillance des chaudières à vapeur occasionnent des frais qui doivent être ajoutés à la consommation du charbon ; mais ils sont tout à fait insignifiants en comparaison de ceux qu'entraînerait l'emploi de l'eau.

Les chaudières à vapeur de la station centrale, à Londres, sont placées dans les caves, à côté des machines. Deux sont à foyer intérieur ; leur diamètre est de 1m.52, le diamètre du tube 1m.11 et la longueur totale 4m.90. La grille a 1m.52 de longueur. La troisième chaudière est tubulaire et verticale ; elle a 1m.83 de diamètre et 2m.14 de hauteur totale. Six tubes sont placés à l'intérieur. La pression maxima de la vapeur est de 2k.81 par centimètre carré.

MM. Siemens ont employé avec succès un appareil à faire le vide, qui est fondé sur le même principe que le tirage obtenu dans les locomotives, en lançant un jet de vapeur dans la boîte à fumée. Un jet de vapeur dirigé dans un tuyau d'une forme convenable, en communication avec la conduite souterraine, entraîne l'air de ce tuyau et fait le vide dans la conduite. L'effet utile dépend de la section de l'orifice d'échappement de la vapeur, de la longueur et de la section du tuyau où se fait le mélange d'air et de vapeur, et de la tension de celle-ci. MM. Siemens ont trouvé que cet aspirateur permettait d'obtenir le vide correspondant à une colonne de mercure de 0m.58 avec moins de dépense de vapeur que si on employait une machine à piston. D'après MM. Siemens, les frais d'achat et d'entretien seraient environ vingt fois moindres que ceux d'une machine ordinaire. Outre cet avantage, cet appareil se distingue par sa simplicité ; son installation n'exige qu'un espace restreint, la surveillance et les réparations en sont des plus faciles.

Nous allons décrire maintenant les tubes du système de MM. Siemens :

Ainsi que nous l'avons dit plus haut (page 78), deux tubes formant un circuit complet sont posés entre les deux bureaux extrêmes qu'il s'agit de desservir (fig. 24).

Des bureaux intermédiaires peuvent être intercalés dans ce circuit. Un courant d'air circule continuellement à travers les tubes dans la direction indiquée par les flèches. Pour expédier un étui d'un point quelconque de la ligne, il suffit de l'introduire

dans la conduite au moyen des valves spéciales que nous décrirons ; le bureau auquel cet étui est destiné, étant prévenu par un signal électrique, arrête l'étui à son passage au moyen de ces valves.

Si aucun des bureaux intermédiaires n'interceptait le passage d'un étui envoyé par le bureau central, cet étui reviendrait à ce bureau, après avoir parcouru toute la conduite.

Au lieu d'avertir chaque bureau en particulier, lorsqu'un étui lui est adressé, on pourrait fixer d'avance les moments précis où chacun d'eux devrait placer sa valve dans la position de réception. Cette répartition devrait être faite de façon qu'il n'y eût pas de retard par suite de l'insuffisance du nombre des envois, ou par la rentrée inopportune dans le circuit de certains bureaux.

Plusieurs circuits semblables (fig. 25), comprenant chacun un nombre plus ou moins élevé de bureaux intermédiaires, peuvent aboutir par leurs extrémités au bureau pourvu de machines. La force de celles-ci dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la longueur totale des tubes à desservir.

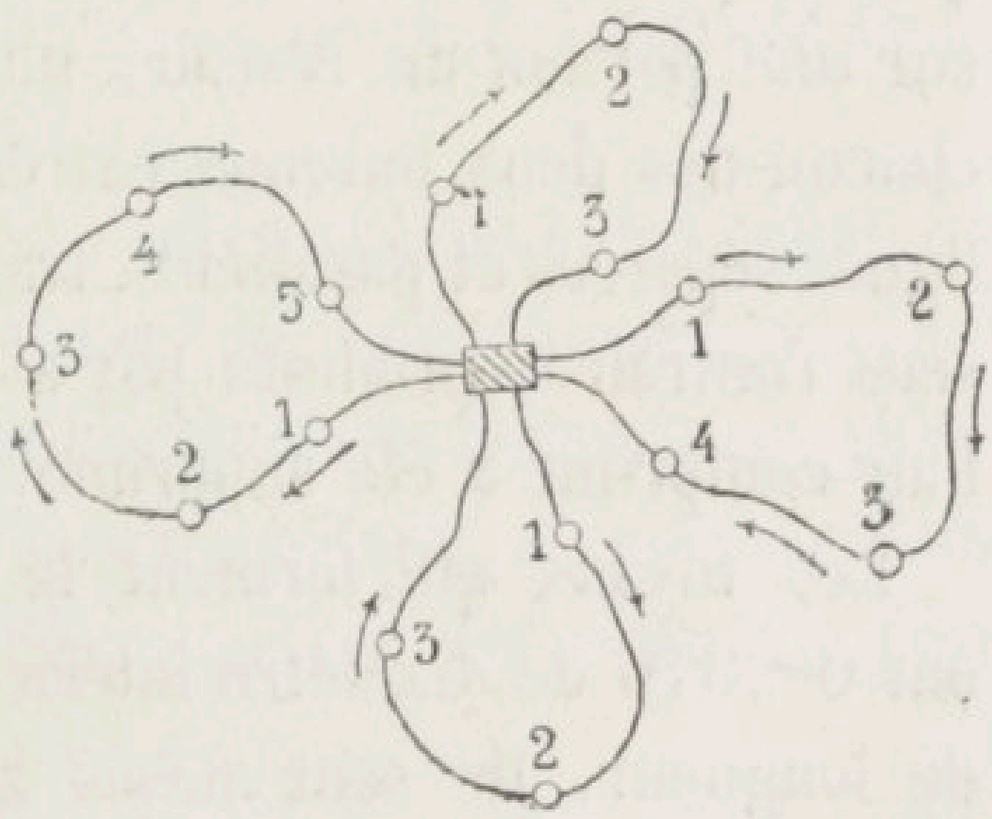


Fig. 25.

Les extrémités de chaque circuit sont en communication permanente, l'une avec un réservoir d'air comprimé, l'autre avec un réservoir d'air raréfié. La vitesse de transmission que l'on obtient par cette disposition est évidemment plus grande que celle que l'on aurait si l'on employait isolément le vide ou l'air comprimé.

Il est à remarquer que la pression intérieure de l'air varie en chaque point de la conduite. Lorsque aucun étui ne circule, cette pression, qui est à son maximum près du réservoir d'air com-

primé, va en décroissant avec la longueur du tube, passe par zéro, et acquiert ensuite des valeurs négatives représentant la dépression, laquelle est d'autant plus forte que l'on se rapproche davantage du réservoir de vide. La position du point où la pression est nulle varie avec les degrés relatifs de la pression et du vide et avec les sinuosités qui existent dans la conduite, celles-ci ayant pour effet de modifier le frottement. La conséquence de ceci est que la vitesse du courant d'air varie en chaque point. En effet, la même quantité d'air, en poids, devant passer en un temps donné par toutes les sections, les volumes et par conséquent les vitesses sont, d'après la loi de Mariotte, en raison inverse de la densité.

Nous avons dit que les mêmes réservoirs et les mêmes machines servent pour les tubes du système Siemens et pour ceux du système Clark. Comme nous en avons donné un aperçu plus haut, nous n'avons plus à y revenir. Nous ajouterons seulement que l'aspirateur de MM. Siemens ayant été adopté définitivement sur une portion du réseau, un de ces appareils a été installé à chacun des deux bureaux extrêmes, et le circuit divisé en deux lignes séparées et parallèles, traversées par des courants d'air de sens contraire, produits par aspiration seulement. L'emploi de l'air comprimé a été supprimé.

Les tuyaux qui forment la conduite sont en fer forgé. Ils ont $0^{m}.076$ de diamètre intérieur, $0^{m}.004$ d'épaisseur et $5^{m}.70$ de longueur. Ils sont alésés à l'intérieur. Leur assemblage se fait au moyen de manchons en fonte, dont la partie cylindrique intérieure est alésée, afin que les deux extrémités des tuyaux s'adaptent exactement l'une contre l'autre. La liaison est complétée par un bourrage au chanvre et au plomb. Les changements de direction se font à l'aide de tuyaux courbes, dont le rayon minimum est de $3^{m}.66$.

Les tuyaux sont enfouis dans le sol à une profondeur de $0^{m}.30$ environ. Ils sont disposés en pente vers des puisards placés de distance en distance, destinés à recueillir l'eau qui se condense

dans les tuyaux. Ces puisards se composent d'une caisse en fonte (fig. 26) terminée par un tuyau de même diamètre que ceux de

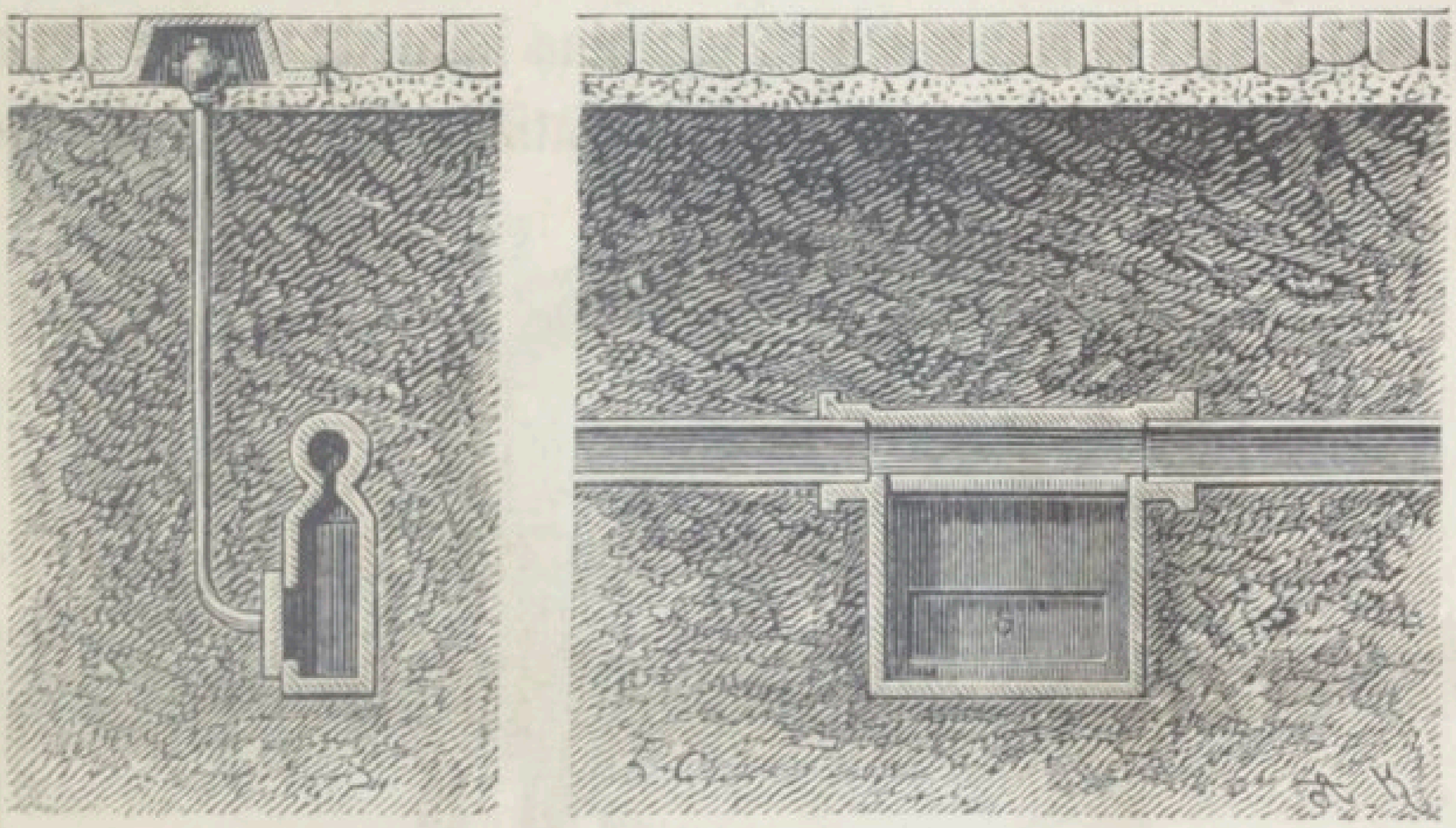


Fig. 26,

la conduite : un tube, fermé par un écrou à la partie supérieure, communiquant avec la boite et aboutissant dans une petite caisse en fonte placée au niveau de la chaussée, permet d'évacuer l'eau à volonté.

Les étuis sont analogues à ceux employés pour les tubes du système Clark ; ils diffèrent de ceux-ci par leurs dimensions, qui sont plus fortes ; en outre, ils sont munis d'un couvercle en gutta-percha qui est maintenu par une bande élastique, et une deuxième enveloppe de feutre, terminée en entonnoir, est ajoutée à l'extrémité de l'étui.

Les valves de réception et de transmission sont représentées figures 27, 28, 29 et 30. Ainsi qu'on peut le voir sur le croquis figure 29, chacun des tuyaux formant la conduite est muni d'une valve complète. Celle-ci se compose simplement de deux bouts de tuyau T et R, de même diamètre intérieur que la conduite, portés par un châssis mobile autour d'un axe A. On intercale à volonté, selon qu'il s'agit d'expédier ou de recevoir, l'un ou l'autre de ces tuyaux dans la conduite, laquelle est interrompue à cet endroit.

Le tuyau T étant creux sur toute sur sa longueur, il suffit, pour expédier un étui, d'y placer celui-ci et d'amener ce tuyau T dans le prolongement de la conduite, en appuyant vivement sur la poignée *p;* le courant d'air entraîne immédiatement l'étui dès que cette position, représentée en pointillés (fig. 29), est obtenue.

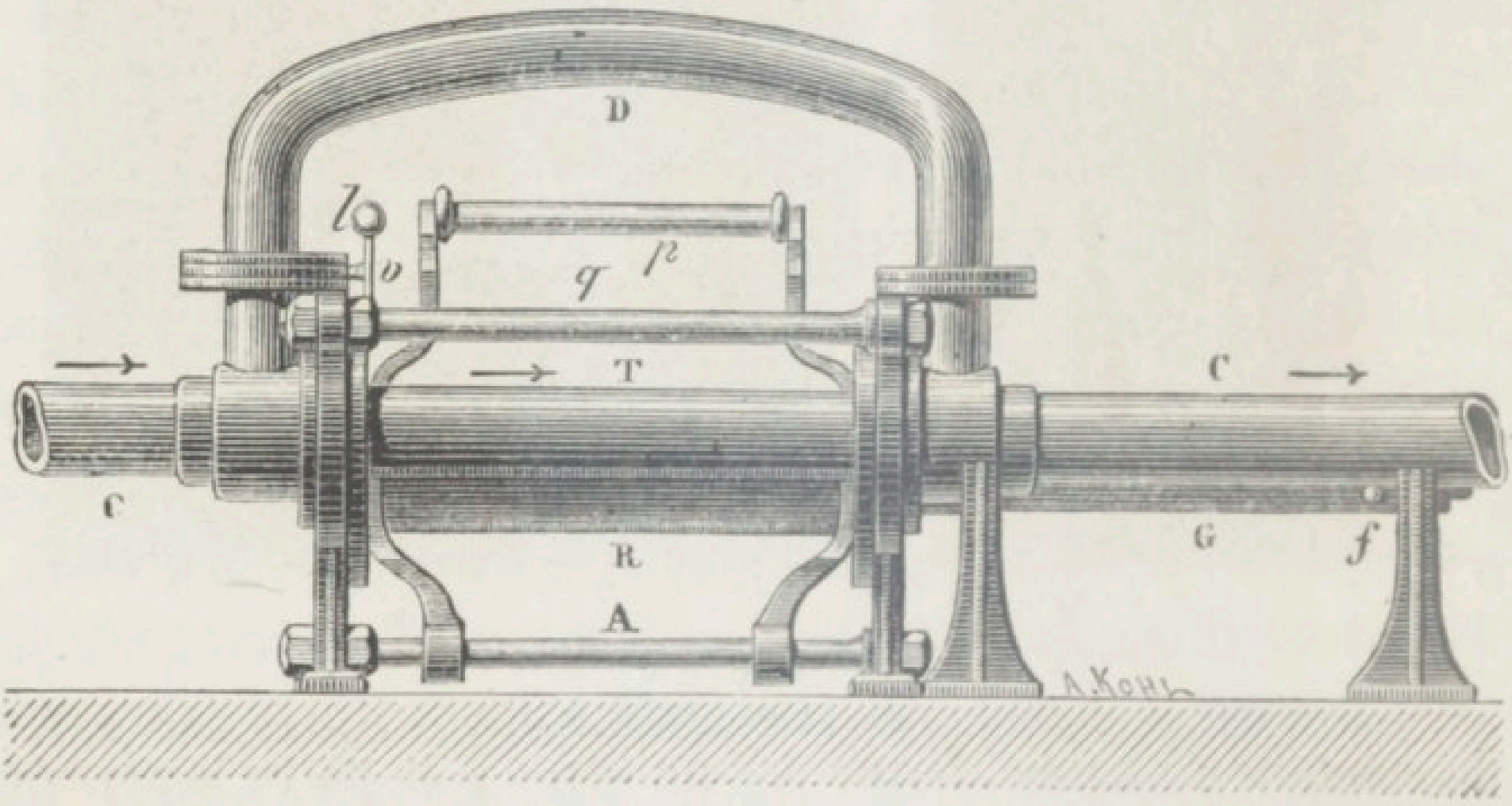


Fig. 27.

La position de réception est celle tracée en traits pleins dans la même figure et représentée figure 30. Le tuyau R, qui se trouve alors dans le prolongement de la conduite, est muni, à une de ses extrémités, d'un fond percé de petites ouvertures. En

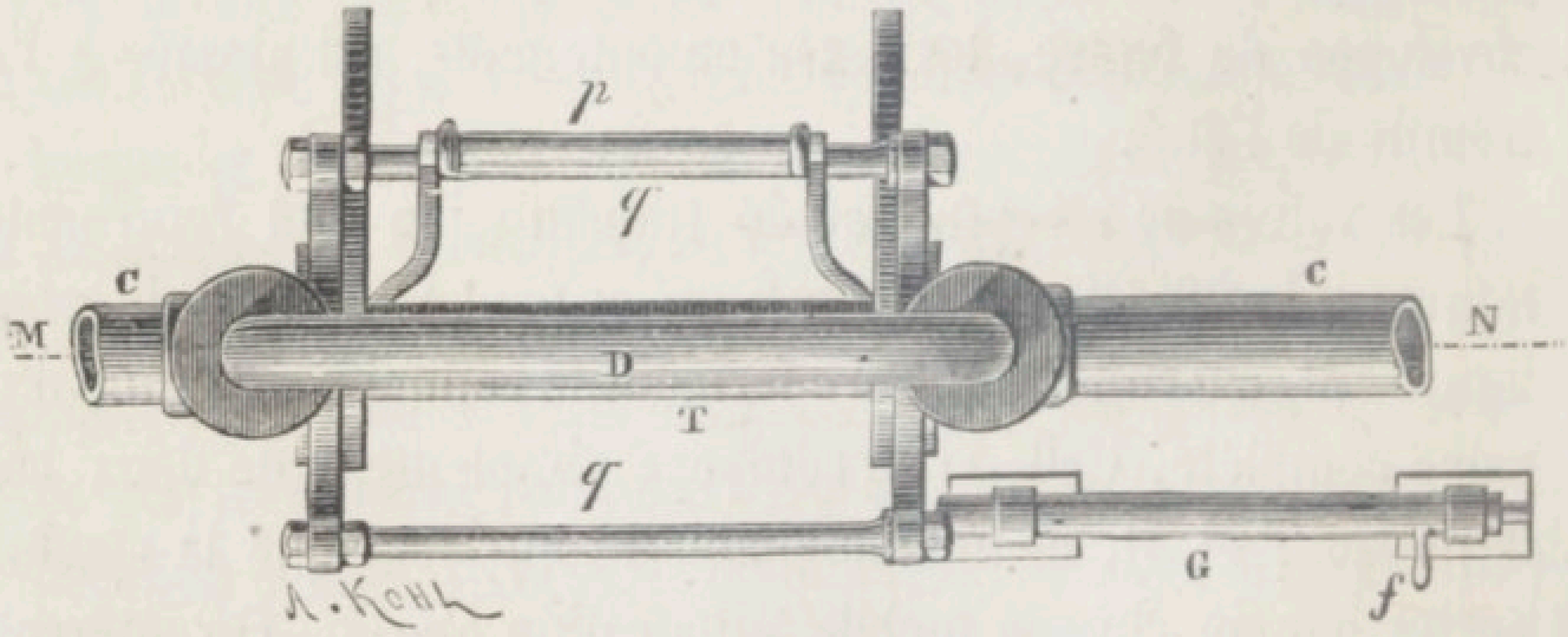


Fig. 28.

arrivant dans ce tuyau, l'étui comprime l'air qui s'y trouve et perd insensiblement sa vitesse ; l'air comprimé, s'échappant par

les orifices du fond, n'acquiert pas une tension suffisante pour rejeter l'étui en arrière, en vertu de son élasticité. L'étui arrivé dans le tuyau R intercepte le passage du courant d'air dans ce même tuyau. C'est l'un des avantages du système Siemens,

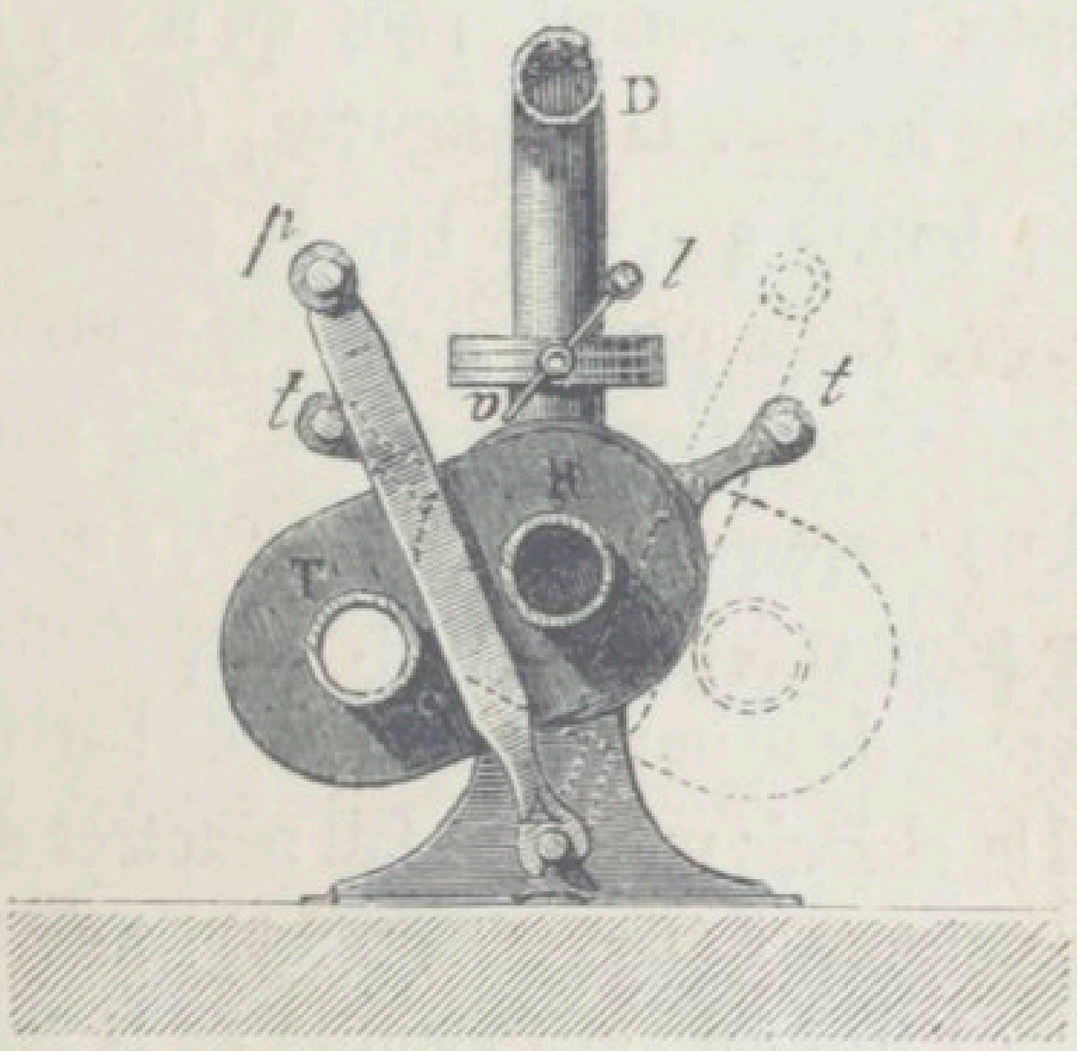


Fig. 29.

qui permet d'expédier simultanément des étuis en des points différents du circuit. Un tuyau de dérivation D facilite la circu-

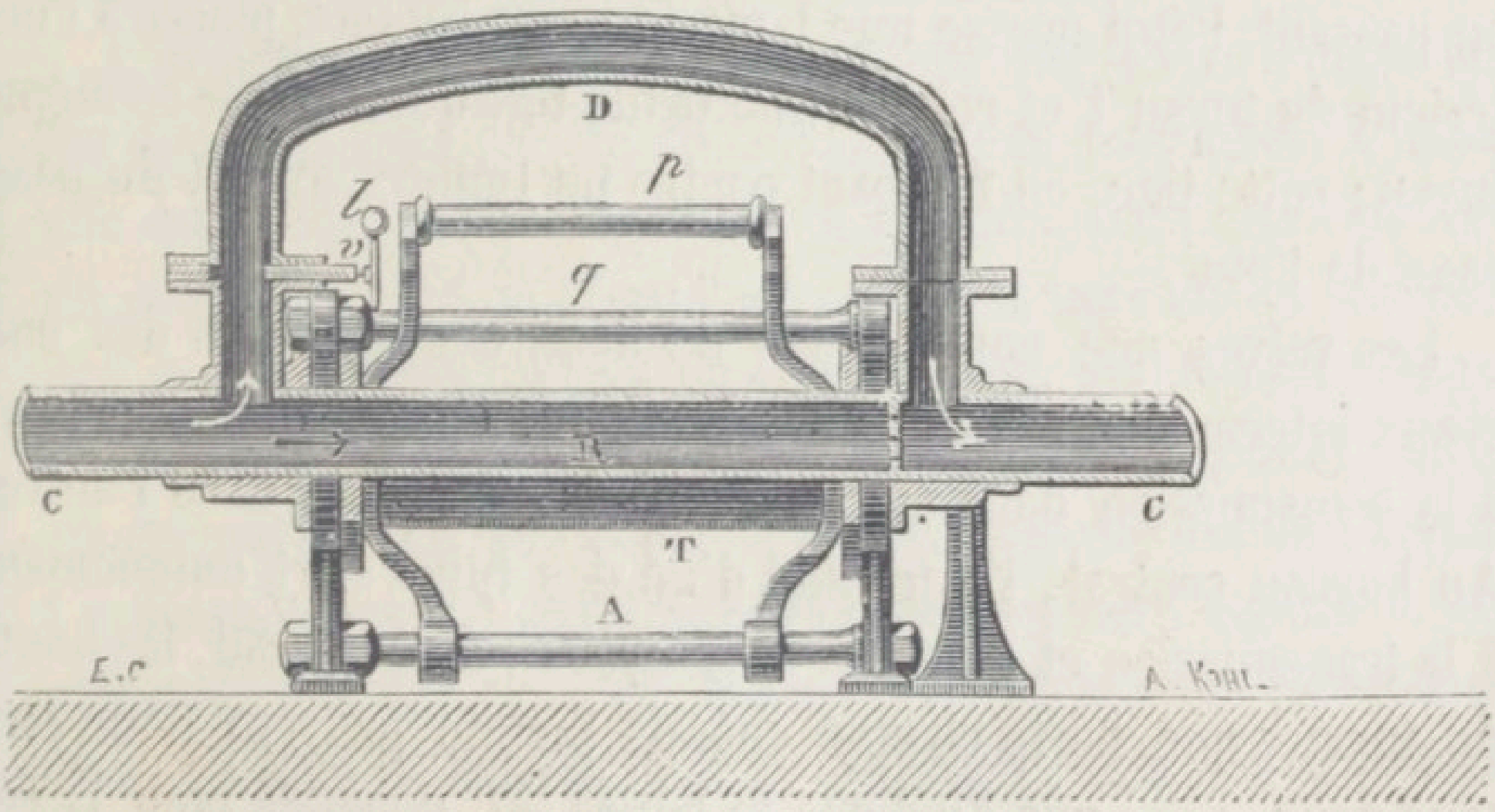


Fig. 30.

lation de l'air. Une petite valve v, qui est manœuvrée par le levier l et les taquets t que porte le châssis mobile, s'ouvre lorsque celui-ci est dans la position de réception, et se ferme lorsqu'on expédie un étui.

Deux tringles fixes *q*, en fer, limitent le mouvement de rotation du châssis, et relient d'une façon invariable les deux parties fixes de l'appareil.

Les surfaces de contact des parties fixes et mobiles sont planes et doivent s'adapter parfaitement, pour qu'il n'y ait ni perte ni rentrée d'air. Pour faciliter la manœuvre, une pédale, que l'on presse en même temps que l'on tire la poignée *p*, peut être ajoutée à l'appareil. Cette pédale n'est pas représentée dans les dessins. La boîte de réception R est, sur une partie de sa longueur, munie d'un couvercle plat, en verre, que l'on peut enlever au besoin pour retirer les étuis. L'apprenti chargé de la manœuvre s'aperçoit donc immédiatement de l'arrivée de ceux-ci. Alors il tire à lui le châssis mobile et fait pénétrer dans la boîte R, en poussant la poignée *f* (fig. 27 et 28), une tige qui glisse dans le guide G : l'étui est ainsi expulsé de la boîte R.

Lorsqu'un étui doit traverser un bureau sans y être arrêté, l'apprenti, ayant été informé de sa destination par un signal électrique, place le châssis mobile dans la position de transmission ; en passant, l'étui presse une lame formant ressort, placée à l'intérieur du tuyau T et reliée à une petite tige qui traverse ce même tuyau ; cette tige, en frappant contre un timbre, avertit du passage de l'étui.

Les valves que nous venons de décrire sont celles des bureaux intermédiaires. Dans ces bureaux, chacun des tubes sert à la transmission dans un sens et à la réception dans l'autre. Au bureau central, l'extrémité d'un des tubes sert uniquement à la transmission et l'autre à la réception. A ce bureau, les bouts de tuyaux que porte chaque châssis mobile peuvent donc être tous deux, ainsi que l'indique la figure 30, disposés pour la réception ou pour la transmission. A l'autre bureau extrême, une seule valve complète suffit.

Le système de MM. Siemens ne fonctionne, dans le Royaume-Uni, que depuis 1870. Il dessert à Londres le bureau central, la Cité, Charing-Cross, Temple-Bar et le Parlement.

Le courant d'air ayant une direction opposée dans les deux tubes qui traversent chaque bureau intermédiaire, la disposition peut être assimilée à celle d'un chemin de fer à double voie. Cette relation a fait adopter par l'administration des lignes télégraphiques, pour la transmission des signaux nécessaires à la manœuvre des valves, l'appareil électrique de M. Tyer, qui fonctionne sur un grand nombre de lignes de chemins de fer du Royaume-Uni, comme élément de sécurité pour la marche des trains. L'appareil complet qui se trouve à la station centrale, laquelle n'est en relation qu'avec un seul bureau, se compose d'une sonnette électrique, d'une caisse contenant les électro-aimants et les deux manipulateurs qui commandent les aiguilles, et d'un manipulateur spécial mettant en mouvement la sonnette du correspondant (fig. 31). L'aiguille supérieure est peinte en noir et l'inférieure en rouge. Un seul fil de ligne suffit pour la transmission des divers signaux. L'aiguille noire ne peut être mise en mouvement que par le correspondant; elle indique les signaux reçus; l'aiguille rouge répète les signaux envoyés, de façon que l'opérateur contrôle lui-même sa transmission.

L'armature des électro-aimants est une pièce d'acier ou de fer doux polarisée par un aimant; l'aiguille extérieure, à laquelle elle est reliée, dévie à droite ou à gauche, selon que l'on envoie un courant positif ou négatif, en appuyant sur l'un ou sur l'autre des manipulateurs. Après chaque passage du courant, l'aiguille conserve sa position par l'effet du magnétisme rémanant, qui a été rendu aussi fort que possible par la construction de l'appareil. Ce magnétisme est assez intense pour ramener l'aiguille à la position qu'elle doit occuper, si on l'écarte à la main de cette position, lorsque le courant a cessé de passer, dans le but de fausser le signal reçu. L'aimant qui polarise l'armature est réaimanté à chaque émission de courant.

Les avantages de cet appareil consistent dans l'absence de réglage, dans la faculté que possèdent les aiguilles de reprendre elles-mêmes leur vraie position, dans la conservation du magné-

tisme malgré les décharges d'électricité atmosphériques, et enfin dans une adhérence suffisante des aiguilles contre les pôles de l'électro-aimant, pour empêcher que les vibrations produites par le passage des trains ne changent les indications. Nous devons, toutefois, faire remarquer qu'un seul courant accidentel, dû au voisinage d'une nuée d'orage ou au contact d'un fil télégraphique, peut faire prendre aux aiguilles une fausse position.

A chaque envoi de courant, le marteau de la sonnette frappe une fois le timbre.

Le principe adopté pour l'expédition des étuis est celui du *block system*, qui consiste en ce que le signal du départ d'un train ne peut être donné avant la réception de l'avis indiquant l'arrivée du train précédent au poste suivant. Les signaux reçus, lesquels sont marqués par l'aiguille supérieure (noire), correspondent aux envois des trains, et les signaux transmis, indiqués par l'aiguille inférieure (rouge), se rapportent à l'arrivée des trains.

Chaque bureau intermédiaire devant correspondre dans deux directions, deux appareils semblables à celui que nous venons de décrire y sont nécessaires.

Afin de pouvoir distinguer de quel côté vient l'appel, le timbre d'une des sonneries est remplacé par une tige d'acier enroulée en spirale désignée par tam-tam sur le dessin.

Londres est, comme nous l'avons dit, la seule ville d'Angleterre où les tubes du système de MM. Siemens soient mis en service. Les tubes du système de MM. Clark et Varley existent dans cinq autres villes du Royaume-Uni. Ce sont Liverpool, Manchester, Glasgow, Birmingham et Dublin. Les résultats pratiques démontrent qu'il y a avantage, au point de vue de la vitesse, à employer des tubes de grand diamètre. Ils indiquent aussi que, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse est très variable suivant les conditions d'installation des tubes.

DÉRANGEMENTS. *Arrêt d'un train* (1). — Les dérangements

(1) *Annales télégraphiques* (1874).

qui se produisent pendant le voyage peuvent résulter d'un accident à la ligne, aux étuis ou aux appareils de bureau.

Les accidents de machine sont promptement réparés, et le train ne reste jamais longtemps en détresse par cette cause. Si

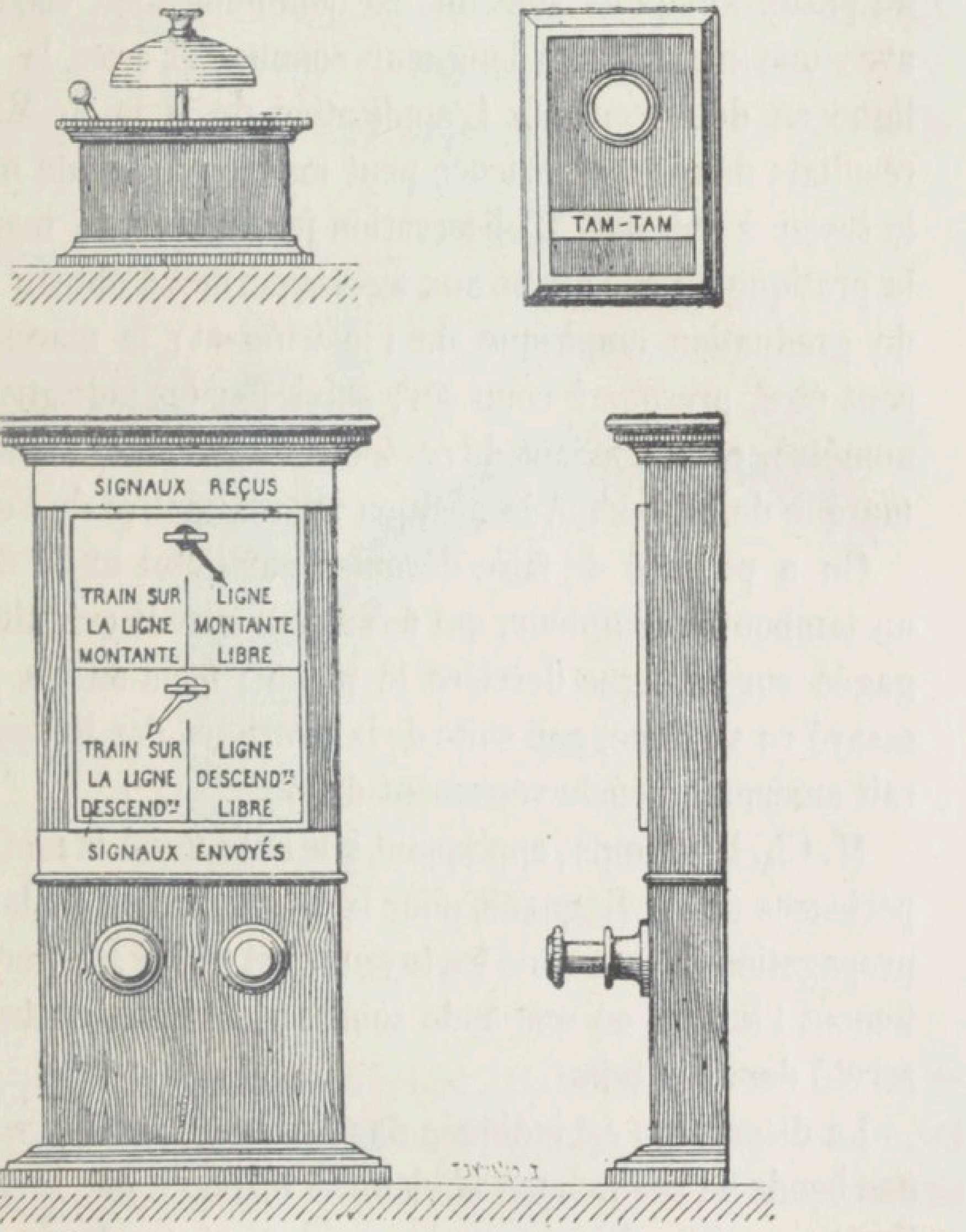


Fig. 31.

cette réparation demande du temps, le bureau correspondant peut, en soufflant dans le tube, faire revenir les étuis à la station qui les a expédiés.

Quand l'avarie s'est déclarée dans les wagons ou sur la ligne,

on arrive parfois à démarrer le train en augmentant le plus possible la pression de l'air à son arrière. Si l'on échoue, il faut pratiquer une fouille à l'obstacle et déterminer avec la plus grande précision possible le point où cette fouille doit être opérée. Pour cela, on observe la variation de la pression de l'air des réservoirs du poste, lorsqu'ils sont mis en communication successivement avec une ligne d'une longueur connue, et avec la portion de ligne en dérangement. L'application de la loi de Mariotte aux résultats de cette expérience peut indiquer à trente mètres près le tuyau à enlever. L'observation journalière du manomètre et la pratique qu'elle donne aux agents permet d'obtenir une espèce de graduation empirique de l'instrument; la marche de l'étui peut être, presque à coup sûr, suivie par les indications du manomètre, et en s'aidant de ces indications l'arrêt subit d'un train marque de lui-même la position approximative de l'obstacle.

On a proposé de faire dérouler par l'étui un fil enroulé sur un tambour à compteur, qui ferait connaître la quantité de fil engagée sur la ligne derrière le piston; mais on n'a pas encore essayé ce système, par suite de la courbure des lignes qui pourrait amener un enchevêtrement du fil.

M. Ch. Bontemps, appliquant à ce but spécial la méthode d'expériences de M. Regnault pour la détermination de la vitesse de propagation du son dans les tuyaux, est arrivé à noter très exactement l'instant où une onde sonore vient buter contre l'obstacle arrêté dans les tubes.

La disposition est indiquée dans la figure 32 (1). « On choisit une bande de caoutchouc faiblement vulcanisé *ab*, de 1/3 de millimètre environ d'épaisseur lorsqu'il n'est pas tendu, et dont le décimètre carré de surface pèse 4 grammes. On enchâsse cette membrane *ab* entre deux brides de métal réunies par des vis qui traversent des trous pratiqués dans la lame de caoutchouc. Au centre, on colle à la gomme laque un petit disque *c* en métal,

(1) *Annales télégraphiques* (1875).

au-dessus duquel est une vis pointue *d*. Un circuit électrique se ferme, quand *c* et *b* se touchent, par le gonflement de la membrane.

» On place à l'extrémité libre du tube la *membrane élastique*, dont les gonflements alternatifs peuvent être enregistrés sur un cylindre tournant au moyen de l'électricité. Une onde est produite dans le tuyau par la détonation d'un pistolet placé auprès de la membrane. Cette onde chemine dans le tube à la

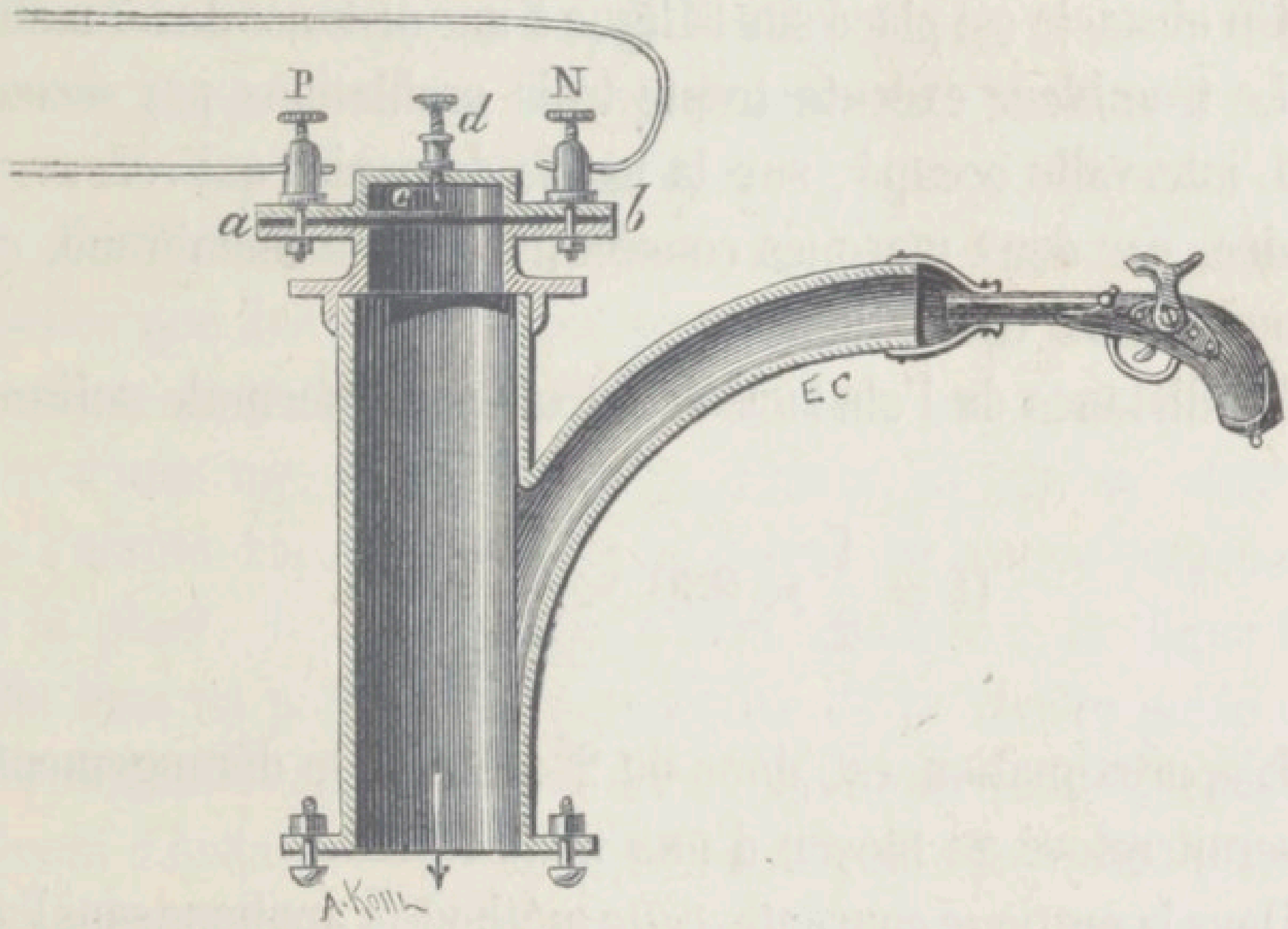


Fig. 32.

vitesse de 330 mètres par seconde, et vient buter contre l'obstacle; là elle se réfléchit, parcourt le tube en sens inverse, et gonfle la membrane. On a ainsi sur le cylindre une *première* marque.

» La membrane envoie l'onde contre l'obstacle qui la réfléchit de nouveau vers la membrane, ce qui permet d'obtenir sur le cylindre une *deuxième* marque. Si l'on réussit à évaluer l'intervalle de temps écoulé entre les apparitions des deux marques, il est aisé de voir que l'on pourra calculer la distance de la membrane à l'obstacle.

» Le chronographe dont se sert M. Bontemps porte trois traceurs actionnés par des électro-aimants. Le *premier* traceur est placé dans le circuit qui est fermé par les gonflements alternatifs de la membrane.

» Le *deuxième* traceur correspond à un régulateur électrique marquant les *secondes* sur le cylindre.

» Le troisième traceur subdivise l'intervalle de la seconde au moyen des vibrations d'un trembleur électrique.

» Voici un exemple d'une détermination pratique :

» Un obstacle est placé sur la ligne à une distance de 57 mètres.

» Le trembleur exécute trente-trois oscillations par seconde.

» L'intervalle occupé, sur la bande de papier qui recouvre le cylindre, par deux marques consécutives de la membrane, correspond à onze oscillations.

» La distance de l'obstacle se calcule par la formule suivante :

$$D = \frac{1}{2} \times 330 \times \frac{11}{33} = 55.$$

» L'approximation est donc de 2 mètres; le dérangement se trouverait relevé au moyen d'*une seule* fouille.

» Dans la pratique courante, cette méthode s'applique sans l'aide d'un chronographe enregistrant et d'une membrane en caoutchouc. Un simple chronomètre à pointage suffit à évaluer la durée avec la précision nécessaire. La perception du retour des ondes peut être faite soit à l'oreille, soit au moyen du bruit d'un sifflet, soit enfin par l'élévation brusque de la colonne d'un petit manomètre à eau adapté à la conduite. »

Accidents divers (1). — Nous citerons quelques exemples de dérangements constatés.

1° *Oubli du piston*. — L'air agissant alors directement sur les boîtes pénètre entre les enveloppes et tend à les séparer; les

(1) M. Ch. Bontemps. *Annales télégraphiques* (1875).

boîtes ne sont plus rassemblées ; on les voit arriver successivement, à l'extrémité du tube, ouvertes pour la plupart et avec les dépêches en désordre.

2° *Oubli d'un train.* — C'est presque incroyable, mais la chose est certaine. Par distraction, le facteur avait donné le signal de la réception bien avant l'arrivée du train. Lorsque vint le train suivant, il poussa le premier et se mit à sa place ; à l'arrivée on prit celui-ci pour celui-là, et ainsi de suite, une partie de la journée, on reçut d'autres hôtes que ceux qu'on attendait, jusqu'à ce que la vérification des bordereaux eût mis sur la trace de ce cas singulier.

3° *Boîtes engagées à contre-sens.* — Ce sont les mêmes péripéties que dans le premier exemple : le train se coïnce.

4° *Bris du piston.* — La collerette est fixée au piston au moyen d'une tige à vis. Un jour d'hiver, la tige se casse, le train s'arrête et, par l'effet de la gelée, se trouve emprisonné dans la glace. Le démontage n'était pas aisé ; la ligne était établie sous un pont, et la perspective de la rivière gelée elle-même déconseillait l'emploi d'un échafaud volant, difficile d'ailleurs à installer. On remplit d'eau chaude plusieurs pistons, et on les lança dans la partie encombrée ; peu à peu ils eurent raison de l'embarras, et l'on reçut à l'extrémité' avec les boîtes et les pistons, les glaçons désagrégés. Il restait encore l'écrou de la tige. Ce fut l'affaire d'un second envoi, dirigé cette fois de façon que le piston arrivât très lentement sur l'objet à entraîner, pour le pousser devant lui et le faire sortir à son tour.

5° *Accident au tuyau.* — Lorsque les tubes sont posés en tranchée, le sol fréquemment remué par les travaux de canalisation d'eau ou de gaz et de réfection des chaussées, les coups de pioche sont à craindre. S'ils ne percent pas le tuyau, ils l'aplatissent ; il est inutile d'ajouter que c'est une cause d'arrêt pour le train, quand il arrive au point touché. Les fuites d'air, qui sembleraient devoir être fréquentes, ne se sont au contraire jamais produites, même dans les parties où, comme dans

l'exemple numéro 4, la ligne suit les oscillations du tablier du pont qui la porte.

6° *Essai de nouveaux chariots*. — On avait pensé qu'un piston garni sur sa surface d'une véritable brosse aurait un excellent effet pour enlever de la ligne les poussières et la boue qu'elle peut renfermer. Malheureusement, ce que la brosse enlève, elle le porte dans un point bas ou étranglé, et, après quelques voyages, elle vient s'y fixer elle-même sans qu'il soit possible de la faire démarrer avec la pression.

Service pendant un dérangement [1]. — Tout en cherchant à faire arriver les dépêches en souffrance, il faut encore s'occuper de ne pas retarder les suivantes.

Voici les règles adoptées en pareil cas :

Pendant que les recherches et les essais se font sur la portion de ligne en dérangement qui est comprise entre deux bureaux, on organise un service de voitures partant chaque quart d'heure de l'extrémité de la lacune et transportant le train à l'autre poste avec une perte de temps minime. Lorsque le dérangement peut être relevé dans un intervalle de moins de quatre heures, il n'y a pas de meilleure solution.

S'il arrive que la durée de l'interruption se prolonge, le tracé polygonal fournit le moyen d'assurer le service en substituant au train circulaire des trains dans les deux sens avec croisement. Dans ce cas, les appareils de production d'air comprimé, à chacune des stations autres que celles où se trouve le dérangement, auront à fournir une provision double de celle qui est nécessaire dans l'exploitation régulière. Il en résulte une perte de temps en passant d'un mode d'exploitation à un autre. Aussi préfère-t-on l'emploi des voitures sur la section interrompue, quand l'interruption peut être réparée en moins de quatre heures.

Réseau de Paris. — M. Ch. Bontemps donne des détails

(1) *Annales télégraphiques* (1875).

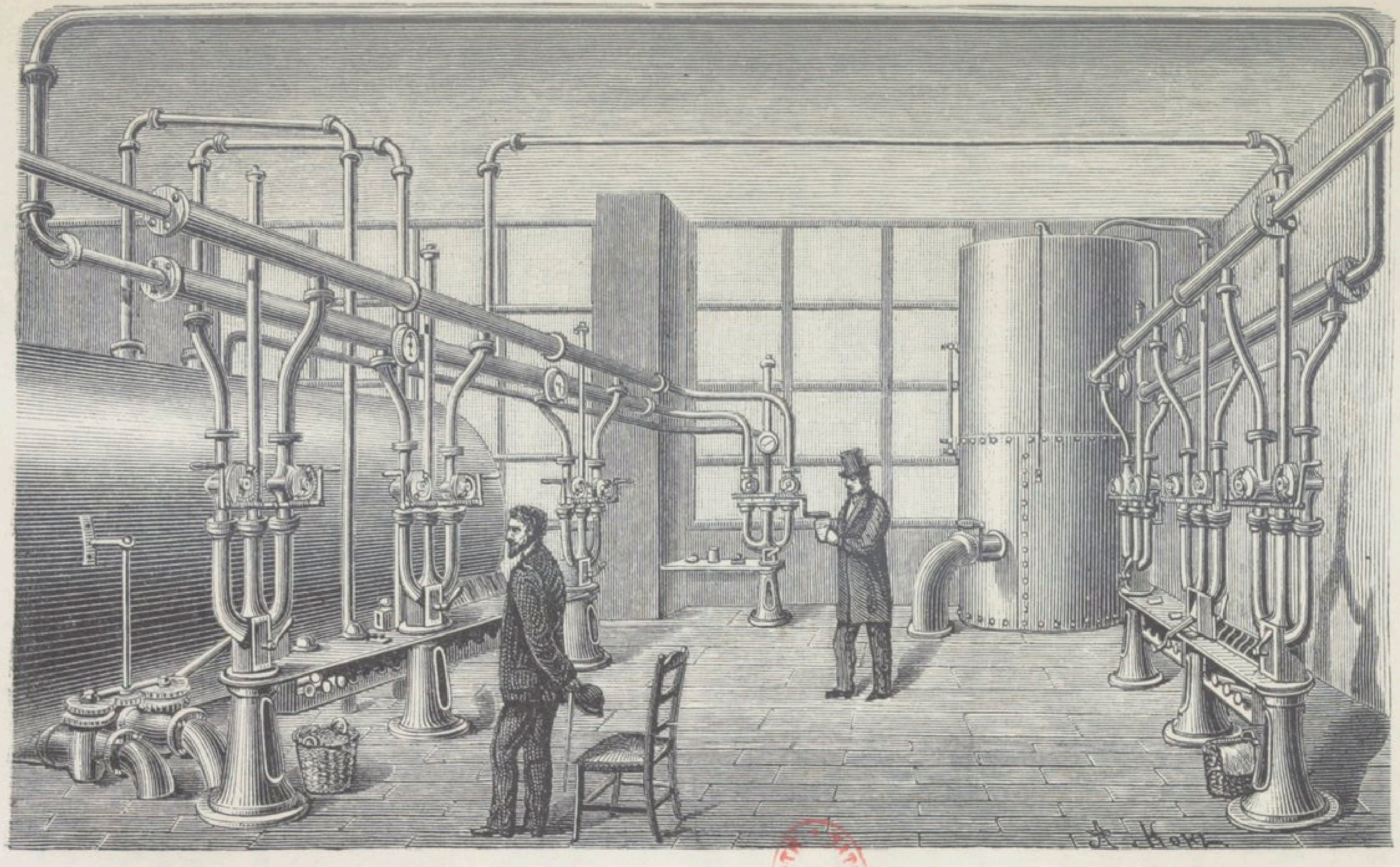


Fig. 33.

très circonstanciés (1) sur l'établissement du réseau de Paris. En 1866, une ligne d'essai rejoignant la Bourse au Grand Hôtel fut établie et fonctionna régulièrement au moyen d'air comprimé par l'eau de la ville. La canalisation fut ensuite prolongée du Grand Hôtel à la rue Boissy-d'Anglas, puis de là à la station centrale, rue de Grenelle-Saint-Germain. Cette station fut ensuite reliée à la Bourse par une seconde communication en passant par les succursales de la rue des Saints-Pères, de l'hôtel du Louvre (rue de Rivoli), de la rue Jean-Jacques-Rousseau qui fut rejointe à la Bourse. Ces travaux furent complétés en 1867.

De nombreuses branches ont été installées depuis, et de grands travaux vont être prochainement entrepris pour compléter le réseau pneumatique de Paris, qui pourra, de la sorte, desservir la poste (2) aussi bien que le télégraphe. Nous donnons plus loin le plan du réseau de Paris, que nous devons à l'obligeance de l'ingénieur chargé du service des tubes pneumatiques. Les deux figures 33 et 33 *bis* montrent l'arrangement

(1) *Annales télégraphiques* (1875).

(2) Le nombre des cartes télégrammes circulant par la voie des tubes pneumatiques a déjà plus que doublé dans Paris depuis qu'en exécution du récent arrêté de M. Cochery, le prix en a été réduit, le 1er juin 1880, à 30 centimes. Voici, à ce sujet, quelques renseignements intéressants.

Il résulte des observations faites depuis le 1er mai sur la marche du service que si une dépêche n'a qu'une section à parcourir, il faut compter 8 minutes entre l'heure du dépôt et l'heure d'arrivée au bureau destinataire. Dans ces 8 minutes, est compris le temps employé pour les mesures d'ordre. Chaque section au delà nécessite actuellement 5 minutes, y compris le transbordement. Ainsi, une carte met, pour arriver, 13 minutes si elle a deux sections à franchir, 18 minutes si elle en a trois, 23 minutes si elle en a quatre, et ainsi de suite.

La plus grande partie des correspondances pneumatiques parcourt de une à huit sections; il existe cependant quelques parcours de onze sections et même un de douze, celui de la Bastille à la place du Trône. Pour ce dernier, le trajet peut atteindre jusqu'à 1 h. 30 m.

Mais, grâce à la mise en place de nouvelles cuves, la durée du parcours de chaque section va pouvoir être réduite de beaucoup, et le service sera ainsi considérablement amélioré.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

général du service pneumatique dans une station importante.

Les tubes pneumatiques ne fonctionnent pas en province, à l'exception toutefois de Marseille, où le poste central, situé sur la place de la Préfecture, a été relié à la Bourse par un tube pneumatique d'environ 800 mètres.

A côté du réseau de Paris et de la description du réseau de Londres, nous avons pu donner le plan du réseau de Berlin, et nos lecteurs peuvent ainsi comparer l'établissement du service des tubes pneumatiques dans les principaux grands centres de l'Europe.

C'est le 1er décembre 1876 qu'a été ouvert à Berlin le service des tubes pneumatiques, qu'utilisent conjointement la poste et la télégraphie, et qui a reçu en Allemagne le nom de *poste tubulaire*.

Nous avons vu déjà que l'utilité du télégraphe électrique est, pour les courtes distances, relativement moindre que pour les grandes distances, car la vitesse absolue de la transmission télégraphique est presque indépendante de la distance. Pour les petites distances, la transmission par l'air comprimé présente donc des avantages sensibles sur la transmission électrique, en permettant l'expédition simultanée de plusieurs télégrammes ; tandis qu'avec les appareils électriques, la transmission des télégrammes, c'est-à-dire des mots et des signes, ne s'opère que successivement.

Le nombre des bureaux de la poste tubulaire de Berlin, qui était de 15 au début, s'élève maintenant à 23. Ces bureaux desservent les parties les plus importantes de Berlin, et sont reliés avec la station centrale des télégraphes et entre eux par un réseau pneumatique. La longueur totale des tubes est de 38.71 kilomètres. L'air comprimé et l'air raréfié nécessaires pour le fonctionnement de la poste tubulaire sont fournis par six installations, pourvues chacune de deux machines à vapeur avec les pompes pneumatiques qui en dépendent. La transmission

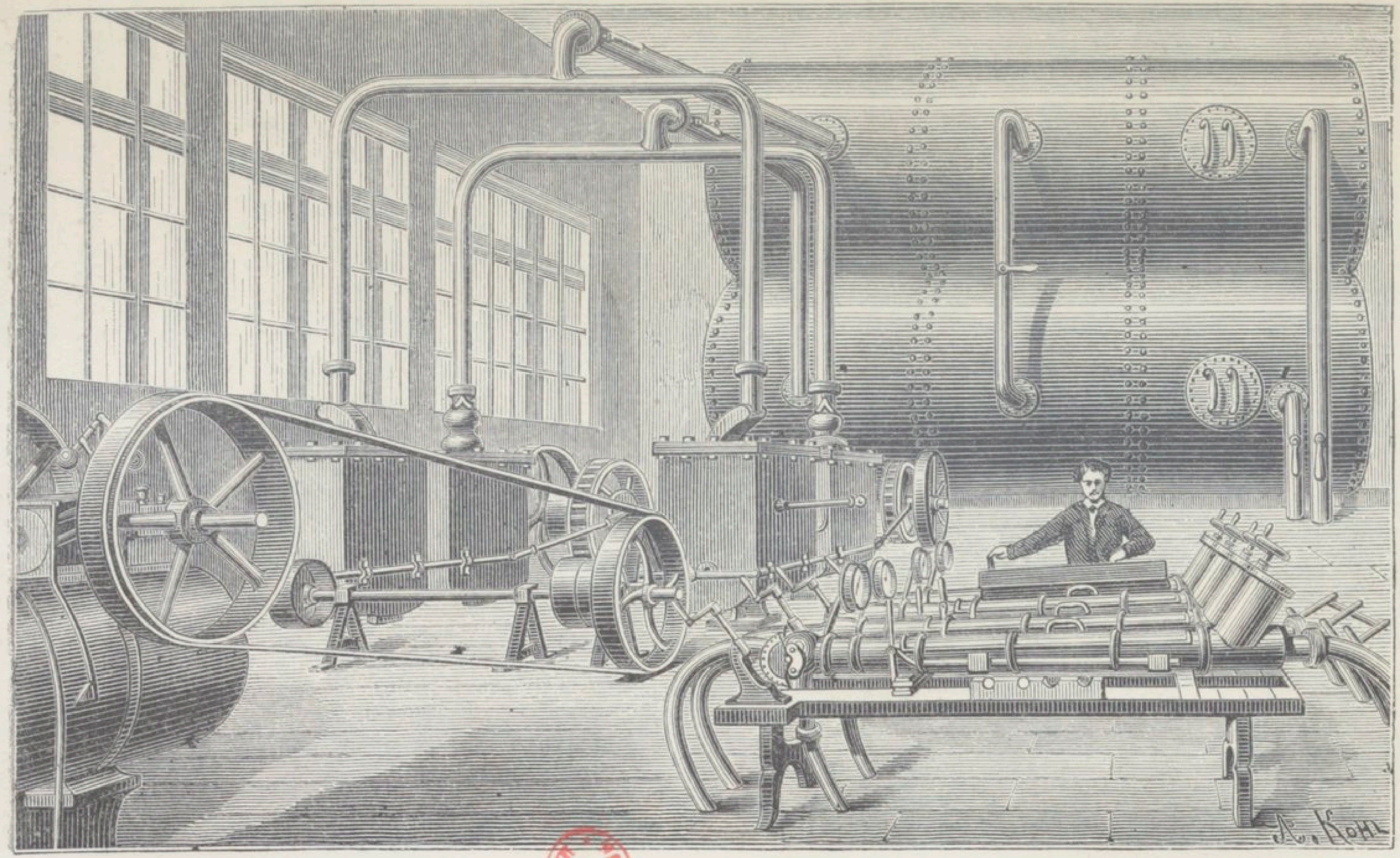


Fig. 33 bis.

s'opère avec une vitesse moyenne de 1 000 mètres par minute.

L'établissement de la poste tubulaire, à Berlin, a nécessité une dépense de 2 736 700 marcs, en y comprenant l'acquisition des terrains.

La poste pneumatique permet de faire parvenir à leurs destinataires, une heure après leur consignation, les lettres et cartes postales échangées dans les limites du district intérieur de la poste tubulaire. Cette dernière sert, en outre, à répartir les télégrammes reçus à Berlin par la voie télégraphique et ceux qui doivent partir du bureau central par la même voie. On emploie aussi la poste tubulaire pour les lettres et paquets à destination de l'extérieur, quand l'heure du départ des trains de chemins de fer est trop rapprochée pour que les envois puissent y parvenir par les modes de transport ordinaires. On utilise aussi la poste tubulaire pour les correspondances arrivant de l'extérieur.

La moyenne des expéditions faites en 1877 et 1878 a été d'environ 1 500 000 par année.

L'utilité de la poste tubulaire est si bien reconnue que l'administration allemande veut non seulement développer le réseau de Berlin, mais aussi doter d'autres villes de ce moyen important de communication.

La pression de l'air permet aussi d'obtenir des signaux à de courtes distances à travers des tubes étroits, et au moyen de compressions insignifiantes. Nous reproduisons ci-contre une sonnerie Walcker à air comprimé (fig. 34) qui est le type de ces appareils à pression (1).

Un tube *tt* transmet la pression exercée à la main sur une poire en caoutchouc P placée au départ. La poche A se gonfle, et sa paroi *b* soulève le mouvement de sonnette *def*, qui actionne le marteau *g* et fait résonner le timbre *cc*. En donnant à la poire les dimensions $0^m.07$ sur $0^m.5$, et en employant comme conducteurs des tubes de plomb de $0^m.005$, on peut transmettre

(1) Ch Bontemps. *Annales télégraphiques* (1875).

un signal jusqu'à 250 mètres. Ce système permet également la transmission à distance, et le cordon d'une porte peut être remplacé par une poire et une conduite de cette nature pour faire déclancher un loquet, lorsque la loge du concierge est éloignée et que la communication n'est pas directe.

M. Guattari, de Berlin, a construit un télégraphe à air comprimé qui ressemble absolument à un Morse, et reproduit tous les signaux connus de ce système.

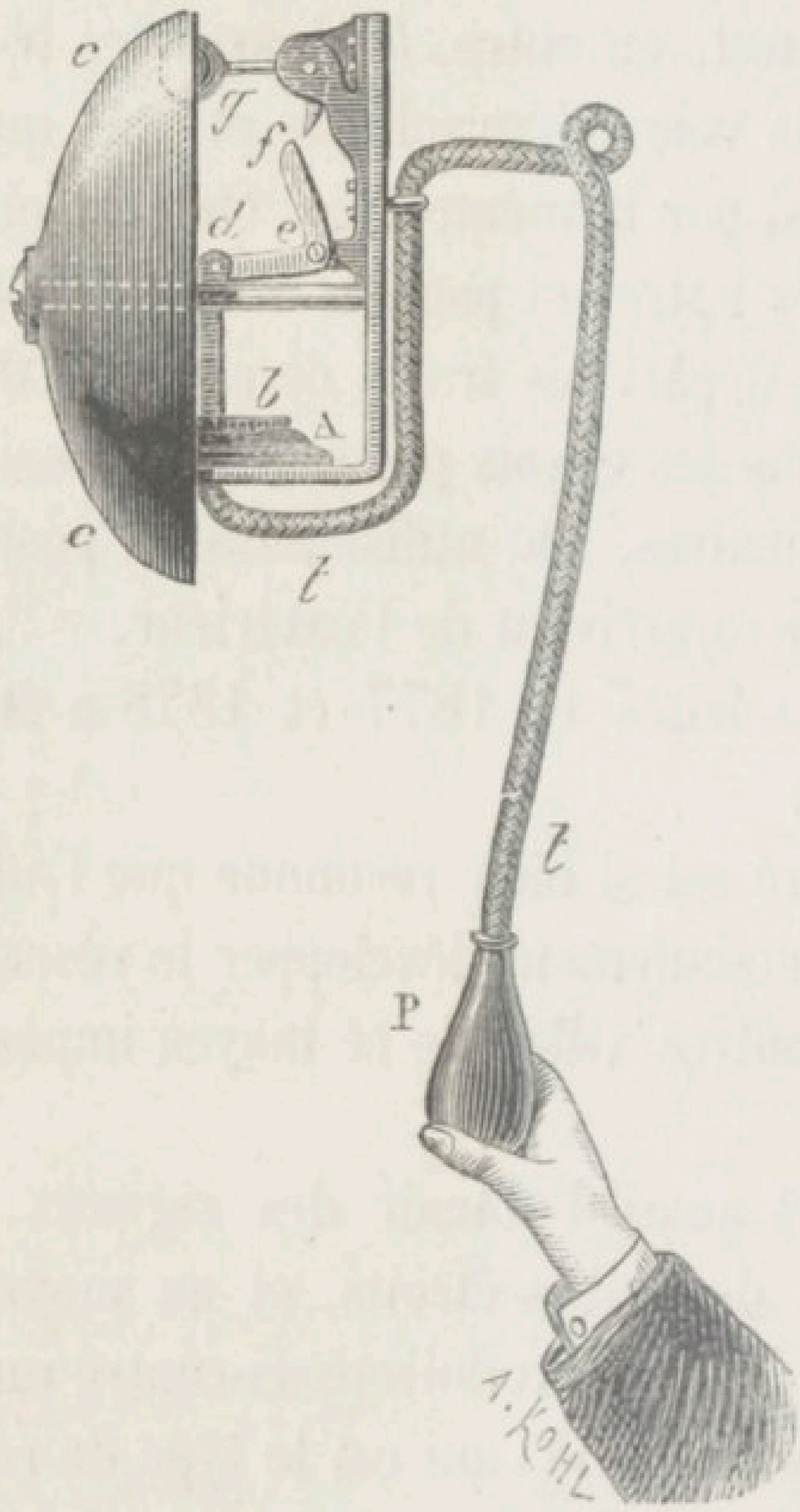


Fig. 34.

Il charge un réservoir d'air comprimé au moyen de pompes à main ou de tout autre moteur, et maintient ce corps élastique à la pression convenable pour former ses signaux. Son appareil, qui a été exposé à Naples en 1870, a permis d'envoyer des signaux rapides et très précis à la distance de douze kilomètres. M. Guattari réclame pour son système l'avantage de toute absence d'électricité, ce qui permettrait son emploi dans les mines, dans certains dépôts d'huile minérale, etc. Les craintes qu'il exprime au sujet du pouvoir inflammable de l'étincelle produite par les appareils de télégraphie électrique actuels sont sans doute exagérées ; mais ses appareils peuvent être, néanmoins, utilisés avantageusement partout où la distance à parcourir ne dépasse pas certaines limites.

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE.

Premiers essais. — Sœmmering, Schilling, Gauss et Weber. — Leur télégraphe. — Steinheil. — Introduction de la télégrapie commerciale en Angleterre par MM. Cook et Wheatstone. — Introduction du télégraphe électrique en France par MM. Bréguet et Gounelle. — Développement européen. — Historique du télégraphe sous-marin.

Nous sommes les petits de ces grands lions-là.
V. Hugo.

L'art de télégraphier au moyen du galvanisme et de l'électromagnétisme est certainement une des plus intéressantes applications de la science. Cet art a fait de tels progrès depuis cinquante ans, que le réseau actuel des lignes télégraphiques actionnées par l'électricité englobe la terre entière; ce réseau s'étend chaque jour jusqu'aux moindres localités, et resserre de plus en plus les liens qui rattachent l'humanité.

Il est intéressant de rechercher celui qui fit le premier marcher

un télégraphe au moyen d'une pile électrique. Cet honneur revient tout entier au baron Schilling, officier de l'armée russe, qui construisit à Saint-Pétersbourg le premier télégraphe électro-magnétique, et nous verrons comment ce fait détermina l'introduction des télégraphes électriques en Angleterre.

On sait que Sœmmering (1), en Allemagne, avait construit un télégraphe dans lequel les signaux étaient produits par l'action du courant galvanique dans l'eau qu'il décompose. Il reste à fixer l'époque exacte et la cause de cette découverte; car les auteurs diffèrent tous sur cette époque, et Steinheil lui-même, qui vivait dans la même ville que Sœmmering, commet une erreur de date. Poppe et Kohl, comme Steinheil, ne décrivent d'ailleurs pas correctement l'appareil.

Le 6 août 1880, il y a eu 71 ans que ce premier télégraphe galvano-électrique fut construit.

Le docteur Samuel-Thomas von Sœmmering, né à Thun en 1755, et décédé en 1830 à Francfort-sur-le-Mein, avait fait ses études à l'Université de Gœttingen. Nous le trouvons professeur d'anatomie à Mayence de 1785 à 1796; puis, médecin pratiquant à Francfort jusqu'en 1805; ensuite à Munich, où il devint membre de l'Académie des sciences et conseiller privé du roi de Bavière.

Le galvanisme l'avait occupé, comme Humboldt et d'autres, et il recherchait à l'appliquer à la découverte des mystères de la physiologie. Dès le mois de novembre 1801, son attention s'était surtout fixée sur l'action chimique du courant galvanique, et en janvier 1808, aidé du chimiste Gehlen, son collègue de l'Académie, il communiqua à ce corps savant les brillantes découvertes chimico-galvaniques de Humphry Davy, dans son laboratoire de l'Institution royale de Londres.

Sœmmering, abandonnant la voie des télégraphes optiques, chercha si l'évolution visible du gaz qui résulte de la décompo-

(1) Historical account of the introduction of the Electric Telegraph, by Dr Hamel, *Journal of the Society of Arts* (juillet 1859).

sition de l'eau par l'action du courant galvanique ne pourrait pas lui fournir le moyen de communication désiré, et il inscrit dans ses notes : « Je ne me suis pas reposé jusqu'à ce que j'aie pu réaliser mon idée de faire un télégraphe au moyen de l'évolution du gaz. »

Le 22 juillet, son appareil était si avancé qu'il pouvait fonctionner, et il écrit : « Enfin, mon télégraphe est terminé ; » puis : « La nouvelle petite machine télégraphique fonctionne bien. »

Il l'améliora toutefois encore, et ce ne fut que le 6 août qu'il considéra son télégraphe comme complet. Il en était enchanté, car il le faisait fonctionner à travers un circuit de 724 pieds, et il note ce jour-là : « J'ai essayé mon appareil, maintenant complet, et il répond entièrement à mon attente. Il fonctionne avec vitesse à travers des fils ayant deux fois 362 pieds prussiens, ce qui forme un circuit de 724 pieds. »

Deux jours plus tard, ce circuit était élevé à mille pieds, et le 18 à deux mille.

Enfin, le 29, il présenta son appareil à l'Académie des sciences de Munich.

Le baron Larrey (1), revenant de l'armée, visita son ami Sœmmering, qui ne manqua pas de lui montrer son télégraphe. Il fut de suite convenu que Larrey l'emporterait à Paris pour le présenter à l'Institut.

L'appareil fut en effet présenté à l'Institut ; mais aucun rapport ne fut rédigé par la commission d'examen.

Sans doute le télégraphe de Chappe paraissait suffisant à l'Académie.

A l'époque où Sœmmering fut nommé membre de l'Académie des sciences de Munich (1805), un officier russe, le baron Pawel Lwowitsch Schilling (de Cronstadt) était attaché à la mission militaire de l'ambassade.

(1) Il intéressera sans doute quelques-uns de nos amis d'apprendre que le baron Larrey fit sa dernière opération chirurgicale à Bône, lors d'un voyage en Algérie qu'il entreprit en 1842, année de sa mort.

Cet officier vit les expériences de Sœmmering, en 1810, et fut tellement frappé de l'utilité de l'invention qu'il fit, dès ce jour, son étude favorite du galvanisme et de ses applications. Ce fut vers cette époque (le 23 août 1810) que Sœmmering inventa la première sonnerie électrique. En voici la description sommaire : Le gaz, s'élevant dans deux tubes pleins d'eau sous l'influence des pointes électrisées, s'accumulait sous une espèce de cuillère en verre dont le levier, en s'abaissant graduellement, opérait le déclanchement d'un autre levier qui libérait une petite balle en plomb, dont la chute sur un timbre produisait l'alarme. Ce petit appareil causa une grande joie à Sœmmering.

Cette sonnerie n'est pas représentée dans la description du télégraphe de Sœmmering, dans les *Mémoires* (Denkschriften) *de l'Académie de Munich* publiés en 1811, qui ne contient que la description sommaire que nous avons reproduite ci-dessus.

Le 7 septembre 1810, Sœmmering et Schilling expérimentèrent le télégraphe avec des fils recouverts d'une solution de caoutchouc, puis d'un vernis. C'est sans doute la première application d'une matière isolante soluble sur un fil conducteur. Sœmmering habitait alors la maison de Leyden, et son fil solé faisait plusieurs fois le tour de cette habitation.

Au printemps de 1812, Schilling, poursuivant l'amélioration de l'isolement des conducteurs électriques, les avait suffisamment isolés pour pouvoir envoyer le courant sans perte à travers de longues distances sous l'eau. La guerre pendante entre la France et la Russie rendait Schilling anxieux de pouvoir relier le champ de bataille aux places fortes au moyen d'un câble de ce genre. Il voulait aussi faire sauter des mines à travers les cours d'eau. Son moyen d'enflammer la poudre était remarquable pour l'époque et consistait à obtenir, de deux morceaux de charbon de bois taillés en pointe, la flamme qui devait embraser la mine. Dans l'automne de 1812, il fit sauter plusieurs mines de cette façon à travers la Néva, à Saint-Pétersbourg.

Ayant rejoint l'armée à la fin de 1813, il fit la campagne de France en 1814, et, étant entré dans Paris le 31 mars, à la suite de l'empereur Alexandre Ier, il reprit ses expériences durant son séjour dans la capitale, où l'on put le voir plusieurs fois faire sauter des mines au moyen du courant électrique à travers la Seine (1).

A son retour à Munich, en 1815, Schilling communiqua à Sœmmering un petit livre imprimé à Paris, en 1805, et intitulé : *Manuel du galvanisme*, par Joseph Izarn, professeur de physique au lycée Bonaparte. Ce manuel fait mention de la découverte de Romagnesi. Toutefois, ni Sœmmering ni son ami ne furent frappés de l'application pratique que la découverte de Romagnesi pouvait recevoir. Sœmmering et Schilling connaissaient donc la découverte de Gian-Domenico Romagnesi, et ils avaient lu son mémoire publié à Trente, le 3 août 1802, et commençant ainsi : « Il signore consigliere Gian-Domenico Romagnesi si affretta a communicare ai fisici dell' Europa uno sperimento relativo al fluido galvanico applicato al magnetismo. » On connaît l'importante découverte de Romagnesi, qui avait fait dévier une aiguille aimantée sous l'influence d'un courant galvanique.

On sait que l'année 1820 ouvrit une ère nouvelle à l'électricité. C'est à dater d'alors que l'avenir de la télégraphie électrique pouvait être prévu.

Hans Christian Œrsted avait étudié plus attentivement que Romagnesi les effets d'un courant voltaïque sur l'aiguille aimantée. Arago avait communiqué à l'Académie des sciences les expériences d'Œrstedt, et Delarive, en septembre 1820, avait répété avec Pictet ces expériences à Genève.

On a prétendu qu'Œrstedt avait eu connaissance de la décou-

(1) Fort peu de temps avant sa mort (août 1837), Schilling avait commandé à un chantier de construction de cordages, un câble sous-marin devant unir Cronstadt à la capitale à travers le golfe de Finlande pour la correspondance télégraphique.

verte faite, en 1802, par Romagnesi. Nous avons vu que cette découverte avait été indiquée dans le *Manuel du galvanisme* d'Izarn; elle était pareillement décrite dans un livre publié en 1804, à Paris, par Giovanni Aldini (neveu de Galvani) et intitulé : *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, imprimé à Paris en 1804 et dédié à Bonaparte. Il dit, à la page 191 : « M. Romagnesi, physicien de Trente, a reconnu que le galvanisme faisait décliner l'aiguille aimantée. »

Œrstedt, qui vint à Paris en 1802 et 1803, et de nouveau en 1813, fut chaque fois en relation avec Aldini. Le manuel d'Izarn, imprimé en 1805, semble reproduire textuellement ce passage du livre d'Aldini imprimé en 1804; voici ce passage : « D'après les observations de Romagnesi, physicien de Trente, l'aiguille déjà aimantée et que l'on soumet au courant galvanique éprouve une déclinaison. » N'est-ce pas là littéralement ce que le monde a été habitué à appeler, depuis 1820, la découverte d'Œrstedt. Il était certainement dû à Romagnesi de le reconnaître comme ayant défriché un terrain qui a tant rapporté à d'autres depuis.

Le livre d'Aldini fait aussi mention du chimiste Joseph Mojon, de Gênes, comme ayant, avant 1804, observé une sorte de polarité dans les aiguilles non aimantées qu'on exposait dans le voisinage du courant galvanique. Izarn le répète dans son *Manuel du galvanisme* qui, ayant été, par ordre, placé dans la bibliothèque de tous les lycées de France, doit exister encore en nombre dans notre pays.

Ampère fut le premier à émettre l'idée que les mouvements de l'aiguille aimantée, ainsi obtenus, pourraient servir à la télégraphie; mais ni lui ni personne autre ne songea alors à construire un appareil sur cette base.

Il était réservé au baron Schilling de construire, à Saint-Pétersbourg, le premier télégraphe électro-magnétique. Ses relations avec Sœmmering l'avaient rendu passionnément attaché à l'idée de faire de la télégraphie au moyen du galva-

nisme. Son premier appareil se composa d'une aiguille aimantée suspendue horizontalement par un fil de soie au centre d'un multiplicateur de Schweiger; sous l'aiguille, il avait placé un disque de papier teinté en deux couleurs, de façon à mieux distinguer ses mouvements. Afin de donner de la fixité à son aiguille et éviter les oscillations, Schilling avait placé, à l'extrémité inférieure de son axe, une petite pièce légère en platine, plongée dans une coupe pleine de mercure (1). Graduellement, il simplifia son appareil. Longtemps il employa cinq aiguilles; puis il parvint à signaler avec une seule aiguille et un seul multiplicateur, produisant, par une combinaison de mouvements dans les deux directions, tous les signaux nécessaires pour les lettres et les chiffres.

En septembre de cette année, Schilling exhiba son appareil devant la réunion des naturalistes allemands de Bonn, sur le Rhin, dans la section de physique et de chimie que présidait le professeur Georg Whilhelm Muncke, de l'Université d'Heidelberg. Ce savant fut tellement charmé de cet appareil qu'il en fit construire immédiatement un semblable, pour le montrer dans ses conférences. Cet appareil existe encore dans le cabinet de physique de l'Université d'Heidelberg.

Il nous reste à voir comment ce télégraphe, qui fut d'ailleurs imité par Weber de Gœttingen, fut ensuite importé à Londres.

On sera surpris de voir le nom de lord Byron apparaître ici, mais ses œuvres poétiques mentionnent, dans un quatrain, le nom de John William Rizzo Hoppner, qui fut l'ami intime de William Fothergill Cooke, l'introducteur du télégraphe en Angleterre.

W. F. Cooke ne songeait aucunement au télégraphe, ni aux applications de l'électricité à la télégraphie, pendant le séjour qu'il fit à Heidelberg à partir de l'été 1835. Fils du docteur William Cooke, professeur de médecine à Durham, il s'était fixé à

(1) Cette disposition se retrouve, de nos jours, dans certains galvanomètres parleurs de sir W. Thomson.

Heidelberg, pour y apprendre à mouler, en cire, les pièces anatomiques nécessaires à sa profession.

Ce fut au commencement de mars 1836 que son ami Hoppner, étudiant de l'Université d'Heidelberg, lui apprit que le professeur de physique avait dans son cabinet un appareil électrique au moyen duquel il pouvait transmettre des signaux d'une pièce à une autre. Ce professeur n'était autre que l'ami de Schilling, Georg Whilelm Muncke, qui avait relié son habitation au cabinet de physique où il donnait ses leçons, au moyen de fils suspendus.

M. Hoppner mena son ami Cooke à une des leçons du docteur Muncke, le 26 mars 1836.

Quand M. Cooke eut vu l'appareil et qu'on lui eut expliqué qu'il pouvait fonctionner à de grandes distances, il fut frappé de l'utilité qu'offrirait un pareil moyen de correspondance en Angleterre, particulièrement dans les tunnels de chemin de fer qui, à l'époque, s'étendaient chaque jour de plus en plus. Il se décida dès lors à abandonner ses études anatomiques à Heidelberg, et à rentrer en Angleterre pour y poursuivre l'établissement de télégraphes électriques,

M. Cooke, qui ne s'était jamais occupé de physique en général, ni d'électricité, en particulier, ne fit pas la connaissance du professeur Muncke, qu'il appelle Moncke dans ses écrits. Il n'avait donc pas l'idée que le télégraphe qu'il avait vu avait été imaginé par Schilling et construit sur le modèle qu'il avait à Bonn. Il en attribue tout le mérite à Gauss qu'il appelle Gaüss.

Voici d'ailleurs ce que Cooke écrivait sur ce sujet en 1841 : « Étant revenu des Indes en congé, pour cause de santé, j'étudiais l'anatomie et modelais mes dissections à Heidelberg, lorsque, en mars 1836, il m'arriva d'assister à une de ces applications si communes de l'électricité à des expériences de télégraphie, que l'on a répétées sans aucun résultat pratique depuis un demi-siècle. Comprenant que l'agent employé pouvait être utilisé à un objet plus utile que l'illustration de leçons de physique, j'aban-

donnai immédiatement mes études d'anatomie et donnai toute mon attention à la construction d'un télégraphe électrique pratique. »

On ne s'imaginerait guère, en lisant ceci, que M. Cooke avait vu des expériences faites avec une copie d'un télégraphe électromagnétique construit en Russie par Schilling, qui l'avait apporté à Bonn six mois avant l'époque dont parle Cooke. Le fonctionnement de cet appareil est d'ailleurs traité par lui « comme une de ces expériences si communes répétées depuis un demi-siècle »; conséquemment, avant même la découverte de la pile de Volta et de l'électro-magnétisme.

Lorsque, par suite de différends désagréables entre le professeur Wheatstone et M. Cooke, sir Isambart Brunel et le professeur Daniell furent nommés arbitres, en 1840, sans prendre la peine de rechercher l'origine du télégraphe de Cooke, ils décidèrent dans leur arbitrage (en 1841) que « M. Cooke avait vu, en mars 1836, à Heidelberg où il s'occupait de recherches scientifiques, et cela pour la première fois, une de ces expériences bien connues sur l'électricité (considérée au point de vue des moyens de communications télégraphiques), qui ont été essayées et reproduites de temps en temps, depuis des années, par divers physiciens. »

M. Cooke écrit ailleurs : « Au mois de mars 1836, j'étais à Heidelberg occupé d'anatomie, lorsque, le 6 mars, une circonstance fortuite donna une direction toute nouvelle à ma pensée. Ayant vu faire une expérience de télégraphie électrique par le professeur Moncke d'Heidelberg, qui avait, je crois, emprunté ses idées à Gaüss, je fus tellement frappé du pouvoir étonnant de l'électricité et si fortement impressionné de l'application qu'on peut en faire à la transmission télégraphique des nouvelles, qu'à partir de ce jour j'abandonnai complètement mes occupations antérieures et m'adonnai avec toute l'ardeur qu'on me connaît à la réalisation pratique d'un télégraphe électrique, objet qui a toujours occupé toute mon énergie depuis. L'expérience du profes-

seur Moncke était, à cette époque, la seule que j'aie vue ou dont j'aie entendu parler sur ce sujet. »

M. Cooke nous informe que, trois semaines après avoir vu l'expérience de Muncke, il avait construit, en partie à Heidelberg (où M. Hoppner l'assista), en partie à Francfort, un appareil semblable, mais ayant trois aiguilles, produisant vingt-six signaux.

Il revint à Londres le 22 avril 1836, où il s'appliqua jour et nuit à la construction de ce qu'il appelle un instrument mécanique, mis en mouvement par l'attraction d'un électro-aimant. Cet appareil fut soumis, en janvier 1837, à certains des directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester, et M. Cooke leur proposa l'adoption de son système dans le long tunnel qui descend d'Edge-Hill, près de Liverpool, à la station centrale de Lime-Street, mais sa proposition ne reçut aucune suite.

Après avoir consulté deux fois Faraday, Cooke, sur le conseil du Dr Roget, fit une visite, le 27 février 1837, au professeur Charles Wheatstone, à sa résidence de Conduit-Street, et peu après au cabinet de physique du professeur au « King's-College ».

Le résultat de ces entrevues amena, en mai 1837, la résolution d'allier leurs efforts pour introduire l'emploi du télégraphe en Angleterre.

Le professeur Wheatstone n'était pas encore certain à cette époque que l'électro-aimant pût fonctionner à de grandes distances, et M. Cooke, qui avait laissé derrière lui l'appareil construit à Heidelberg, en construisit un nouveau avec quatre aiguilles. L'opinion commune était que le principe qui faisait agir l'appareil de Muncke était celui qu'il fallait adopter pour l'usage pratique.

Ni le professeur Wheatstone, ni M. Cooke, ne savaient qu'en agissant ainsi ils se servaient du plan de Schilling.

Le 12 juin, le brevet fut enregistré, et il fut décidé qu'on ferait une expérience préliminaire avec l'appareil télégraphique projeté, sur une ligne de quelque étendue.

En conséquence, le 25 juillet 1837, un essai fut fait à la station du « London and Birmingham Railway », alors en construction, sur des fils d'une longueur de un mille et quart, reliant Euston-Square à Camden-Town. C'était la première fois que l'on faisait une pareille expérience au dehors, en Angleterre, avec un appareil électrique. Cette expérience eut lieu treize jours avant la mort du baron Schilling, qui succomba à Saint-Pétersbourg, le 7 août, sans avoir jamais eu connaissance de l'introduction de son télégraphe en Angleterre.

Le 19 novembre 1837, MM. Cooke et Wheatstone conclurent un acte d'association, et le 12 décembre, ils envoyèrent au « Patent Office » la description de leur appareil. Cette description n'était pas désignée comme une invention nouvelle, mais comme un perfectionnement. En réalité, ses parties essentielles étaient fondées sur le même principe que celui de Schilling, c'est-à-dire sur la déviation de l'aiguille aimantée sous l'effet de multiplicateurs. Le professeur Wheatstone avait considérablement amélioré l'application, comme on devait s'y attendre d'un pareil physicien, et les aiguilles étaient maintenues verticales au lieu d'être horizontales. L'abbé Moigno, citant une communication faite à l'Académie des sciences de Paris, dit que Schilling avait employé aussi jusqu'à cinq aiguilles *verticales* dans son appareil. Schilling n'a jamais eu d'aiguilles verticales dans son instrument.

Le premier appareil construit sur les données de Wheatstone avait cinq aiguilles; elles furent promptement réduites à deux, et sur certaines lignes on en construisit même à une aiguille.

Il faut rendre à M. Cooke cette justice, que son zèle et ses efforts ont certainement déterminé l'établissement de la télégraphie en Angleterre.

Après tout ce qui s'était fait en Europe avant le mois de septembre 1837, par Schilling, Steinheil, Gauss et Weber, Cooke et Wheatstone, il est pénible de remarquer que le peintre américain Morse, qui fit, le 4 septembre 1837, une pauvre expé-

rience qu'il considéra comme ayant réussi, ait pu être considéré par toute l'Europe comme l'inventeur du Télégraphe électro-magnétique.

Samuel Finley Breese Morse naquit en 1791 et était l'aîné de trois frères. Son père, le Révérend Jedediah Morse, avait encouragé son goût pour la peinture, et Morse voyageait parfois en Europe pour copier des tableaux. Pendant l'automne de 1832 il rentrait du Havre en Amérique.

A bord du paquebot *le Sully* se trouvait, parmi les passagers, le Dr Charles F. Jackson, de Boston, qui avait assisté aux conférences faites par Pouillet à la Sorbonne. On se souviendra, sans doute, qu'en 1831 Pouillet avait exhibé dans ces conférences son grand électro-aimant, supportant un poids supérieur à plus de 1 000 kilogrammes.

Pendant le voyage, qui dura du 8 octobre au 15 novembre, le Dr Jackson ramena constamment la conversation sur l'électricité et l'électro-magnétisme, ce qui amena l'occasion de parler de la possibilité de télégraphier au moyen de signaux électro-magnétiques.

Le Dr Jackson (1) avait à bord un petit électro-aimant, acheté à Paris, chez Pixii fils, et aussi une petite pile galvanique. Arrivé à New-York, Morse reprit sa profession de peintre, qui le faisait vivre, et songea, comme on peut le penser, à ses conversations à bord du *Sully*.

Comme on a toujours désigné Morse sous le titre de professeur, il convient de rappeler ici qu'il n'était pas autre chose que professeur de littérature et de dessin, titre qui lui fut donné par l'Université de New-York, où il n'a d'ailleurs jamais professé.

Vers la fin de 1835, Morse fit des essais de signaux électromagnétiques, mais n'obtint aucun résultat.

Deux ans plus tard (1837), ayant appris les découvertes

(1) Le Dr Hamel dit avoir vu des notes du Dr Jackson et des dessins indiquant quelques-uns des moyens qui auraient pu servir à la construction d'un télégraphe électro-magnétique.

faites en Europe (son frère Sidney éditait un grand journal), il s'aboucha avec un amateur de science, et, mettant à profit les expériences faites à Princetown par le professeur Henry, il produisit un appareil qui ne donna toutefois aucun résultat pratique.

Les professeurs américains Henry et Bache avaient été à Londres en 1837 et avaient fait une visite à Wheatstone à « King's College » le 11 avril, et plusieurs Américains connaissaient le désir de Wheatstone de protéger ses inventions en Amérique en y prenant des brevets.

Morse n'avait pas alors l'idée de produire sur le papier des lettres représentées par des signes. Ses signaux se bornaient à la représentation des chiffres de la numération. Avec les nombres ainsi obtenus, il trouvait dans un vocabulaire les mots que ces groupes de chiffres représentaient. Quand des chiffres et non des mots devaient être exprimés, un onzième signe en donnait avis. Pour chaque signal, il avait construit des types dentés qui, introduits successivement dans une règle, pouvaient recevoir un mouvement en avant. Les dents des types soulevaient un levier par le moyen duquel le courant électrique, après avoir traversé la ligne, s'écoulait à travers les bobines d'un électro-aimant, qui attirait une armature à l'extrémité de laquelle on avait fixé un crayon. Ce crayon, en passant lentement sur un rouleau, inscrivait sur une bande des zigzags ressemblant aux dents d'une scie.

Les signaux ainsi obtenus et représentant des nombres étaient alors traduits d'après le vocabulaire.

Le Dr Léonard D. Gale, professeur de chimie, et résidant dans la même maison que Morse, lui avait appris à construire les bobines d'un électro-aimant. Il lui avait également procuré le fil nécessaire et une pile convenable. Morse l'associa à ses travaux, et lui fit obtenir plus tard (1846) une position dans le « Patent office » de Washington.

Lorsque, vers la fin d'août 1837, arriva en Amérique un

compte rendu des travaux de Steinheil, à Munich, traduit du *Neue Würzburger Zeitung* du 30 juin, le lendemain même, par l'influence de Morse et de son frère, un journal américain publia un article où il tançait vertement la feuille qui avait traduit le compte rendu allemand, ajoutant que ceux qui copient ces articles dans les journaux européens paraissent ignorer que « le télégraphe électrique, cette merveille de notre temps, qui excite en Europe l'attention du public scientifique, est une découverte américaine. Le professeur Morse l'a inventé il y a cinq ans, lors de son retour de France en Amérique. » Puis le journal ajoutait : « Morse n'a caché à personne, à bord du *Sully*, l'idée générale de son invention ; au contraire, il l'a communiquée librement à tous ses co-passagers de toutes nations. »

On cherchait ainsi à faire croire au public américain que Schilling, Steinheil, Weber, Gauss, Cooke et Wheatstone avaient appris du peintre Morse l'art de télégraphier au moyen de l'électromagnétisme.

Comme le journal annonçait aussi que Morse avait son télégraphe à son logis, il reçut la visite de nombreuses personnes désireuses de voir « la merveille du temps. » Parmi elles se trouvait le jeune Alfred Vail qui, avec son frère George, devint très utile à Morse qui en fit ses co-associés. Alfred Vail construisit lui-même, aux ateliers de Speedwell, Morristown, New-Jersey, l'appareil qui fut plus tard exposé à Washington, dans la salle du comité du commerce, au Capitole. Cet appareil fonctionnait avec plus de régularité que celui inventé par Morse.

Le jour dit, 2 septembre, la machine de Morse ne voulait rien marquer correctement. De grands efforts furent faits pour la faire fonctionner ; mais ce ne fut que le 4 septembre que Morse arriva à en obtenir des nombres représentant cinq mots et la date. Pour cette phrase, il avait fallu soixante-deux zigzags et quinze lignes droites sur le papier. Ces signaux représentaient les nombres suivants : 215, 36, 2, 58, 112, 04, 01837. En cherchant dans le vocabulaire le sens de ces nombres, on trouva qu'ils

exprimaient la phrase suivante : *Successful experiment with telegraph September 4, 1837.*

On retrouve la reproduction de la bande ainsi obtenue dans le journal de Silliman : *American Journal of Science and Arts*, 23e volume, page 168, et dans le *London Mechanic's Magazine* du 10 février 1838.

Morse écrivit à cette époque (1er février 1838) au capitaine Pell, commandant du *Sully :* « Je prétends avoir inventé le télégraphe électro-magnétique, le 19 octobre 1832, à bord du paquebot *le Sully*, dans ma traversée de France aux États-Unis; *conséquemment*, je suis l'inventeur du *premier télégraphe* vraiment praticable *basé sur les principes électriques*. Tous les télégraphes européens praticables sont basés sur un principe différent, et, *sans une seule exception*, ont été inventés ultérieurement au mien. »

Ainsi parlait le peintre Morse, après avoir obtenu, le 4 septembre, le pauvre résultat que nous avons décrit au moyen de la machine que le docteur Gale l'avait aidé à construire. Il réclamait la priorité sur tout ce qui avait été fait avant lui en télégraphie. Son résultat, il l'avait obtenu un mois après la mort de Schilling qui, 27 ans auparavant (1810), avait vu à Munich, chez Sœmmering, le premier télégraphe galvanique connu, et qui, environ douze ans avant Morse, avait construit le premier télégraphe électro-magnétique, que nous avons vu exhibé à Bonn deux années plus tard, puis transféré à Heidelberg, d'où Cooke l'importa en Angleterre. C'est là, d'ailleurs, qu'un télégraphe construit sur le même principe que celui de Schilling avait fonctionné sur une ligne de un mille et quart, *quarante et un jours* avant le 4 septembre 1837.

Il convient de noter ici qu'à l'époque de son voyage à Londres et à Paris, en 1838, Morse put croire, par ce qui lui en fut dit, que Schilling n'avait inventé son télégraphe qu'en décembre 1832 ou 1833. Cette erreur fut un encouragement pour Morse à réclamer la priorité mal fondée que nous trouvons dans sa lettre

d'octobre 1832. Malheureusement aussi, tous les traités de télégraphie électrique perpétuent cette erreur, en donnant 1833 comme date de l'invention de Schilling.

Grâce aux efforts d'Alfred Vail et de son frère, le Morse actuel, cet appareil si véritablement utile, atteint un degré de perfection qui permet son adoption par toutes les administrations, et il reste encore, et restera longtemps, le meilleur type d'appareil alphabétique.

La première ligne télégraphique exploitée au moyen de l'électricité fut construite par M. Cooke, de Londres (Paddington), sur le *Great Western Railway*, à West-Drayton en 1838-1839. L'année suivante, il établit le télégraphe sur le chemin de fer de Blackwall, et en 1841 sur le chemin de fer d'Édimbourg et de Glasgow. En 1842-43, la ligne de West-Drayton fut continuée jusqu'à Slough. Elle servit, le 1er janvier 1845, à arrêter le meurtrier Tawell, ce qui donna de suite une grande importance au télégraphe, que l'on avait peu employé jusqu'alors.

En Amérique, la première ligne, allant de Washington à Baltimore, fut complétée en 1844. Le 24 mars de cette année, une phrase dictée par la fille de l'ami de Morse, M. Elsworth, chef du *Patent office* (1), fut transmise par la ligne et répétée par Baltimore. L'original de ce premier télégramme a été conservé dans le Musée de la Société historique de Hartford (Connecticut).

L'Allemagne eut la gloire d'avoir établi les premières correspondances de télégraphie électrique. Ce fut, il est vrai, sur de très petites lignes qui unissaient l'intérieur des villes de Gœttingue et de Munich avec les observatoires de M. Gauss d'une part, et de M. Steinheil de l'autre; mais c'était réellement la solution ébauchée du grand problème.

Dès le commencement de 1842, M. Wheatstone avait importé

(1) Les efforts de M. Ellsworth et l'influence de sa fille auprès des membres du Congrès des États-Unis, ne contribuèrent pas pour peu au succès de Morse au début.

à Berlin deux de ses appareils, qui fonctionnèrent à travers un simple fil métallique porté par deux poteaux.

La première grande ligne allemande, de Mayence à Francfort, fut installée en 1849 par M. Fardely, ingénieur de Manheim. Cet essai éveilla l'attention du gouvernement prussien, qui relia par le fil électrique le palais de Berlin au château de Potsdam.

L'Autriche ne fut pas non plus en retard, et possédait trois lignes importantes en 1851.

La première communication télégraphique établie en Belgique entre Bruxelles et Anvers était due à l'entreprise privée. Toutefois, peu de temps après son inauguration, elle devint la propriété du gouvernement. Un acte du parlement belge, en date du 15 mars 1851, ouvrit ces lignes au public moyennant un tarif de 2f.50 pour 20 mots dans la zone inférieure à 75 kilomètres, et 5 francs pour la même dépêche au delà de cette limite.

Le premier télégraphe construit en Suède, en 1853, reliait Stockholm à Upsala, distance d'environ 80 kilomètres. En Norvége, on attendit l'année 1856 pour relier d'abord Christiania, la capitale, avec Drammen.

La compagnie du chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Moscou avait établi, vers 1852, un fil souterrain longeant sa ligne; ce fil devint promptement mauvais, et le gouvernement russe, qui avait déjà relié Cronstadt à la capitale en 1853, décida en 1854 de racheter la ligne de la compagnie du chemin de fer, afin d'assurer les communications avec Moscou.

La Suisse paraît avoir été une des premières à apprécier l'importance du télégraphe électrique. Une loi fédérale en date du 5 décembre 1852 établit une taxe uniforme de 1 franc par dépêche de 20 mots, de 2 francs jusqu'à 50 mots, et de 3 francs jusqu'à cent.

M. Matteucci établit la première ligne télégraphique d'Italie en 1847, en reliant Pise à Livourne. Il fit construire ses appareils par M. Pierucci, mécanicien de l'Université, sur le modèle de ceux que lui avait fournis M. Bréguet.

L'Espagne suivit très tardivement le mouvement général. Une ligne expérimentale, construite en 1854 sur la route de Madrid à Irun, ne fut complétée qu'en 1856, époque à laquelle le public commença à participer aux avantages des communications télégraphiques.

L'administration télégraphique française ne songea guère que vers 1842 à doter le pays d'un télégraphe électrique. Néanmoins les premiers télégraphes qui fonctionnèrent en France furent établis par Wheatstone entre Paris, Saint-Cloud et Versailles, sur le chemin de fer construit par une compagnie anglaise, et entre les deux premières stations du chemin de fer de Paris à Orléans. Malgré ces résultats, Wheatstone ne put convaincre l'administration qu'il pourrait transmettre le courant électrique sans station intermédiaire entre Paris et le Havre.

Offensé de ces doutes, et dégoûté d'ailleurs par l'assurance qu'on lui donna que ses brevets français étaient sans valeur par suite du monopole de l'État, Wheatstone se tint à l'écart et manifesta son mécontentement.

Ce ne fut qu'en 1844 que le gouvernement français songea sérieusement à étudier la question de la télégraphie électrique. Par un arrêté du 8 novembre 1844, le ministre de l'intérieur nomma une commission spéciale chargée de lui présenter un rapport sur la valeur des systèmes de télégraphie électrique, les avantages de ce système et la possibilité de leur application. MM. Arago, Becquerel et Pouillet faisaient partie de cette commission. Le 23 novembre 1844, sur le rapport favorable du comte Duchâtel, le roi ouvrait au ministre de l'intérieur un crédit extraordinaire de 240 000 francs, pour un essai de télégraphie électrique, sauf régularisation de ce crédit par les Chambres. Le 30 janvier 1845, on commença à tendre les fils sur la ligne de chemin de fer de Paris à Rouen. Cette opération étant terminée jusqu'à Maisons, le 1er mars suivant, MM. Bréguet et Gounelle, inspecteurs de la ligne, commencèrent une série d'essais, qui furent successivement étendus avec l'allongement des

fils. « Des signaux furent échangés entre Paris et Rouen, le dimanche 4 mai 1845, au moyen d'un appareil formé d'un aimant temporaire en fer à cheval, entre les branches duquel était placée une aiguille aimantée, dont l'un des pôles était attiré par l'une ou l'autre branche, selon que l'on faisait marcher le courant dans un sens ou dans l'autre. (1)

» Le dimanche 11 juin 1845, les signes conventionnels à obtenir de l'appareil à aiguilles étant bien connus des membres de la commission, la première dépêche télégraphique fut transmise entre M. Bréguet qui se trouvait à Rouen et les membres de la commission siégeant à Paris.

» L'appareil à signaux fut ensuite mis en expérience et permit une nouvelle conversation entre les stations. Le temps employé à faire ces diverses communications peut se comparer à celui qui aurait été nécessaire pour les écrire à la main en caractères un peu gros. »

Telle est l'histoire du premier essai de télégraphie électrique officielle en France. On ne connaîtra jamais à fond les causes qui ont retardé si longtemps l'adoption de la télégraphie électrique en France. On a certainement été injuste envers M. Foy, qui, dès 1842, s'était donné à lui-même la mission d'aller étudier le télégraphe électrique de Wheatstone en Angleterre. Mais, lorsque Arago lui-même exprimait des doutes sur la possibilité de transmettre le courant d'une seule traite de Paris au Havre, et cela publiquement, à la tribune de la Chambre, il était bien permis à l'administrateur du télégraphe aérien d'hésiter. D'ailleurs, cette télégraphie aérienne était hostile à l'introduction d'un système qui devait la révolutionner et la détruire. Grâce à l'influence considérable de certains personnages, les progrès de la télégraphie électrique furent très lents en France, à l'origine, et ne reçurent de développement qu'à

(1) Extrait du Rapport de la Commission, nommée par le Ministre de l'Intérieur, le 8 novembre 1844.

l'avènement de M. de Vougy comme directeur général des lignes télégraphiques, le 28 octobre 1853. La télégraphie aérienne subsista jusqu'en 1855, époque à laquelle elle alla succomber en Crimée, où elle rendit d'ailleurs des services; mais elle était tenace, et certains inventeurs qui, comme le Dr Jules Guyot, avaient intérêt à faire prévaloir leurs inventions, la critiquaient d'une façon qui paraîtra bien étrange à notre époque. Le Dr Guyot, qui passait à bon droit pour un des savants de son époque, était bien aveuglé par son intérêt en écrivant les lignes qui suivent, le *30 avril 1846* (notez la date), dans un mémoire écrit à la Chambre des députés, pour défendre les télégraphes aériens menacés de destruction par un projet de loi de l'administration, demandant un crédit de 408 650 francs pour remplacer sur la ligne de Lille la télégraphie aérienne par la télégraphie électrique.

Nous ne donnerons que de courtes citations de ce long factum, qui s'explique par ce fait qu'en 1843, sur un rapport de M. Pouillet à la Chambre des députés, le Dr Guyot avait obtenu un crédit de 30 000 francs pour l'établissement de son télégraphe de nuit entre Paris et Dijon; que son système, fruit de longs travaux, était, comme le télégraphe Chappe, entièrement bouleversé par l'introduction du télégraphe électrique, et que ses espérances de voir ce système étendu en France s'évanouissaient avec la décision de l'administration. Voici donc ce que disait le Dr Guyot, *en 1846* :

« Autant, comme étude de physique, comme application *de grand luxe* à quelques besoins de vastes établissements, la télégraphie électrique est intéressante, autant *elle est ridicule*, on peut le dire, comme moyen de gouvernement. Ridicule est le mot propre, si celui qui la prône est de bonne foi et ne sait pas ce qu'il fait; blâmable, si elle est appliquée en connaissance de cause.

» Car, fonctionnât-elle dans la perfection, *ce qui est loin d'être démontré*, elle est sans protection possible et laisse le

pouvoir à la merci des plus légères excitations populaires et des moindres caprices du premier mauvais sujet venu.

» Que peut-on attendre de misérables fils dans de pareilles circonstances?

» En vérité, notre nation aurait à *rougir de honte*, si elle voyait ainsi renverser le sens commun et détruire, par des procédés *si infirmes* et des considérations *si peu fondées*, les œuvres du génie. Deux des frères Chappe vivent encore; ils auraient dû mourir plus tôt, ils n'auraient pas été témoins de ces outrages à la grande découverte à laquelle est attaché leur nom, et qui a rendu tant de services au pays depuis cinquante ans.

» ..... Quoi qu'il en soit, Messieurs, la télégraphie électrique n'est point une télégraphie gouvernementale sérieuse, et le jour n'est pas loin où *cette vérité* vous sera pleinement démontrée.

» *Cette imbécillité de la télégraphie électrique* est tellement évidente, qu'elle a dû frapper les esprits les plus prévenus : ainsi l'administrateur en chef des télégraphes (M. Foy), par la bouche de M. le ministre (car M. le ministre m'a dit à moi-même qu'en fait de télégraphie, il s'en rapportait à l'administrateur), sent la nécessité de répondre d'avance à mes objections dans l'exposé des motifs, etc. »

Et plus loin : « Tout esprit sensé peut affirmer que, en un seul jour, et *sans qu'on puisse l'en empêcher*, un seul homme pourra couper tous les fils télégraphiques aboutissant à Paris; on peut affirmer qu'un seul homme pourra couper en dix endroits, dans les vingt-quatre heures, les fils électriques d'une même ligne sans être arrêté, ni même reconnu.

« Si l'on veut enlever à cette action tout ce qu'elle aurait de blâmable pour en faire une simple expérience, il est facile de fournir la démonstration de cette assertion. »

Voilà à quel degré d'aberration peut arriver un homme d'esprit prévenu par ses intérêts. Le Dr Guyot, qui avait, en

homme intelligent, prévu l'utilité de la télégraphie pneumatique dans les grands centres, eût bien mieux fait de poursuivre cette idée, et sans doute qu'il eût doté la France, dès son époque, de la poste tubulaire. Il ne faut pas, d'ailleurs, s'étonner de l'animosité du Dr Guyot; n'avons-nous pas vu M. Thiers nier la possibilité des chemins de fer, et M. Babinet celle des télégraphes sous-marins?

Il nous reste à faire l'historique de ce moyen de communication.

Nous avons vu déjà que, dès 1812, Schilling avait employé des conducteurs immergés pour l'explosion de ses mines.

Le Dr O'Shaughnessy, autrefois super-intendant général des télégraphes indiens, prétend avoir établi, dès 1839, une communication télégraphique sous-fluviale dans l'Hoogly. Ces expériences n'eurent aucun retentissement et n'amenèrent aucune extension du système employé, qui n'a d'ailleurs pas été décrit.

En 1840, le professeur Wheatstone suggéra au comité spécial des chemins de fer, élu par la Chambre des communes, l'idée de construire un télégraphe sous-marin entre Douvres et Calais. Il développa plus tard son plan (1) dans une note qu établit clairement que, dès 1837, un échange de correspondance avait eu lieu sur cet intéressant sujet entre le professeur et ses amis.

Le professeur Morse raconte qu'en 1842 il submergea un fil isolé (il ne dit pas avec quoi) entre Castle-Green et Grosvenor Island, dans le port de New-York, et qu'il démontra expérimentalement la possibilité d'un télégraphe sous-marin à travers l'Atlantique.

En 1845, M. Charles West, associé de la maison Silver, posa un câble en caoutchouc à travers la baie de Portsmouth. Cette portion de câble avait été construite pour sir Joseph Paxton

(1) A pamplet on the Submarine Telegraph, Ch. Wheatstone, Londres, 1856.

(l'architecte du palais de cristal de 1851) et M. Charles Dickens, le publiciste bien connu. M. West et le capitaine Taylor paraissent avoir cherché à obtenir, vers cette époque, l'autorisation de poser des câbles vers l'Irlande et dans la Méditerranée. Le gouvernement français accorda l'autorisation demandée, sous certaines conditions que M. West ne paraît pas avoir pu remplir. Lorsque M. Brett obtint sa concession, en 1847, M. C. West semblait avoir complètement renoncé à l'usage de la permission accordée. Il renouvela toutefois sa demande en 1858, afin de pouvoir atterrir des câbles en France à partir de 1862, époque à laquelle la concession Brett devait expirer.

M. Charles V. Walker, superintendant des télégraphes du *South Eastern Railway*, a raconté, dans un petit ouvrage qu'il a publié dès 1850, la première expérience de télégraphie sous-marine qui ait jamais été faite depuis celles de Schilling (1), que nous avons racontées plus haut. La gutta-percha venait précisément d'être introduite en Angleterre. M. Walker ayant obtenu l'autorisation de la commission administrative, « le jour fut fixé, dit-il; on mit un paquebot à ma disposition, et les directeurs envoyèrent des cartes d'invitation qui donnaient droit au parcours gratuit de Calais et Boulogne à Folkestone, aller et retour.

» J'avais choisi deux milles de fil de cuivre numéro 16 recouvert de gutta-percha, et je l'avais éprouvé moi-même sous l'eau, morceau par morceau, ainsi que les jointures. Je l'avais ensuite enroulé sur une bobine en bois et transporté à Folkestone.

» La vue du port de Folkestone (fig. 35) rendra plus clairs les détails de nos expériences. Un embranchement d'environ un mille de longueur descend de la ligne principale du chemin de fer au port, traversant la station par le pont mobile que l'on voit. Le bureau du télégraphe est dans la dernière pièce des bâtiments

(1) Dans une lettre écrite le 12 mai 1845 à Arago, M. Matteucci indique comment il comprend qu'on pourrait établir une communication entre Calais et Douvres. M. Wheatstone avait eu cette idée avant lui, et en 1847 il avait tout préparé pour la réaliser.

moins élévés, au delà de la station. Le 9 au soir, j'essayai, pour la dernière fois, la continuité du fil en plaçant le dévidoir sur le sable, et en faisant communiquer le fil recouvert avec le fil venant de Londres; puis alors, l'eau à nos pieds et à la lueur des lampes, au milieu d'un groupe étonné de pêcheurs, de matelots, d'officiers en retraite et d'autres, nous reconnûmes que le circuit était bon en tenant une conversation avec le bureau de Londres.

Notre intention était de prendre, le lendemain, le dévidoir dans une barque, de nous placer à peu près en ligne droite avec la plage, et de dévider en submergeant le fil à mesure que nous avancerions, puis d'attendre à l'ancre l'arrivée du train de Londres et de nos invités. Alors le paquebot, avec nos amis et l'appareil télégraphique sur le pont, serait venu, dans la situation que l'on voit à droite, relever le bout du fil. Mais l'aspect du temps changea dans la nuit; le vent s'éleva, et la mer devint si houleuse que non seulement c'eût été une épreuve stérile, mais qu'il eût été impossible d'éviter la rupture du fil. Il fut donc décidé de rejoindre le fil supérieur de la ligne aérienne au fil recouvert de gutta-percha; puis, on submergea ce dernier conducteur dans la mer, en contournant la jetée et le phare, pour aboutir à l'appareil télégraphique qui se trouvait sur le pont du paquebot amarré le long de la jetée, comme on le voit dans la figure. Ainsi les conditions de l'expérience étaient les mêmes, bien que l'effet ne fût pas aussi frappant que si le paquebot se fût trouvé en pleine mer avec l'extrémité du fil.

» Les opérations se firent à bord sans aucune répétition, bien que le fil battu par les flots menaçât de se briser contre la jetée. Tout étant prêt, je pris la poignée de l'instrument et signalai l'appel de Londres (la lettre L).

» J'eus immédiatement la réponse à ce signal. Il était midi trois quarts, et ma dépêche passa sous les eaux de la Manche en ligne directe pour Londres. Elle portait : « M. Walker au di-» recteur. Je suis à bord de la *Princesse Clémentine;* j'ai » réussi. » D'autres communications furent échangées, et après

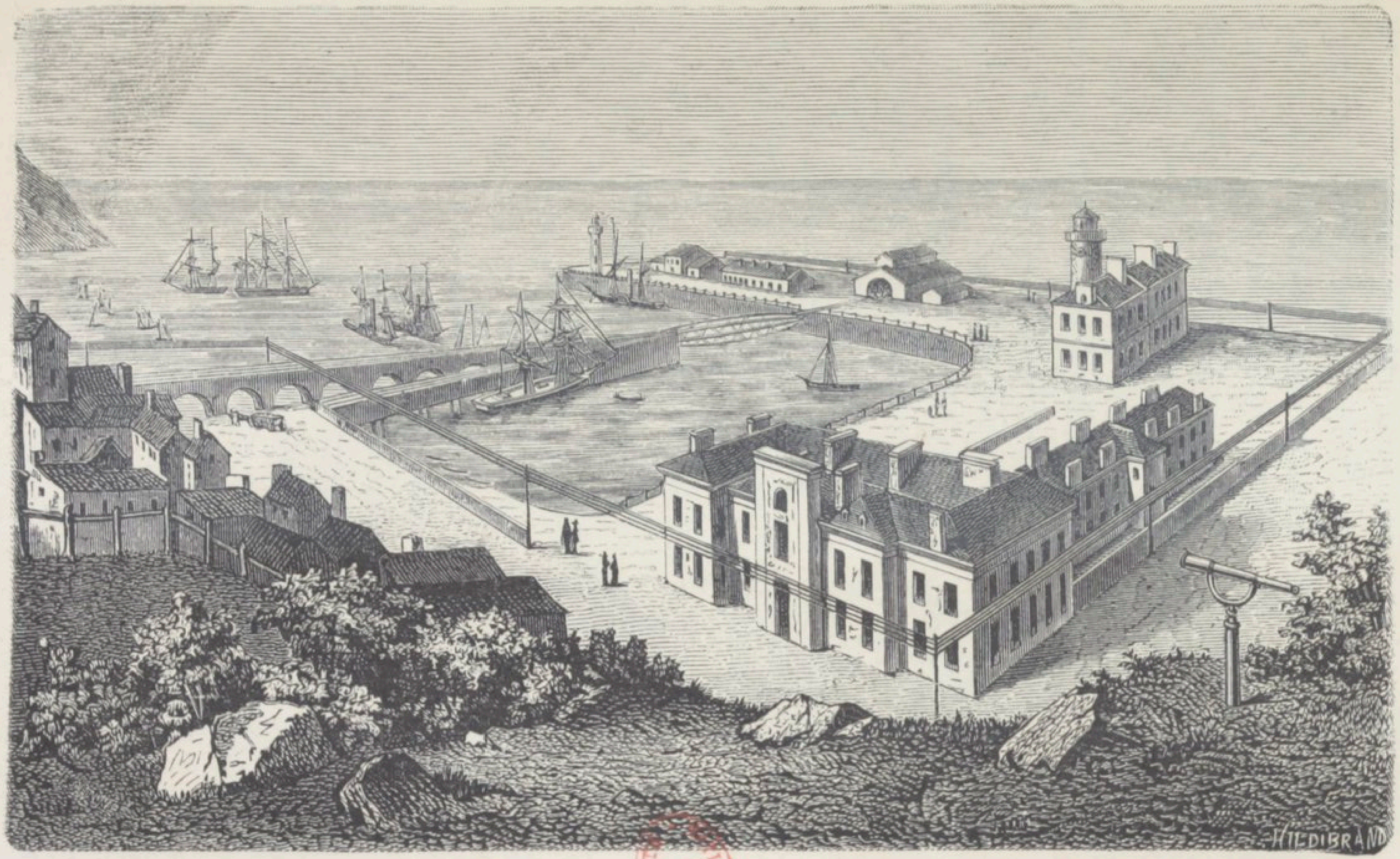


Fig. 35 — Port de Folkestone.

plusieurs heures d'immersion, le fil fut retiré sain et sauf. »

M. Walker donna la même année une carte des sondages de la Manche indiquant les profondeurs, et la ligne qu'il conviendrait de suivre pour immerger un câble télégraphique entre la France et l'Angleterre. Ce trajet est à peu près celui que suit à présent la ligne de Calais à Douvres.

Il était réservé à MM. Jacob et John Watkins Brett de réaliser pratiquement, et sur une grande échelle, un projet que d'autres n'avaient fait que mettre en lumière. Dès 1845, MM. Brett prirent un brevet (le premier en titre) pour l'invention d'un câble électrique sous-marin dont le milieu isolant devait être le caoutchouc et d'autres substances isolantes. La gutta-percha n'était pas encore alors en usage en télégraphie. Le milieu isolant devait être protégé par un cordage de fils tressés semblable à celui qu'ont recommandé tout récemment encore certains nventeurs.

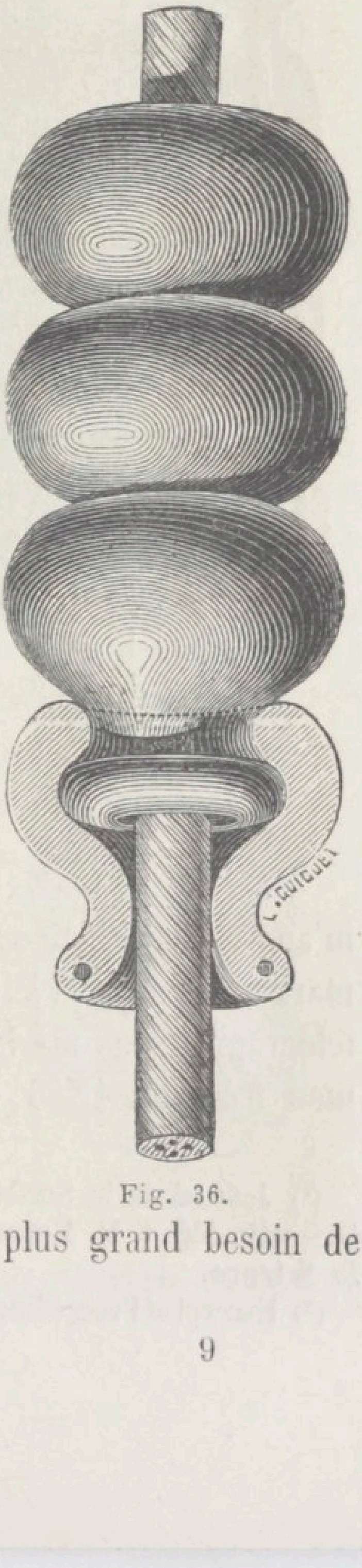


Fig. 36.

Ce premier brevet reçut plusieurs modifications dans la suite. M. Brett avait proposé ce qu'il appelait un *vertebrated iron tubular cable* (fig. 36) destiné à protéger le fil télégraphique près des côtes, soit contre les ancres, soit contre tout autre accident semblable. Ce câble pouvait subir une très grande tension, ou bien être courbé considérablement sans aucun dommage ou dérangement. La figure 37 représente un de ces câbles renforcé de maillons de chaîne pour les endroits où un plus grand besoin de protection est nécessaire.

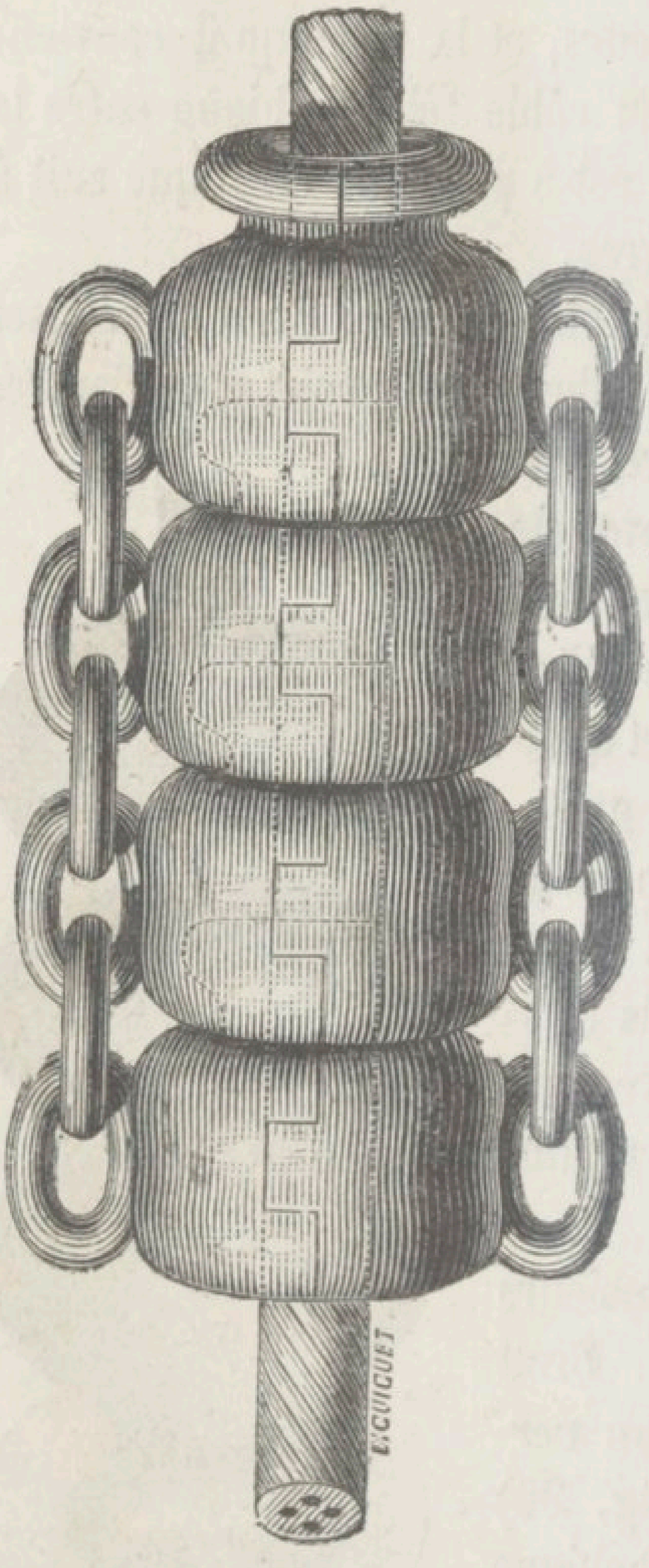


Fig. 37.

M. Willoughby Smith (1) a réclamé comme sienne la première idée de l'armature en fer qui fut définitivement adoptée, et qui devint le type (fig. 38) des câbles posés jusqu'à ce jour. Selon lui, cette idée fut communiquée à M. Brett en 1847, et des spécimens de cette forme de câble furent fabriqués à l'usine de la *Gutta-Percha Company*. Les différents spécimens décrits ci-dessus furent exposés depuis à l'Exposition internationale de 1851 à Londres, quelques mois avant la pose.

M. John Watkins Brett a raconté (2) la part qu'il a prise à la promotion des télégraphes sous-marins, et comme nous ne pouvons faire mieux que de lui emprunter partie de cette relation, nous citerons textuellement : « On a dit que j'avais cherché à m'approprier l'honneur de l'invention de la télégraphie sous-marine. Je déclare ici que la première idée qui m'est venue des télégraphes sous-marins résulta d'une conversation que j'eus avec mon frère en 1845, alors que nous discutions le système de

(1) Journal of the Society of Arts. 23 avril 1858. M. Louis Figuier attribue cette idée à M. Kuper, associé de M. Newall, dans ses *Merveilles de la Science*.

(2) Excerpt of Proceedings, Royal Institution of Great Britain, 20 mars 1857.

télégraphie électrique tel que l'on venait de l'établir récemment entre Londres et Slough. Considérant la possibilité d'une communication entièrement souterraine, la question s'éleva entre nous : « Si cela est possible » sous terre, pourquoi pas aussi sous » l'eau? et si cela réussit sous l'eau, » pourquoi pas aussi sur le lit de l'O- » céan? » La possibilité d'un télégraphe sous-marin s'empara dès lors de mon esprit avec la ténacité d'une conviction absolue; mais j'ignorais, jusqu'en 1853 ou 1854, que le savant physicien Wheatstone avait eu précédemment le projet d'établir une ligne à travers le détroit, de même que j'ignorais aussi les expériences faites à la fin du siècle dernier pour faire passer des courants sous l'eau au moyen de l'électricité due à la friction.

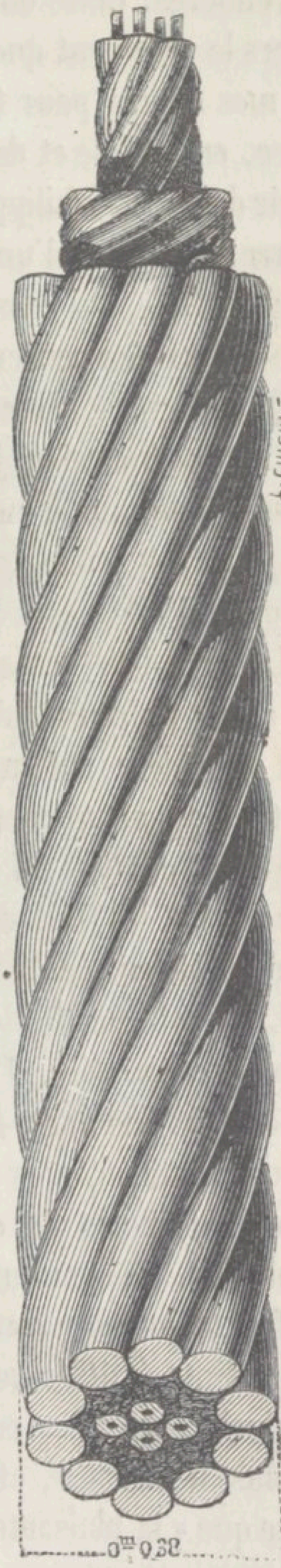


Fig. 38. — Câble de Douvres à Calais (1851).

» Voici bientôt douze ans (1845) que mon frère et moi avons fait insérer conjointement au *Government Registration Office*, un projet ayant pour but de relier l'Amérique à l'Europe par la route maintenant adoptée; et en juillet de la même année, nous avons soumis au gouvernement la proposition d'unir nos colonies à la Grande-Bretagne, offrant à sir Geo. Cockburn, premier lord de l'amirauté (à qui m'avait adressé sir Robert Peel), de placer, comme expérience préliminaire, Dublin-Castle en communication instantanée avec Downing-Street, pourvu que

20 000 livres sterling fussent avancées par l'État pour les dépenses premières. Cette offre n'ayant pas été acceptée, je me retournai vers le continent que je visitai, dépensant beaucoup d'argent dans mes efforts pour faire avancer la télégraphie électrique en France, en Prusse et dans d'autres États. En 1847, je parvins à obtenir de Louis-Philippe la permission d'unir la France à l'Angleterre au moyen d'une ligne sous-marine; mais j'échouai auprès du public, qui considéra mon projet comme trop hasardeux et me refusa des souscriptions.

» Quand les événements eurent placé Louis-Napoléon à la tête de la nation française, je mis mon projet sous ses yeux, sollicitant son appui afin d'induire le public à seconder mon entreprise; mais je ne pus toutefois réunir qu'environ 50 000 francs de souscriptions.

» La première tentative de réunion de la France à l'Angleterre au moyen d'un télégraphe sous-marin fut faite en 1850, avec un fil de cuivre enfermé dans de la gutta-percha, matière qui vint très opportunément à notre aide vers cette époque. Je fis transporter environ 27 milles de ce fil à bord du remorqueur *le Goliath*. Le fil était enroulé sur un large cylindre ou tambour en fer qui devait faciliter le dévidement. (fig. 39.)

« Le bateau partit de Douvres vers la fin d'août sans exciter la moindre curiosité. L'extrémité du fil aboutissant à terre fut amenée dans une *horse-box* à la station du South Eastern railway, et nous commençâmes à filer la ligne, y attachant des morceaux de plomb jumelés de distance en distance, afin de faciliter la submersion. La communication électrique entre la terre et le navire fut maintenue constamment pendant l'opération, et notre seule crainte était de voir notre ligne si fragile se briser et couvrir ainsi l'entreprise entière de ridicule. L'épreuve fut toutefois des plus heureuses, et le *Times* du lendemain remarqua avec justice que « la plaisanterie de la veille était devenue la réalité du lendemain. »

» L'endroit choisi sur la côte française pour y atterrir le fil

était le cap Grinez, sous une falaise au milieu des rochers ; choix fait exprès, parce que ce lieu ne permettait aucun ancrage aux navires et était d'ailleurs de facile approche.

» Ma station, au chemin de fer de Douvres, dominait la mer, et au moyen d'une lunette je pouvais distinguer le phare et la falaise du cap Grinez. Le soleil couchant me permit de distinguer l'ombre mouvante de la fumée du steamer sur la falaise blanche

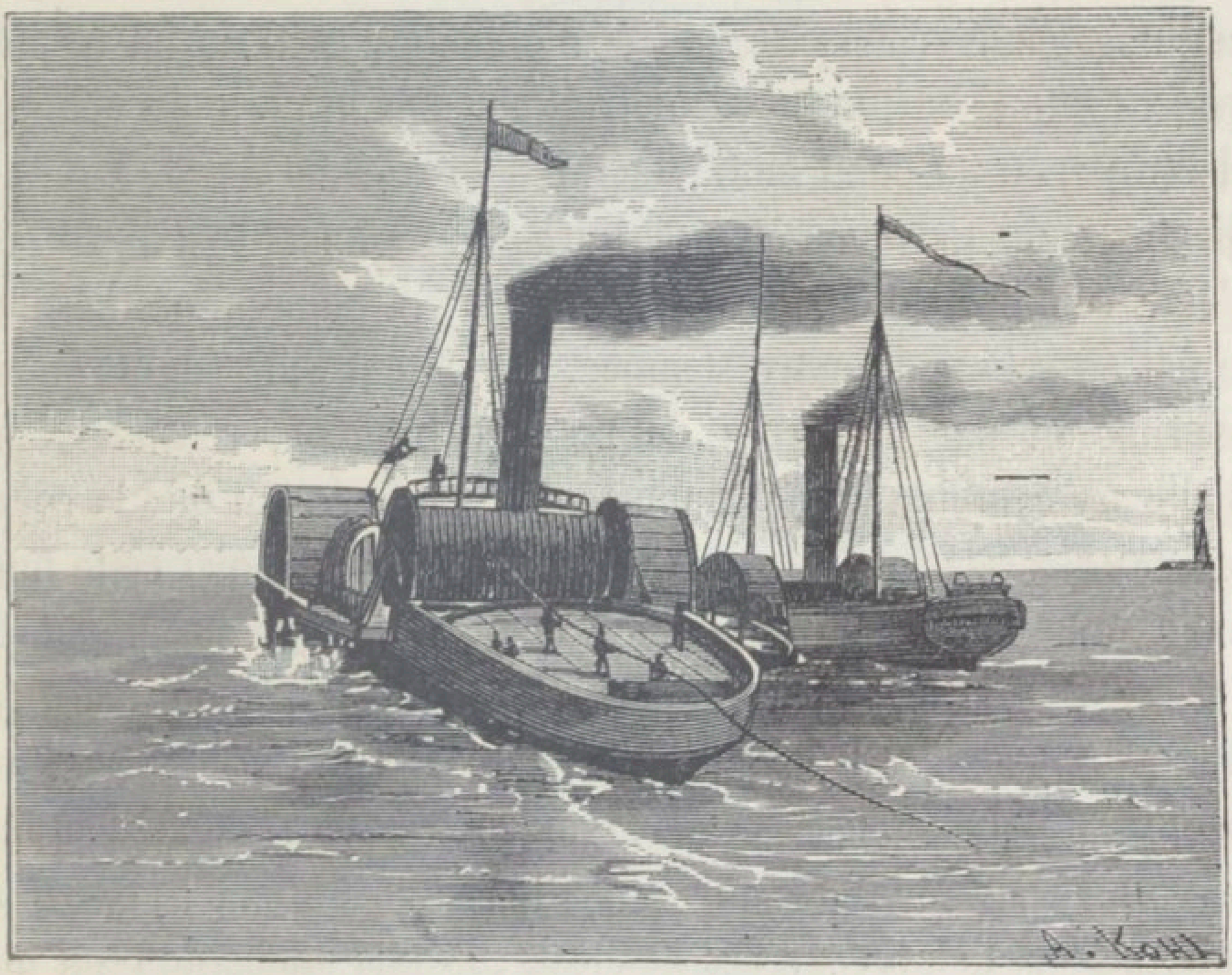


Fig. 39. — Première tentative pour la pose d'un câble.

et de suivre ainsi sa marche. Enfin, cette ombre cessa d'avancer ; le navire était évidemment arrivé à son ancrage. Nous lui donnâmes une demi-heure pour transporter l'extrémité du fil au rivage et pour y rattacher l'appareil imprimant ; puis, je transmis la première dépêche électrique à travers le détroit. Cette dépêche était réservée à Louis Napoléon (1). On m'informa plus tard que des

(1) Cette dépêche et l'appareil à types romains de l'invention de M. Jacob Brett qui l'a transmise, sont précieusement conservés au Musée de South-Kensington à Londres. La bande porte les derniers mots échangés entre Douvres et Grinez, en 1850.

soldats français qui avaient vu le papier se dérouler en apportant la dépêche d'Angleterre demandèrent : « Comment il était possible qu'elle eût traversé le détroit? » Et quand on leur eut expliqué que l'électricité, en passant le long du fil, avait opéré l'impression des types, ils n'en restèrent pas moins incrédules.

» Après quelques autres communications, les mots *All well* et *Good night* furent imprimés et terminèrent la séance.

» En essayant de reprendre les communications le lendemain matin, aucune réponse ne put être obtenue, et il devint bientôt évident que l'isolement était détruit soit par la perte du courant électrique en un point fautif, soit par la rupture du fil. Les indications du galvanomètre permirent de conjecturer que le fil s'était rompu près de la côte de France, et nous pûmes vérifier le fait au retour de notre steamer. Redoutant l'incrédulité qu'on exprimerait sur le succès de notre entreprise, reconnaissant d'ailleurs combien il était important d'établir le fait que la communication télégraphique avait été établie, j'expédiai cette nuit même une personne de confiance au cap Grinez, afin d'y obtenir l'attestation de tous ceux qui avaient été témoins de la réception des dépêches ; ce document fut signé par dix personnes, au nombre desquelles figurait un ingénieur du gouvernement français, qui était présent pour surveiller les opérations ; j'expédiai cette pièce à l'empereur des Français, et une année de répit me fut accordée pour une autre épreuve. »

Le succès avait toutefois été si grand et si incontestable, que les promoteurs de la Compagnie se mirent immédiatement à l'œuvre, et un câble plus solide, protégé par une carapace de fils de fer (fig. 38), fut commencé par MM. Wilkins et Wheatherly et terminé par MM. Newal et Cie. La longueur construite par ces deux usines s'étant trouvée insuffisante pour atteindre la côte française, l'extrémité fut fixée à une bouée, et le surplus requis construit immédiatement par MM. Kuper et Cie, dont la maison, après avoir été transmise à MM. Glass, Elliott et Cie, est devenue depuis la grande et célèbre usine de « Morden Wharf »,

près Greenwich, connue sous le nom de « Telegraph Construction and Maintenance C° ». En sorte que trois constructeurs différents se sont partagé l'honneur de confectionner le premier câble permanent.

Ce câble fut posé en octobre 1851 entre Sangate près Calais, et South-Foreland, près Douvres. L'âme du câble contient

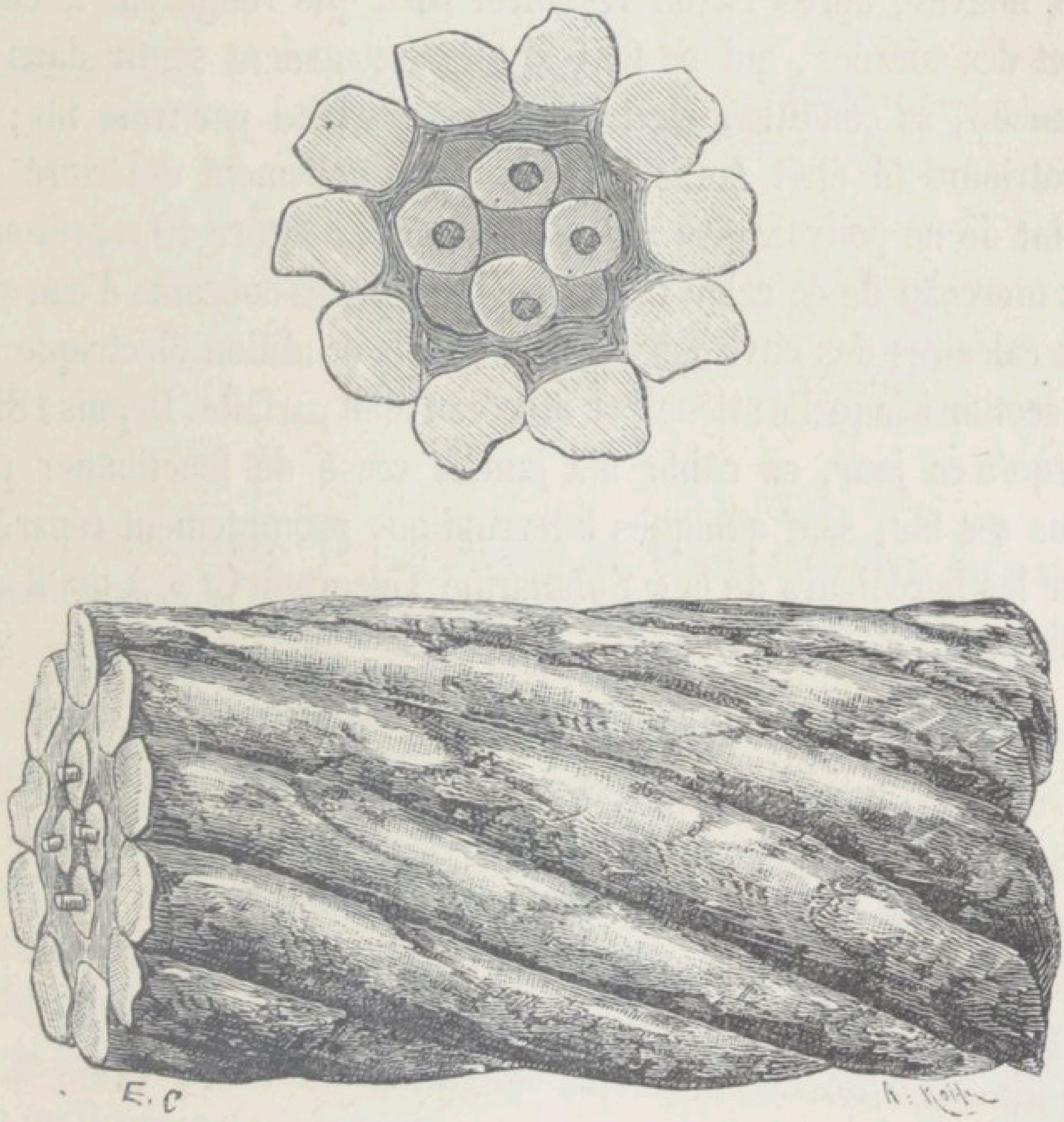


Fig. 40.

quatre conducteurs en cuivre de 1mm.65, chacun d'eux recouvert de deux couches séparées de gutta-percha au diamètre de 7mm.11. Les quatre fils conducteurs sont tordus en une spirale, qui est enveloppée de filin enduit de goudron et de suif. Le cordon ainsi formé est protégé par dix fils de fer de 7mm.62 chacun, qui recouvrent le câble en hélice et lui donnent un diamètre total de 38 millimètres. Ce câble, long de 25 milles et demi, pèse 7 tonnes

par mille nautique et traverse une profondeur maximum de 30 brasses (55 mètres), à peu près la hauteur des tours de Notre-Dame de Paris.

Il a été brisé bien des fois par l'ancre des navires, et l'on a pu chaque fois le restaurer promptement. En 1859, il fut en partie relevé par sir Samuel Canning, qui le reposa, avec quelques parties neuves, après l'avoir restauré. Bien que rongé par le courant des marées, qui se font si vigoureusement sentir dans la Manche, sa condition électrique était parfaite par trois fils; le quatrième fil était fautif et s'était graduellement détérioré au point de ne pouvoir plus servir en 1855. La figure 40 représente un morceau de ce câble rongé par l'action des courants d'eau sur les calcaires des environs de Douvres; la condition électrique de la section à laquelle attenait ce morceau était parfaite. Depuis 1859 jusqu'à ce jour, ce câble n'a jamais cessé de fonctionner par tous ses fils, sauf quelques interruptions promptement réparées par les ingénieurs de la « Submarine Telegraph C° », à qui il appartient.

CHAPITRE II

CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES. — FILS CONDUCTEURS. — RACCORDEMENTS. — POTEAUX. — ISOLATEURS, ETC.

Maintenant en une seconde,
Le Nord cause avec le Midi.
La foudre traverse le monde
Sur un brin de fer arrondi.

NADAUD.

Les conducteurs utilisés jusque dans ces dernières années étaient formés de fils de fer galvanisés, de 3 et de 4 millimètres de diamètre.

Certains constructeurs, se fondant sur les résultats d'une expérience de plus de dix annés, prétendent qu'il y a avantage, au point de vue de la durée, à remplacer la galvanisation des fils par une augmentation de diamètre correspondant en dépense aux frais de zingage.

Cette substitution présente, en outre, des avantages réels sous le rapport de la conductibilité du fil et de la résistance absolue qu'il présente à la rupture.

Le fil de 4 millimètres est employé pour les lignes du service intérieur, et le fil de 5 millimètres sert à former les lignes internationales.

Les fils omnibus, établis le long des chemins de fer, sont seuls en fil de fer galvanisé, de 3 millimètres de diamètre.

Le fil, fourni par adjudications publiques, doit être livré non galvanisé, en pièces de 20 kilogrammes au moins, sans joints ni soudures. Les extrémités doivent être aussi bonnes que le

milieu. Chaque pièce doit former un rouleau séparé, ayant 60 centimètres de diamètre intérieur et maintenu par trois liens, dont le poids total ne peut excéder 20 grammes. Le bout extérieur est indiqué par un crochet.

Le fil doit être composé exclusivement de fer de première qualité, exempt de paille et de tout défaut quelconque. Il doit être recouvert d'une couche d'huile de lin cuite, après le dernier passage à la filière. Toute pièce présentant des taches de rouille est rebutée.

Une longueur de 10 mètres de fil de 4 millimètres doit peser au moins 1 000 grammes et au plus 1 100 grammes.

Le poids d'une même longueur de fil de 5 millimètres doit être de 1 600 à 1 700 grammes. Le diamètre ne peut varier en dehors de ces limites.

Le fil doit être bien recuit et assez souple pour pouvoir être enroulé sur lui-même en plusieurs tours étroitement serrés, sans gerçure ni déchirure.

Un morceau quelconque du fil de 4 millimètres pris, soit aux extrémités, soit au milieu du rouleau, doit pouvoir supporter sans se rompre un poids de 500 kilogrammes. Cette charge d'épreuve est portée à 800 kilogrammes pour le fil de 5 millimètres.

Le fil de fer employé dans la construction des lignes télégraphiques doit être assez tenace pour résister aux causes ordinaires de rupture, et assez souple pour que le raccordement des bouts se fasse avec facilité.

Les charges instantanées d'épreuve sont fixées de manière à obtenir ces deux conditions dans un rapport convenable. Elles représentent à peu près une résistance de 4 kilogrammes par millimètre carré de section, résistance que des fils de bonne qualité peuvent seuls présenter, lorsqu'ils sont recuits.

En Angleterre, afin de s'assurer que le fil est homogène, et que sa résistance est uniforme dans toute la longueur, on emploie, pour l'enrouler, le procédé suivant : Le fil galvanisé est

placé sur un simple tambour ; de là, il est tiré alternativement sur trois, cinq ou sept petites poulies à gorge arrangées de la manière indiquée par la figure 41. Puis, il passe autour

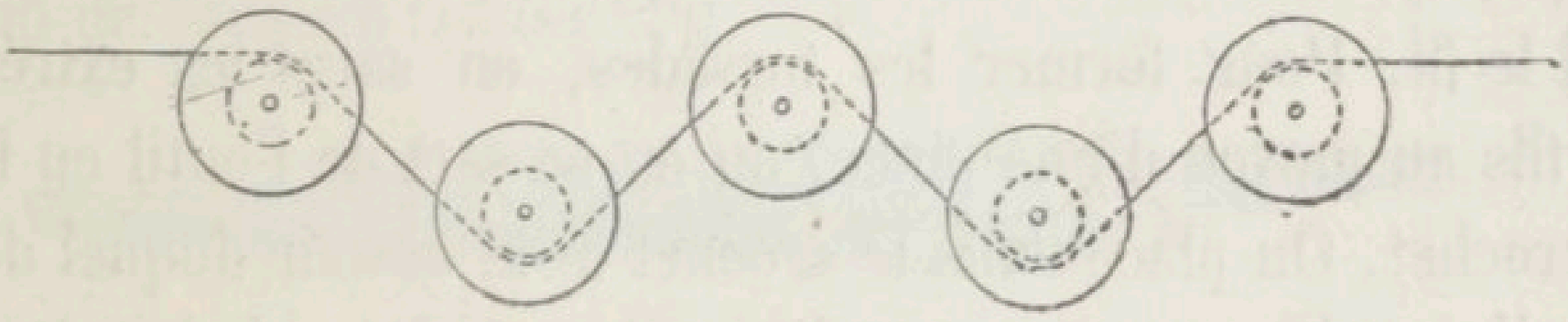


Fig. 41.

d'une large poulie à gorge, et finalement s'enroule sur un tambour que l'on tourne avec une vélocité supérieure d'environ 2 pour 100 à celle de la poulie. La tension qu'il reçoit ainsi l'éprouve suffisamment et rend ainsi évident tout défaut qu'il pourrait contenir.

Raccordement des fils. — Autrefois, le raccordement des fils s'opérait en juxtaposant les extrémités sur une longueur de 15 à 20 centimètres, et en les tordant ensuite au moyen de deux étaux que l'on tournait en sens contraire. Une soudure, formée d'un alliage de plomb et d'étain, que l'on avait soin d'appliquer au milieu de la partie tordue, assurait la conductibilité du conducteur en empêchant l'oxydation des parties en contact. Ce procédé avait l'avantage de réunir les fils d'une manière intime, mais, par contre, il diminuait leur résistance.

L'expérience a fait reconnaître que les ruptures qui se produisaient par suite des abaissements de température avaient lieu ordinairement aux points où se terminaient les torsades.

On a donc abandonné ce procédé et l'on y a substitué le suivant :

On réunit les bouts sur une longueur de 15 à 20 centimètres et on les serre, au milieu de la partie commune, au moyen d'un étau. On enroule ensuite, en hélices très-serrées, l'extrémité libre de chaque fil autour de la partie continue de l'autre, et l'on soude au milieu.

Si les fils ne sont pas galvanisés, on complète leur liaison, en

les réunissant par un fil mince de cuivre, que l'on soude des deux côtés de la double torsade. On enroule en quelques tours ce fil de cuivre autour des torsades, pour éviter qu'il ne se rompe, si celles-ci venaient à se rapprocher au moment où l'on tend le fil. Pour former les torsades, on saisit les extrémités des fils au moyen d'une pince, ou on se sert de l'outil en forme de crochet. On place dans le crochet le fil autour duquel doit se faire l'enroulement et on applique l'extrémité qui doit être enroulée dans une entaille ménagée dans la partie recourbée de l'instrument. On tourne ensuite ce dernier à la main. Les torsades obtenues de cette manière sont très-serrées, très-régulières et se font avec rapidité (fig. 42 et 43).

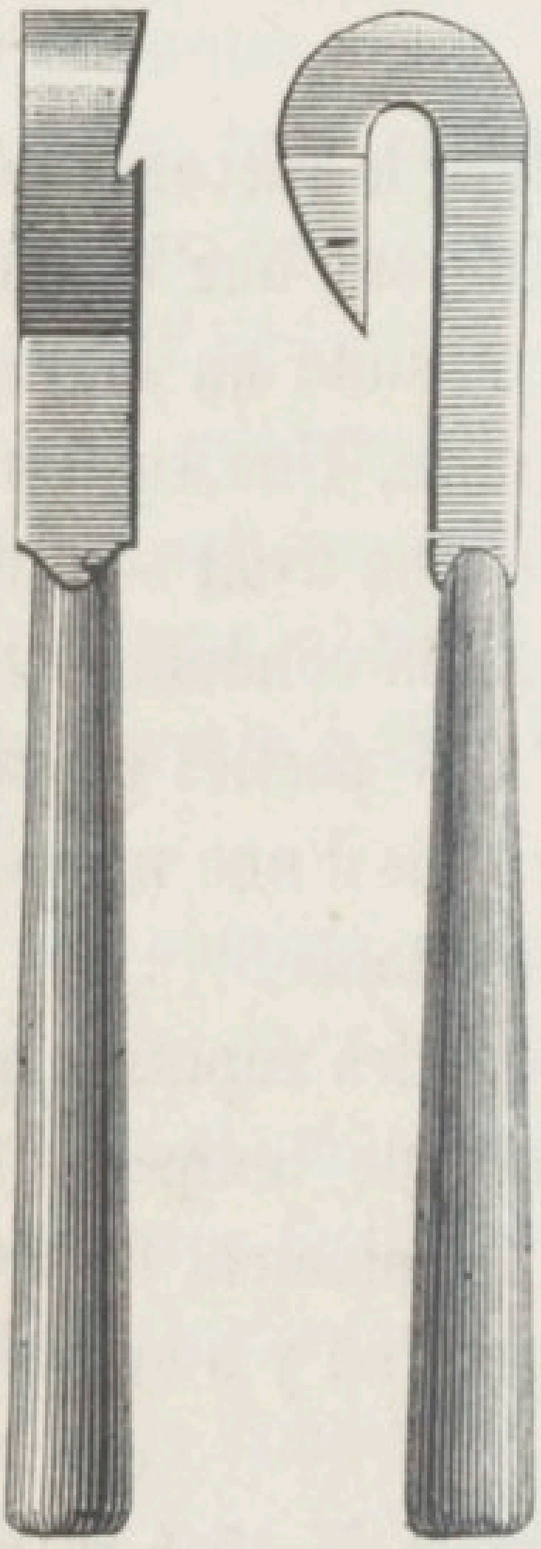


Fig. 42.

Fig. 43.

L'assemblage suivant, employé par certaines administrations, se trouve dans les meilleures conditions de conductibilité et de résistance; mais il exige beaucoup de temps et de soin, et il offre des difficultés pratiques au point de vue de la soudure. On

juxtapose les bouts de fils, après en avoir recourbé les extrémités en forme de crochet; on les serre fortement au moyen d'un fil de fer mince, que l'on enroule dans tout l'intervalle compris entre les deux crochets; on plonge ensuite le tout dans un bain de soudure fondue (fig. 44).

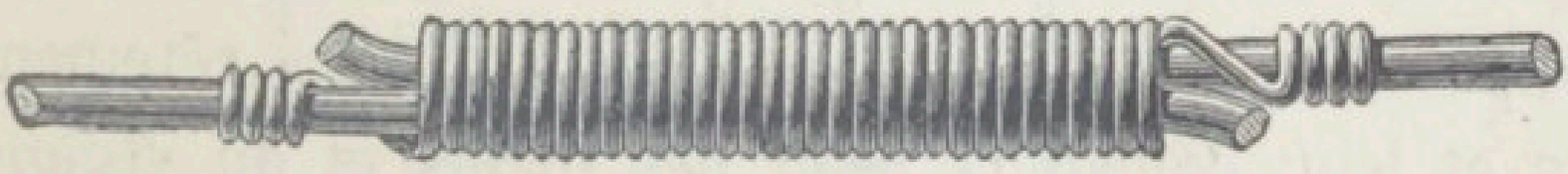


Fig. 44.

Le système de joint employé en France paraît former un très bon contact et offrir une résistance suffisante à la traction. Il se compose d'un manchon creux, en fer galvanisé, muni d'une échancrure sur une de ses faces. On y introduit les fils, dont on aplatit au marteau les extrémités, et on y verse de la soudure par les ouvertures.

Poteaux. — Les poteaux employés pour supporter les fils conducteurs sont en pin, en sapin ou en mélèze, et injectés de sulfate de cuivre d'après le procédé Boucherie. On en fait souvent aussi en fer. Le mélèze est plus résistant que les deux autres essences, mais son injection est plus lente. Les poteaux en fer sont plus durables.

Les arbres résineux ont été préférés jusqu'à ce jour, parce que leur préparation est facile et efficace, et à cause de la modicité de leur prix et de la régularité de leur forme.

La préparation des poteaux se fait ordinairement du 1er mai au 1er décembre. Les arbres coupés du mois de décembre au mois de mars, lorsqu'ils possèdent une sève très fluide, peuvent être injectés longtemps après leur abatage; mais la congélation du liquide préservateur, qu'occasionne ordinairement l'abaissement de la température pendant la saison d'hiver, rend impossible, pendant cette période, la mise en pratique, à l'air libre, du procédé Boucherie. Parmi les substances, autres que le sulfate de cuivre, utilisées jusqu'à ce jour pour la conservation du bois, vient en premier lieu la créosote, obtenue par la distilla-

tion du goudron de gaz. Son emploi est général pour la préparation des billes en sapin destinées à la construction des voies de chemins de fer, et il est très répandu en Angleterre pour la conservation des poteaux des lignes télégraphiques.

Malheureusement, la créosote exerçant une action corrosive énergique sur les matières organiques, elle rend la manipulation des poteaux très incommode; elle brûle les vêtements des ouvriers et leur enlève la peau des mains et du visage. Les poteaux nouvellement préparés répandent en outre une odeur très forte, qui les rend peu propres à être plantés près des habitations. Eu égard à ces difficultés pratiques, on a renoncé à se servir des poteaux créosotés.

Quant à la préparation au chlorure de zinc, des essais, faits en Prusse avant 1854, avaient semblé démontrer qu'elle ne pouvait être d'une application avantageuse, le chlorure de zinc étant dissous à la longue par les eaux pluviales.

Les poteaux injectés de chlorure de zinc se conservent très mal dans les terrains calcareux et durent au contraire très longtemps dans les sables.

Poteaux en fer. — Les poteaux en fer sont peu employés en France, en Angleterre et en Belgique, excepté dans des cas particuliers. En revanche, on n'en emploie pas d'autres dans les Indes orientales, et ils sont nombreux en Australie et dans l'Amérique du Sud. Dans ces pays, où le bois périt très vite par les ravages de la fourmi blanche, et où l'on ne peut employer les procédés préservatifs ordinaires à cause de la dépense considérable que cela entraînerait, on a recours au fer qui permet l'expédition par mer d'une quantité importante de poteaux sous un petit volume.

On a même imaginé des poteaux tubulaires en feuilles de tôle formant télescope, c'est-à-dire formés de deux parties pouvant s'emboîter l'une dans l'autre. Ces poteaux, connus sous le nom de *Hamilton's Standard*, sont presque exclusivement employés aux Indes anglaises, où la fourmi blanche ne permet pas l'usage du bois. Ils se composent : 1° de deux tubes *a* et *b* en fer

laminé; 2° d'un socle *c* en fonte; 3° d'un disque ou plateau *d*, aussi en fonte; 4° d'un chapeau *e* en fonte; 5° d'un paraton-

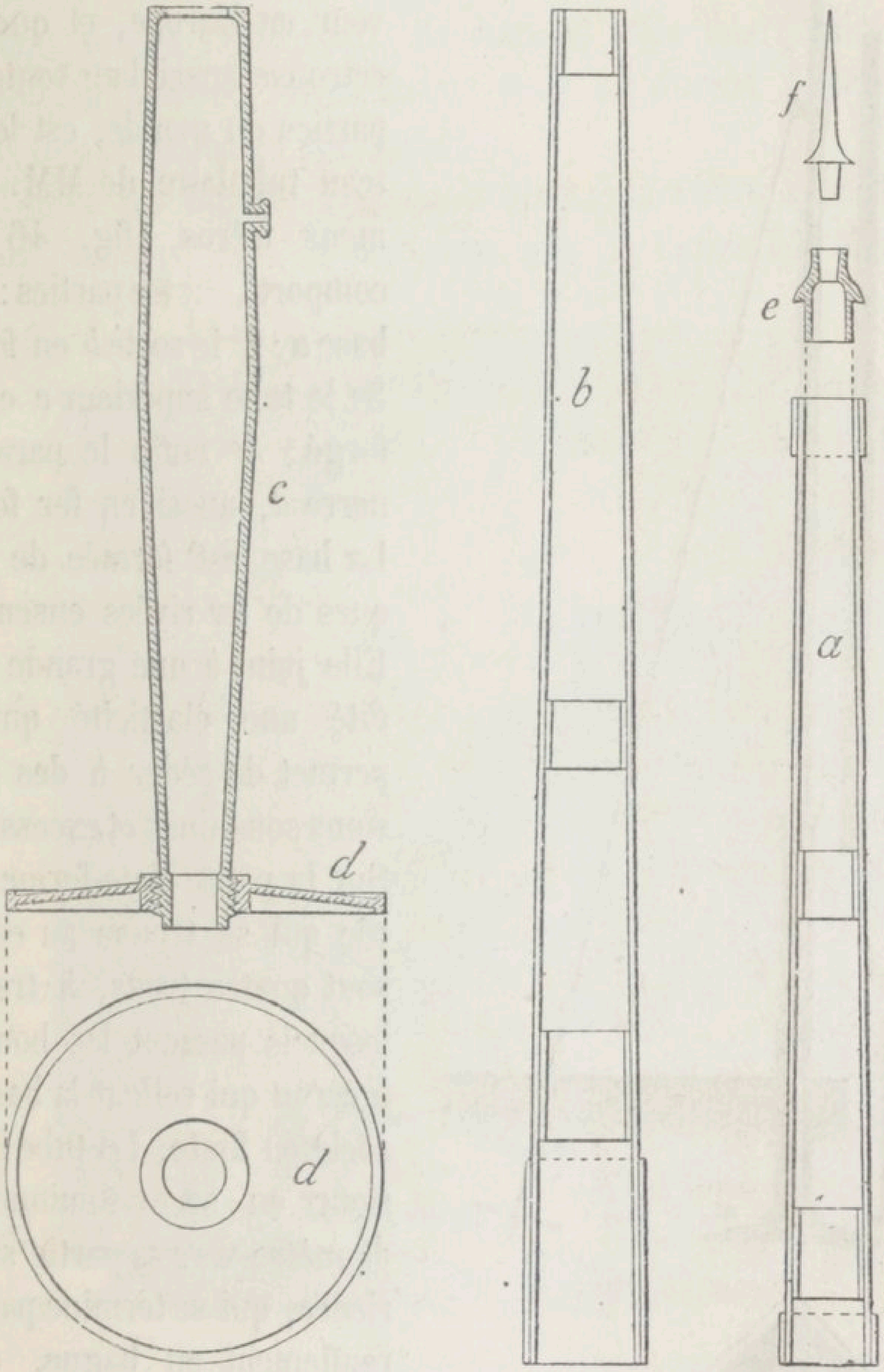


Fig. 45.

nerre forgé *f*. Il est souvent arrivé aux Indes, et surtout dans le Mekran, que les natifs se sont emparés de ces pointes pour s'en fabriquer une arme, en la plaçant à l'extrémité d'un bam-

bou ; aussi on rive maintenant cet appendice au chapeau (fig. 45).

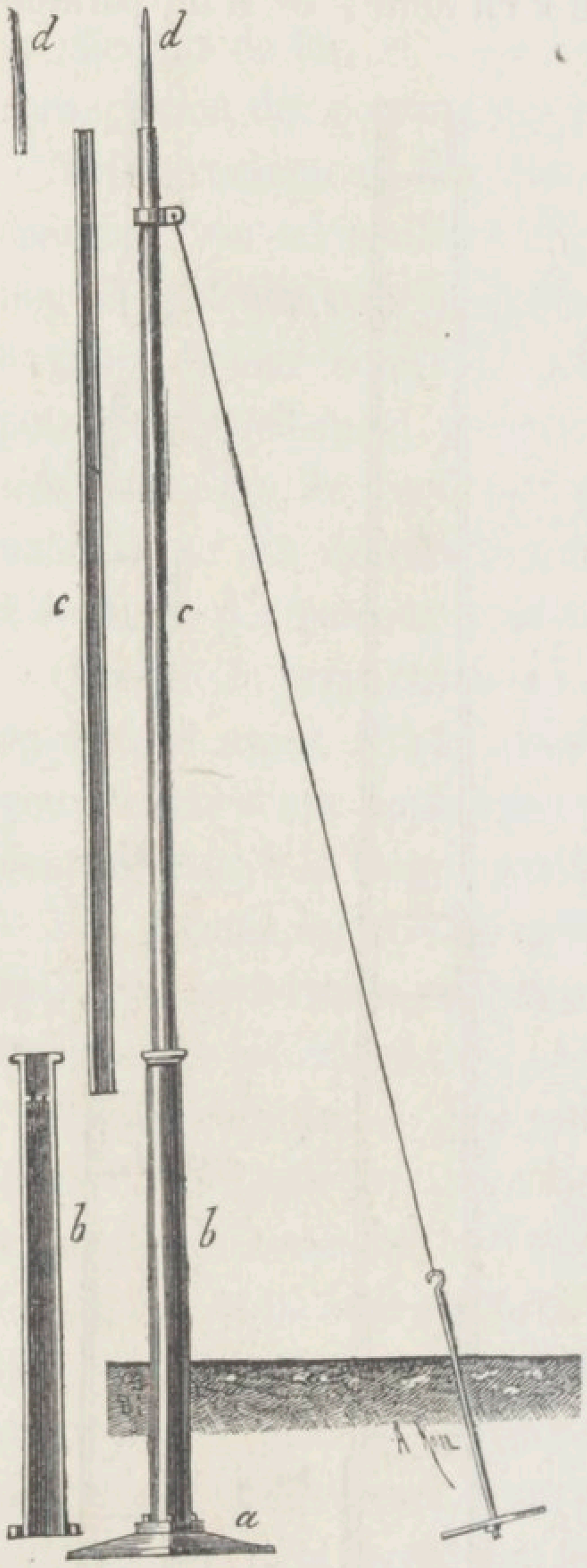


Fig. 46.

Le modèle de poteau en fer qui a rencontré le plus de faveur en Europe, et que l'on retrouve aussi dans toutes les parties du monde, est le poteau tubulaire de MM. Siemens frères (fig. 46). Il comporte quatre parties : 1° la base *a* ; 2° le socle *b* en fonte ; 3° le tube supérieur *c* en fer forgé ; 4° enfin le paratonnerre *d*, aussi en fer forgé. La base est formée de plaques de fer rivées ensemble. Elle joint à une grande rigidité une élasticité qui lui permet de céder à des tensions soudaines et excessives. Sur la petite plate-forme carrée qui se trouve au centre sont quatre trous, à travers lesquels passent les boulons à écrou qui relient la base au socle en fonte. Le tube inférieur ou socle diminue de diamètre vers sa partie supérieure, qui se termine par un renflement ou bague, dans lequel vient s'ajuster la partie supérieure tubulaire du poteau. Cette partie est fixée au tube inférieur par un ciment composé de soufre et d'oxyde de fer. Le tube supérieur est formé d'un feuillet de fer dont la couture

est rejointée à la forge; il est conique et se termine par une bague qui sert à recevoir le paratonnerre.

Ces poteaux varient de dimension suivant la tension qu'ils doivent subir; en général, ils coûtent trois fois autant qu'un poteau en bois de même force, mais ils durent certainement dans des proportions plus grandes.

Toutes les lignes égyptiennes sont construites avec des poteaux Siemens, et l'on peut voir, par la figure 47 ci-contre,

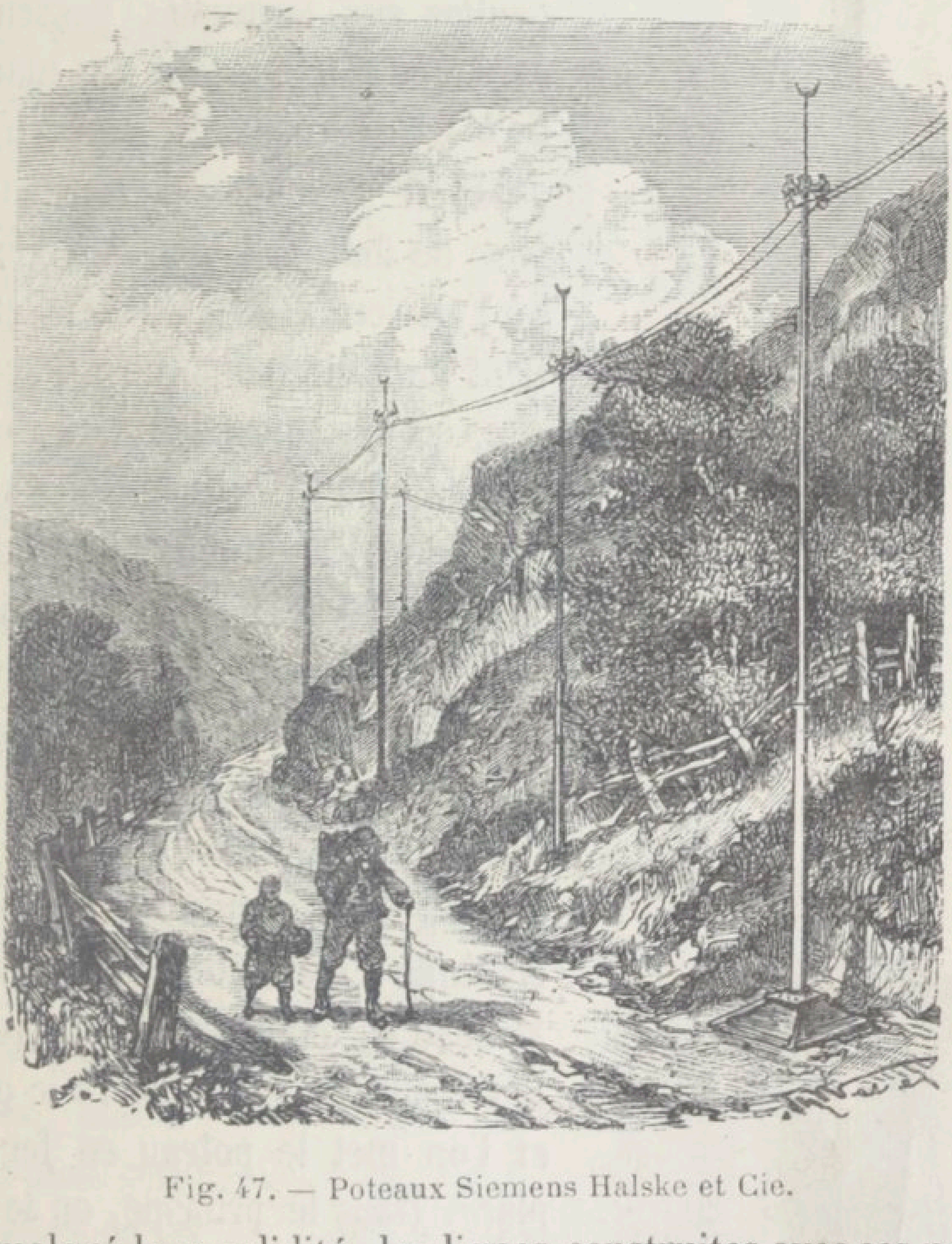


Fig. 47. — Poteaux Siemens Halske et Cie.

que, malgré leur solidité, les lignes construites avec ces poteaux en fer ne sont pas dépourvues d'élégance. (1)

En Australie, on emploie beaucoup un poteau à base pyramidale en fonte, qui permet de le poser sans ouvrir de tranchée.

(1) Ces lignes appartiennent à l'Eastern Telegraph.

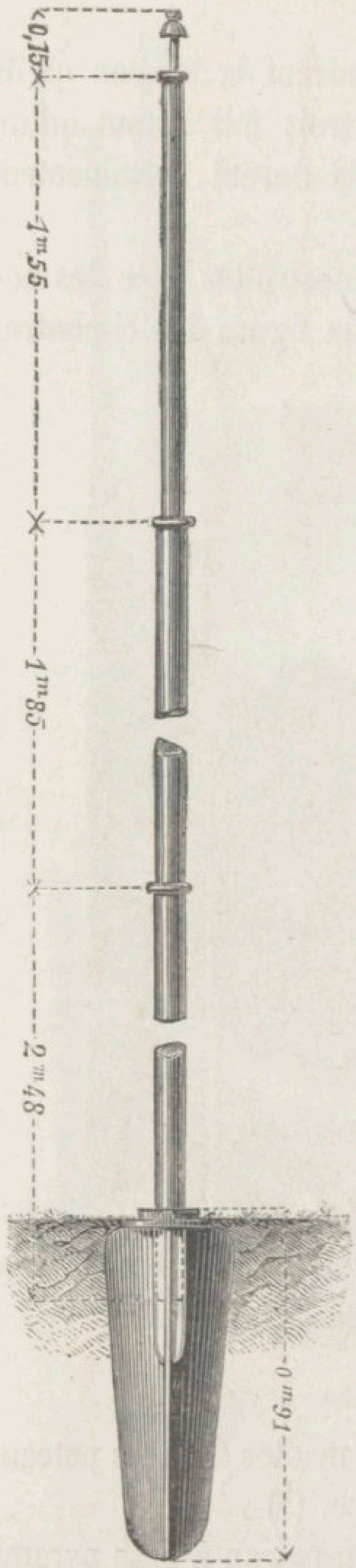


Fig. 48.

Ce poteau (1), construit par M. Oppenheimer, de Manchester, est représenté dans les figures 48 et 49. Sa base a la forme d'une pyramide, à bords tranchants, que l'on peut forcer dans le terrain au moyen d'un mouton placé sur un trépied, (fig. 49); p, p' sont deux simples poulies sur lesquelles passent les cordages r, r' portant des manettes h, h'. Ces cordages supportent le poids W au moyen de crochets. La base de fonte est placée à l'endroit où l'on veut ériger le poteau et contient un socle temporaire. Par-dessus, on ajuste un collier en cordes b, destiné à amortir les chocs, puis le poids W. Une tige passant par la partie supérieure du trépied se fixe pareillement dans le socle temporaire et sert de guide. Le mouton est alors soulevé le long de cette tige directrice, et on le laisse retomber sur le manchon en cordes. On continue l'opération jusqu'à ce que la base en fonte soit de niveau avec le terrain. On enlève alors le guide, et l'on met le poteau en fer à sa place. Dans le principe, on le fixait au ciment, comme dans le système Siemens ; on le consolide maintenant par des coins en fer de différentes grandeurs qui maintiennent le poteau

(1) Preece and Sivewright-Telegraphy.

dans son socle. Ces poteaux, une fois érigés, sont très fermes et ne cèdent jamais dans le terrain. On comprend, en effet, que la terre est d'autant plus comprimée et le sol d'autant plus solide que, par suite de l'enfoncement de la base en forme de coin, on l'a forcée comme un pieu en terre.

Un modèle de poteau en fer breveté par MM. Lee et Rogers, de Manchester, et connu sous le nom de « poteau en ruban de fer » (*Ribband Iron Post*), est formé de cornières en fer (fig. 50), de hauteurs variables, entourées d'une série de lamelles de fer forgé se croisant en directions opposées et rivées entre elles à tous

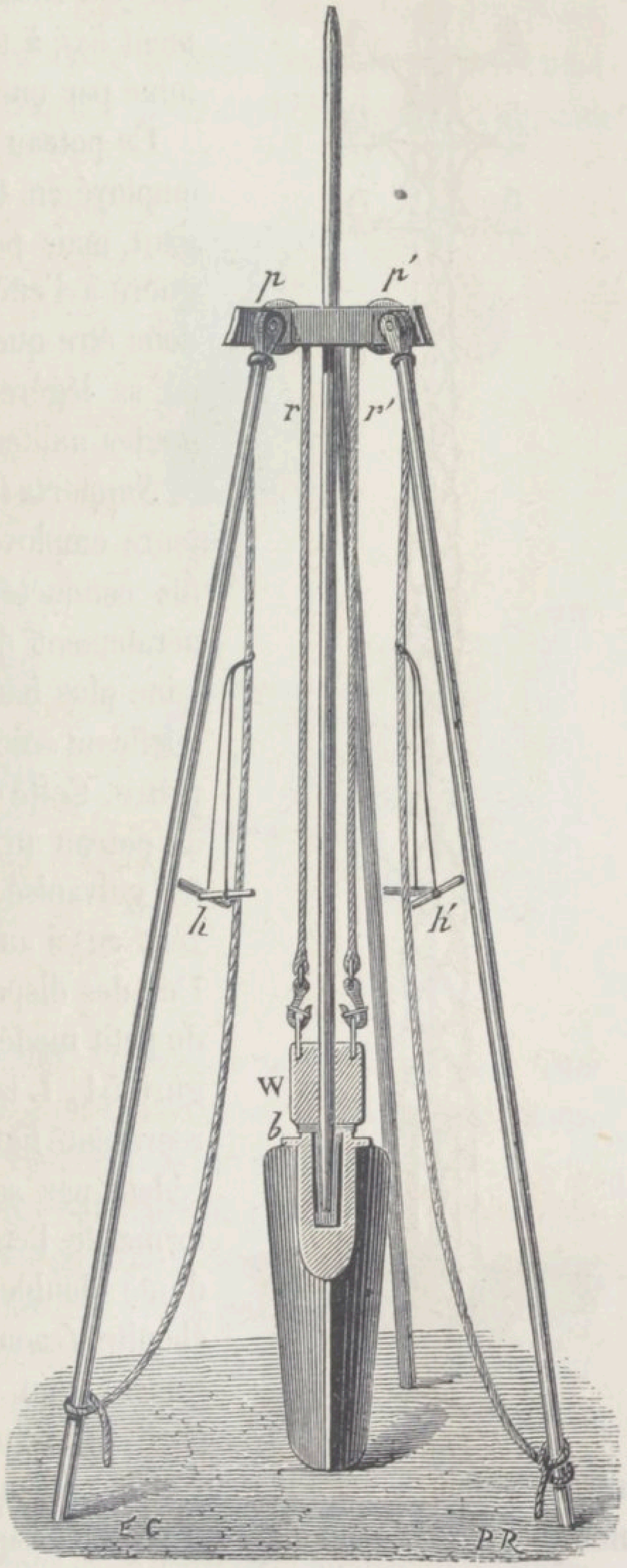


Fig. 49.

les croisements, aux cornières et aux points de contact. Le tout est ensuite consolidé et fermement fixé à un socle en fonte, terminé par une base en trépied.

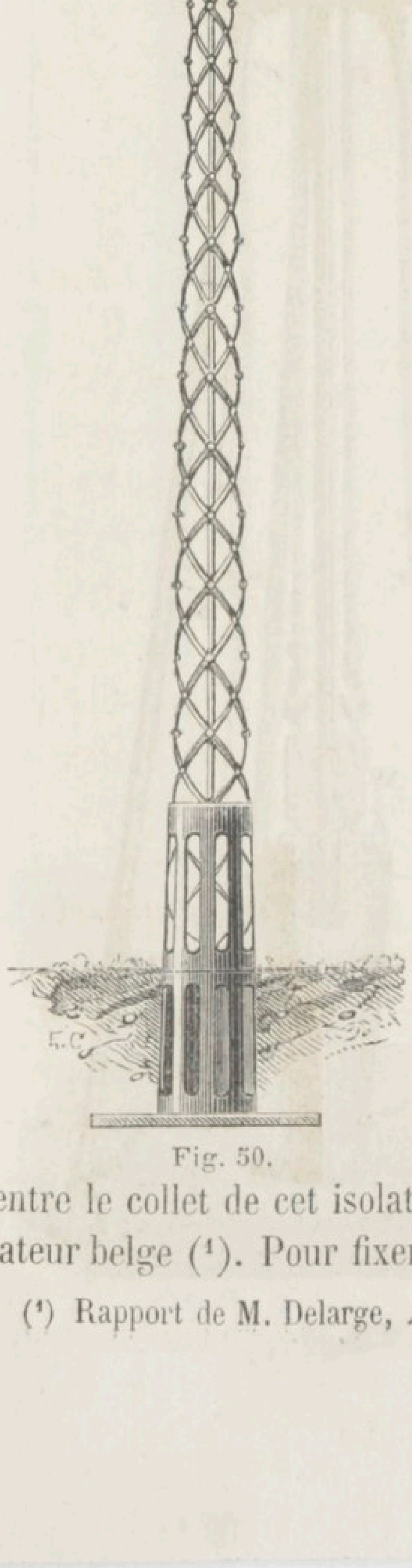


Fig. 50.

Ce poteau n'a pas été beaucoup employé en télégraphie. Il est élégant, mais peu solide et ne résiste guère à l'effort latéral. Il ne peut donc être que rarement employé, là où sa légèreté et ses formes élégantes militent en sa faveur.

Supports isolants. — Les isolateurs employés pour supporter les fils conducteurs se composent généralement d'une cloche en porcelaine plus haute que large dans laquelle un crochet en fer est scellé au plâtre. Cette cloche est parfois fixée au poteau au moyen d'un étrier en fer galvanisé et de deux vis, souvent aussi au moyen d'un support. Une des dispositions d'un isolateur du petit modèle est indiquée à la figure 51. L'isolateur grand modèle, représenté figure 52, diffère du précédent par ses dimensions, par la forme de l'étrier et par l'existence d'une double cloche intérieure en ébonite (caoutchouc durci ou vulcanisé) dont est recouvert le crochet. Un appui de hêtre est serré entre le collet de cet isolateur et le poteau. Ce modèle est l'isolateur belge (1). Pour fixer au poteau l'isolateur petit modèle, il

(1) Rapport de M. Delarge, *Annales des Travaux publics*,

est nécessaire de comprimer l'étrier au moyen d'une petite presse à vis de manière à serrer fortement la cloche. De cette façon, on donne à cette dernière assez de fixité, sans cependant empêcher qu'elle puisse être tournée, pour faciliter l'introduction dans

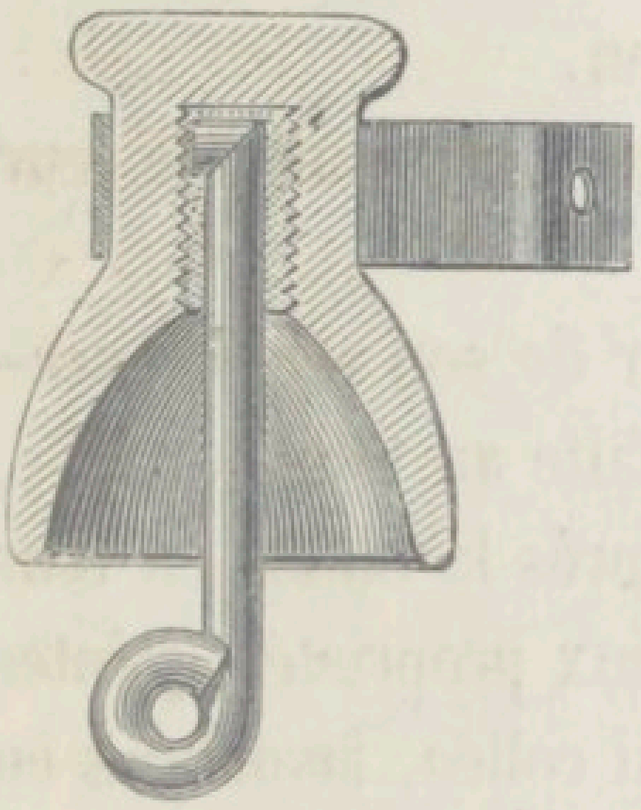


Fig. 51.

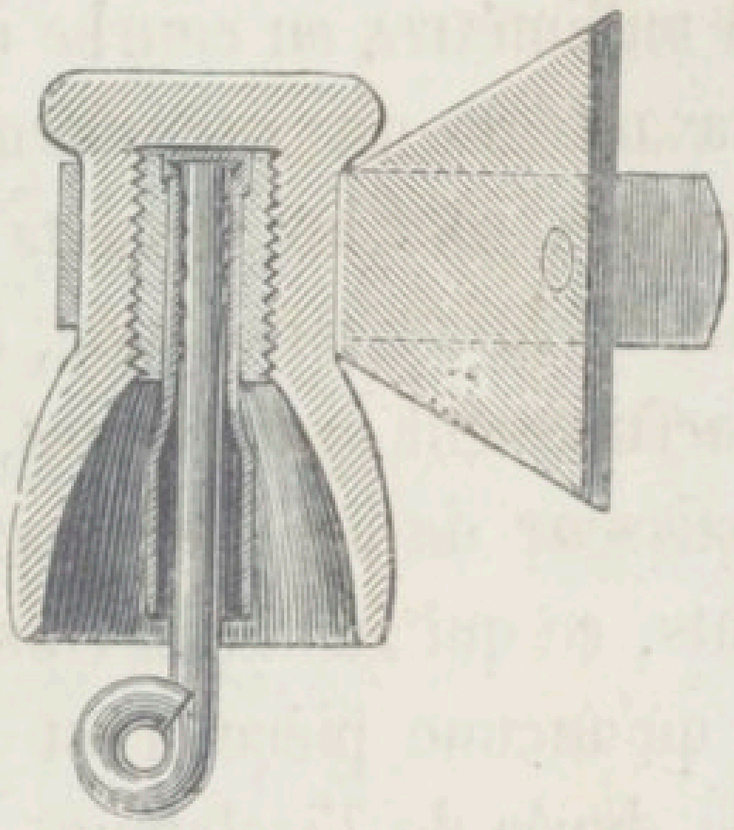


Fig. 52.

le crochet d'un fil déjà tendu. Lorsqu'on utilise ce modèle dans les courbes de grand rayon, on cloue contre le poteau un petit appui en bois sur lequel vient porter la partie bombée de la cloche.

Le système d'attache des isolateurs de grand modèle à double cloche présente toutes les garanties désirables de stabilité. La pénétration convenable des vis ayant pour effet de comprimer l'isolateur et l'appui en hêtre contre le poteau, et de déterminer dans celui-ci un léger enfoncement des deux extrémités de l'étrier, il en résulte que le support isolant, tout en conservant une élasticité convenable, peut supporter impunément de grands efforts de traction. Cette disposition peut donc être adoptée avantageusement pour le gros fil et pour les courbes de petit rayon.

L'isolateur petit modèle est employé :

1° Avec le fil de 3 millimètres ;

2° Avec le fil de 4 millimètres, en ligne droite et dans les courbes de grand rayon.

Le grand modèle sert à supporter le fil de 5 millimètres et le fil de 4 millimètres en courbe de petit rayon.

Les avantages que présentent ces isolateurs, par suite de leur forme même, sont les suivants :

1° La cloche en porcelaine, ayant autour de son axe des sections parfaitement symétriques, peut être faite au tour.

L'épaisseur de la porcelaine est à peu près la même en tous les points, ce qui facilite la cuisson. Ces deux propriétés, jointes à cela qu'aucune pièce n'est rapportée ni collée, favorisent en outre la durée de l'isolateur, en mettant ce dernier à l'abri de l'influence nuisible des variations de température.

Depuis que ce modèle a été adopté en Belgique, le bris des isolateurs se réduit aux cas de malveillance, aux chocs ou accidents exceptionnels.

2° Le fil étant libre dans le crochet, et l'étrier jouissant d'une certaine élasticité, la porcelaine n'a d'autre effort à supporter que le poids du fil ; elle n'est pas soumise, comme dans les isolateurs qui arrêtent invariablement le fil, à des variations brusques de traction, ainsi qu'à des vibrations qui en altèrent la solidité.

Le crochet intérieur n'est pas assez gros pour que sa dilatation puisse faire éclater la cloche, ainsi que cela arrive dans certains modèles adoptés en Prusse. Or, l'on sait que ce sont surtout les fissures qui se produisent dans les supports qui compromettent la propriété isolante de ceux-ci. Il en résulte qu'un isolateur qui, au moment de sa mise en service, serait supérieur à celui du système belge comme pouvoir isolant, pourrait, s'il était soumis aux causes d'altération que nous venons d'indiquer, lui être de beaucoup inférieur après quelque temps d'emploi.

L'étrier en fer ne compromet point l'isolement, ainsi qu'on l'a prétendu. Les pertes de courant à la terre se produisent presque

exclusivement par la surface de l'isolateur lorsqu'elle est mouillée par l'humidité de l'air atmosphérique. La propriété isolante dépend donc uniquement de la longueur de cette surface, et peut être renforcée, soit par l'augmentation de hauteur de la cloche, soit, ainsi que nous le verrons plus loin, par l'addition d'une double cloche intérieure. Les conditions qui résultent de l'emploi d'un étrier en fer sont sensiblement les mêmes que si le fil reposait sur la tête de l'isolateur, celui-ci étant supporté par une console en fer fixée dans l'intérieur, à l'exemple de ce qui existe dans le système anglais (fig. 53).

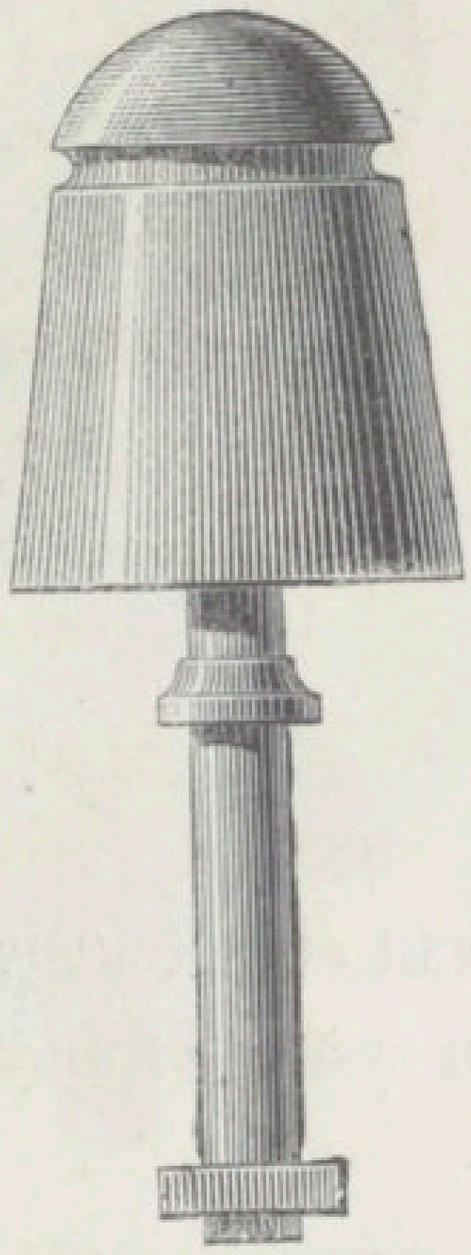


Fig. 53.

3° Le crochet étant scellé dans la partie de l'isolateur qui est protégée par l'étrier en fer, il est très difficile de briser complètement l'isolateur, même à dessein : lorsque la partie inférieure de la cloche est enlevée, le crochet continue à supporter le fil. Dans ce cas, l'isolement est en partie compromis ; mais le fil, ne se mêlant pas avec ceux qui se trouvent sous lui, peut encore être utilisé. Les interruptions qui se produisent nécessairement dans ces circonstances par l'emploi d'isolateurs d'autres systèmes sont donc presque toujours complètement évitées.

Le scellement du crochet dans l'isolateur se fait au moyen d'un mastic que l'on forme en gâchant du plâtre réduit en poudre fine avec de l'eau contenant 1/15e de colle forte liquide. Ce scellement, par la grande dureté qu'il acquiert, permet de fixer le crochet sans qu'une cavité en retrait soit ménagée dans la porcelaine. Il n'offre pas, comme le scellement au soufre et à la limaille de fer, employé dans le principe, l'inconvénient de faire éclater la porcelaine par sa dilatation. Il est en outre plus économique que ce dernier mastic.

On donne aux fils une flèche convenable en les tendant par

des appareils placés de kilomètre en kilomètre sur des supports isolants d'une forme particulière.

Jusqu'à ce jour, le support de tension représenté figure 54

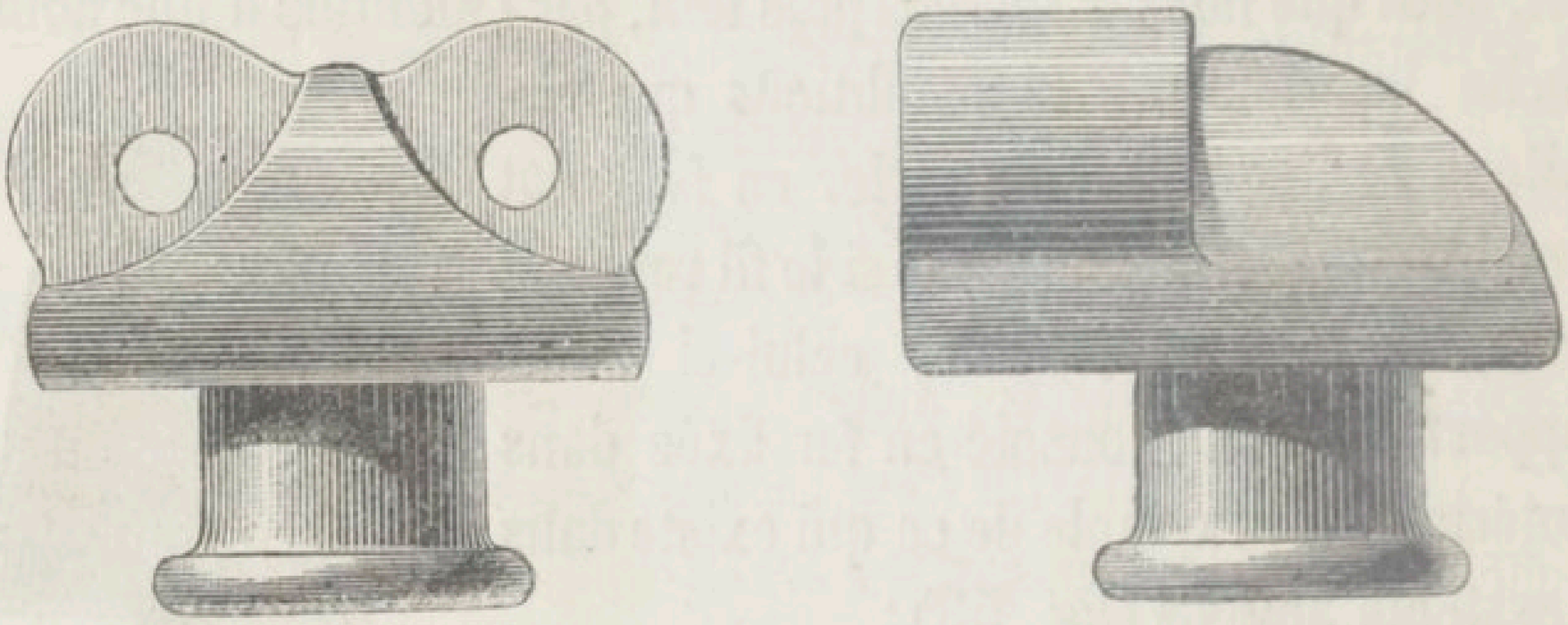


Fig. 54.

avait été exclusivement employé, soit avec les tendeurs doubles du système français, soit avec les tendeurs simples. Actuellement,

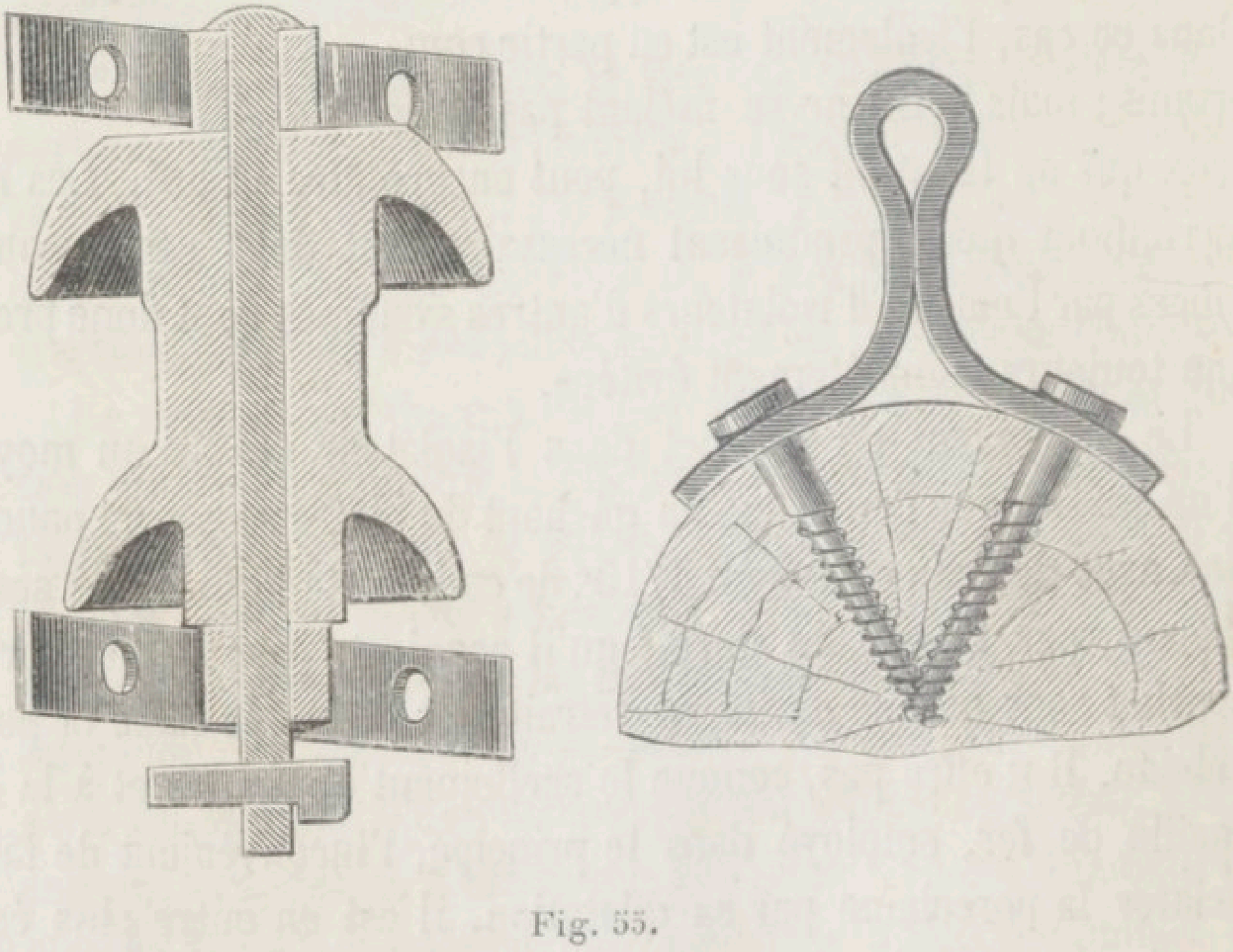


Fig. 55.

le support isolant dit *champignon* (fig. 55) est d'un usage gé-

néral; il est traversé par un boulon porté par deux bridés que l'on fixe au poteau au moyen de deux vis. Il est, à cause de la ferrure, d'un prix un peu plus élevé et d'un assemblage plus lent que le support de tension mentionné plus haut; mais il a sur ce dernier l'avantage d'offrir un meilleur isolement et une stabilité plus grande.

Sur la partie cylindrique de cet isolateur champignon on adapte les tendeurs à collier dont nous parlerons plus loin. Ce support sert, en outre, à arrêter les fils d'une manière définitive à leur entrée dans les bureaux et dans les tunnels, à leur point de raccordement avec les lignes souterraines ou avec celles qui traversent les cours d'eau. Il remplace aussi l'isolateur-cloche dans les

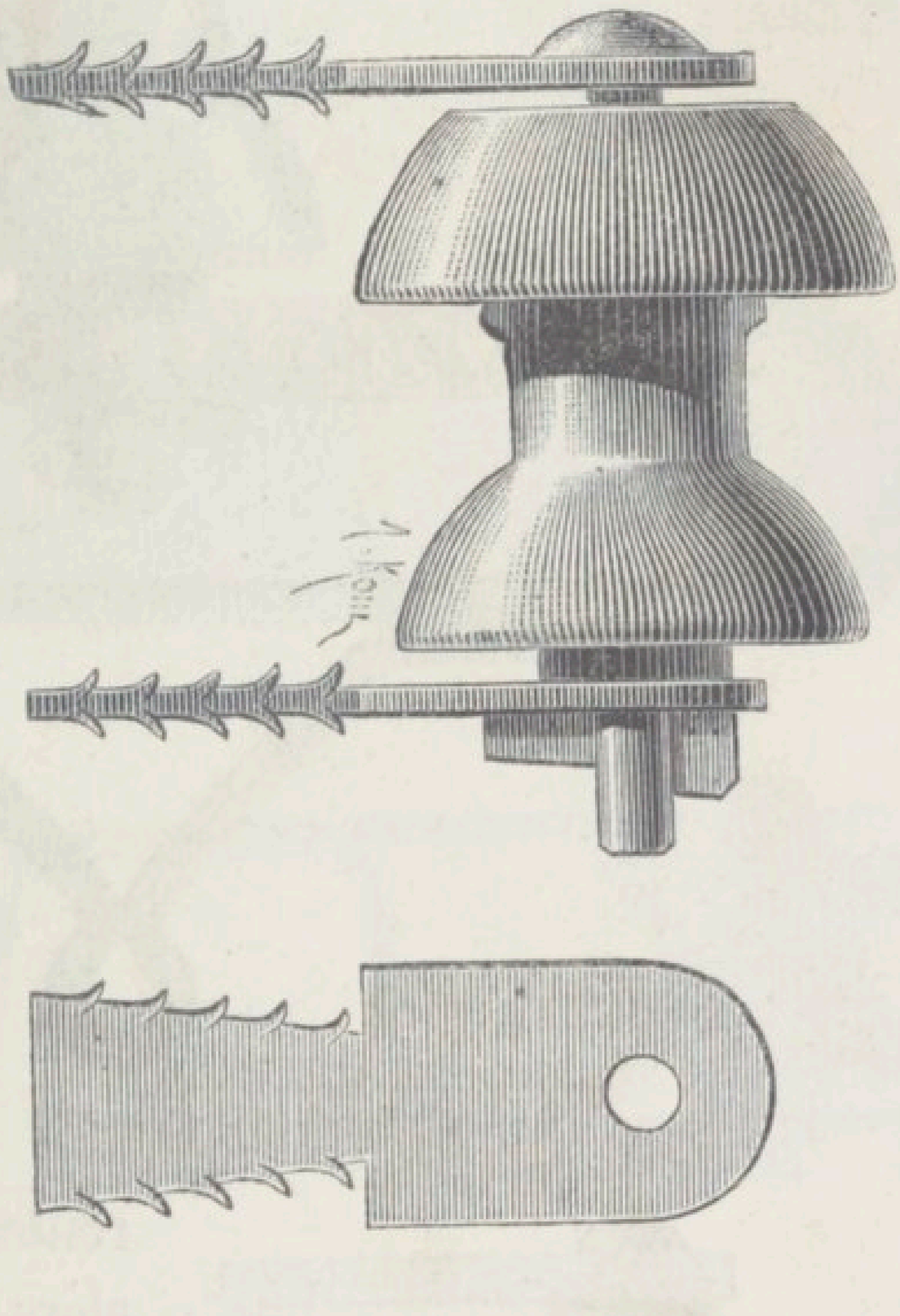
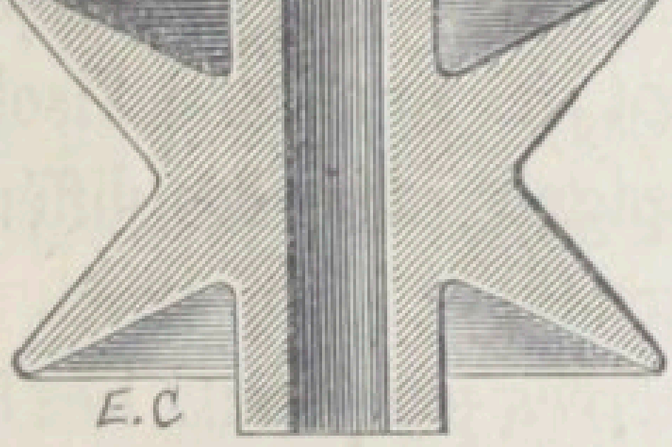


Fig. 56.



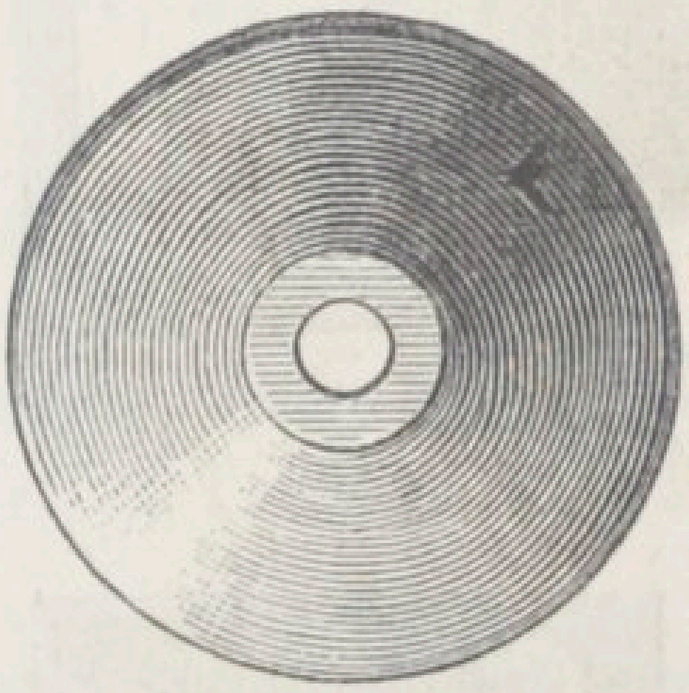


Fig 57.

lignes de direction irrégulière, au sommet des angles très pro-

noncés. Ce cas ne se présente que sur les chaussées ou sur les

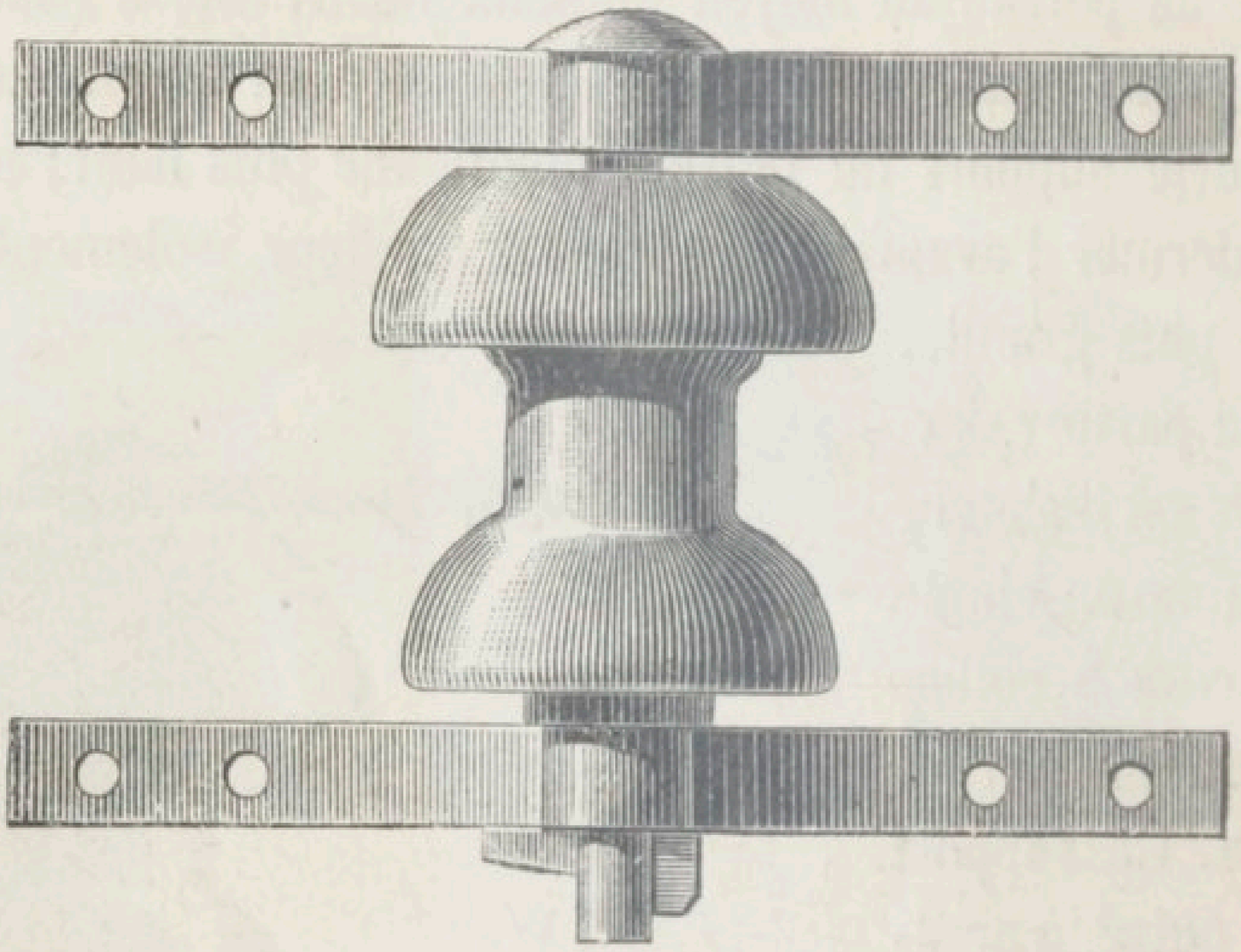


Fig. 58.

routes ordinaires. On maintient alors le fil sur cet isolateur en y fixant les deux extrémités d'un fil fin que l'on enroule autour du champignon.

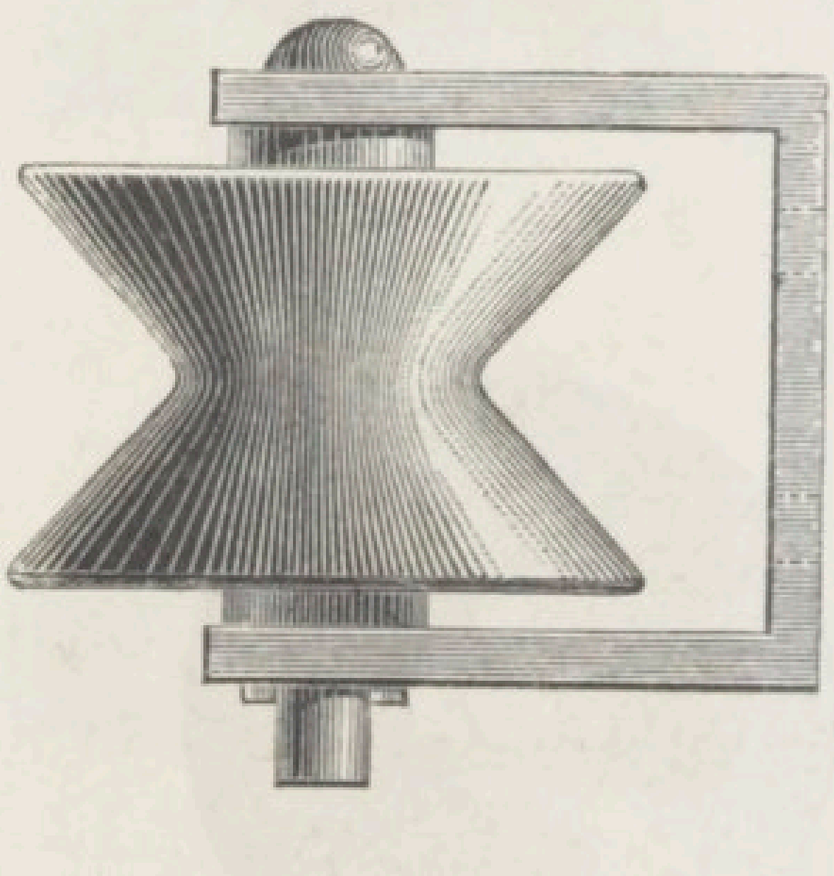


Fig. 59.

Des ferrures de forme spéciale servent à supporter l'isolateur champignon dans les différentes circonstances que nous avons énumérées plus haut. Les ferrures dites d'arrêt galvanisées, plates (fig. 56), sont scellées dans la pierre, et les ferrures dites

d'arrêt galvanisées, triangulaires (fig. 58), sont utilisées lorsque la surface d'appui est en bois et plane (poteaux jumelés, etc.).

L'isolateur dit interrupteur, représenté figure 57, est ordinairement employé lorsqu'il s'agit d'arrêter un ou deux fils à un bureau. Étant d'un très petit volume, il peut être fixé facilement au moyen des ferrures carrées représentées figure 59 ou des ferrures doubles (fig. 60), contre une simple planchette, quelquefois même contre le larmier des corniches.

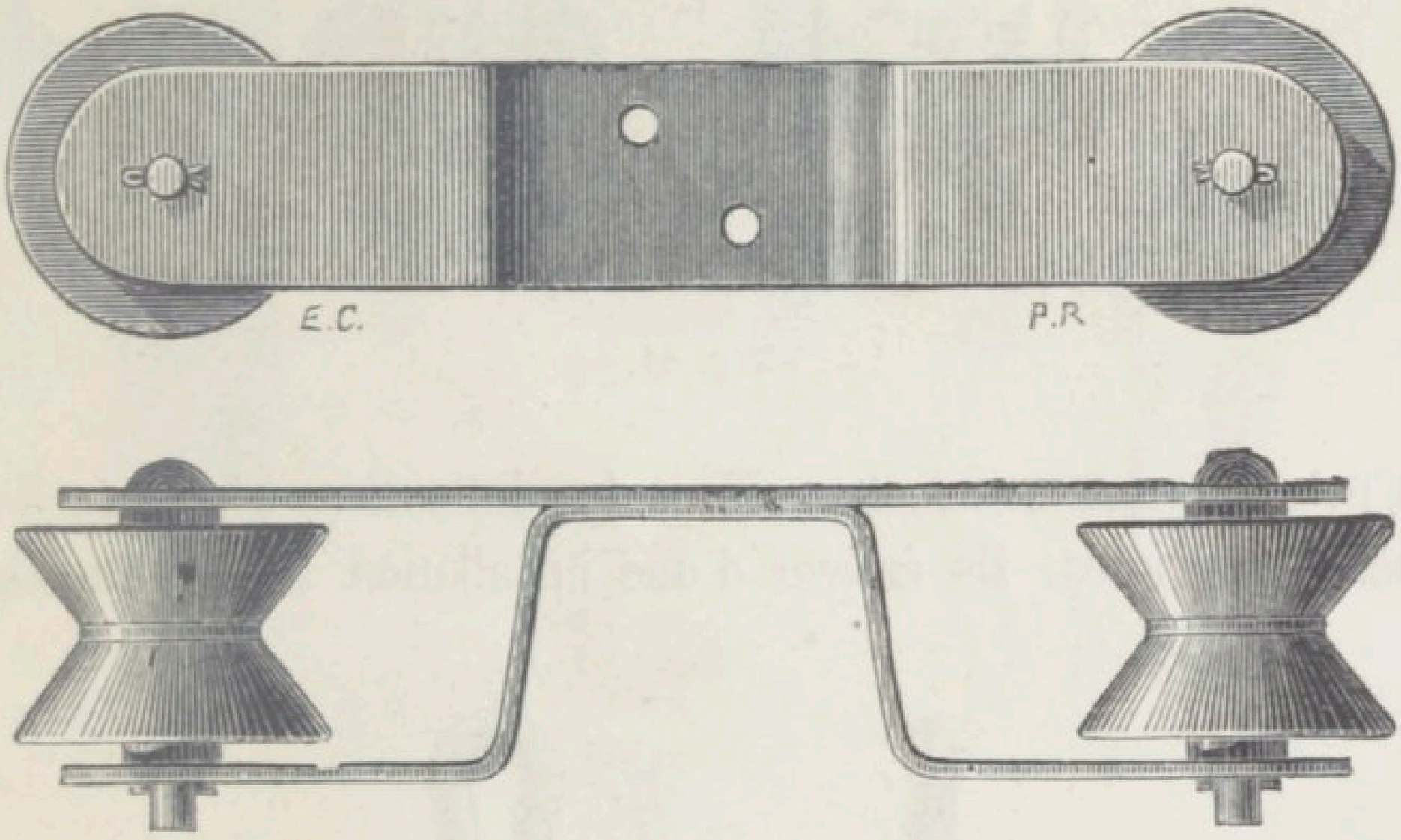


Fig. 60.

La ferrure à tenon, figurée en 61, est destinée à être fixée dans la pierre de taille.

La ferrure à crochet (fig. 62) permet d'intercaler un bureau sur un fil de ligne, sans qu'il soit nécessaire de fixer cette ferrure contre un bâtiment ou contre un poteau ; un des bouts du fil de ligne est attaché au crochet, et l'autre bout à l'interrupteur porté sur la ferrure.

Cet interrupteur, ne donnant qu'un isolement imparfait, ne peut être employé que dans des endroits abrités contre l'humidité ou sur les lignes de faible parcours.

Les isolateurs dits isolateurs plats fermés et ouverts (fig. 59 et 62), qui étaient employés pour supporter les fils partout où

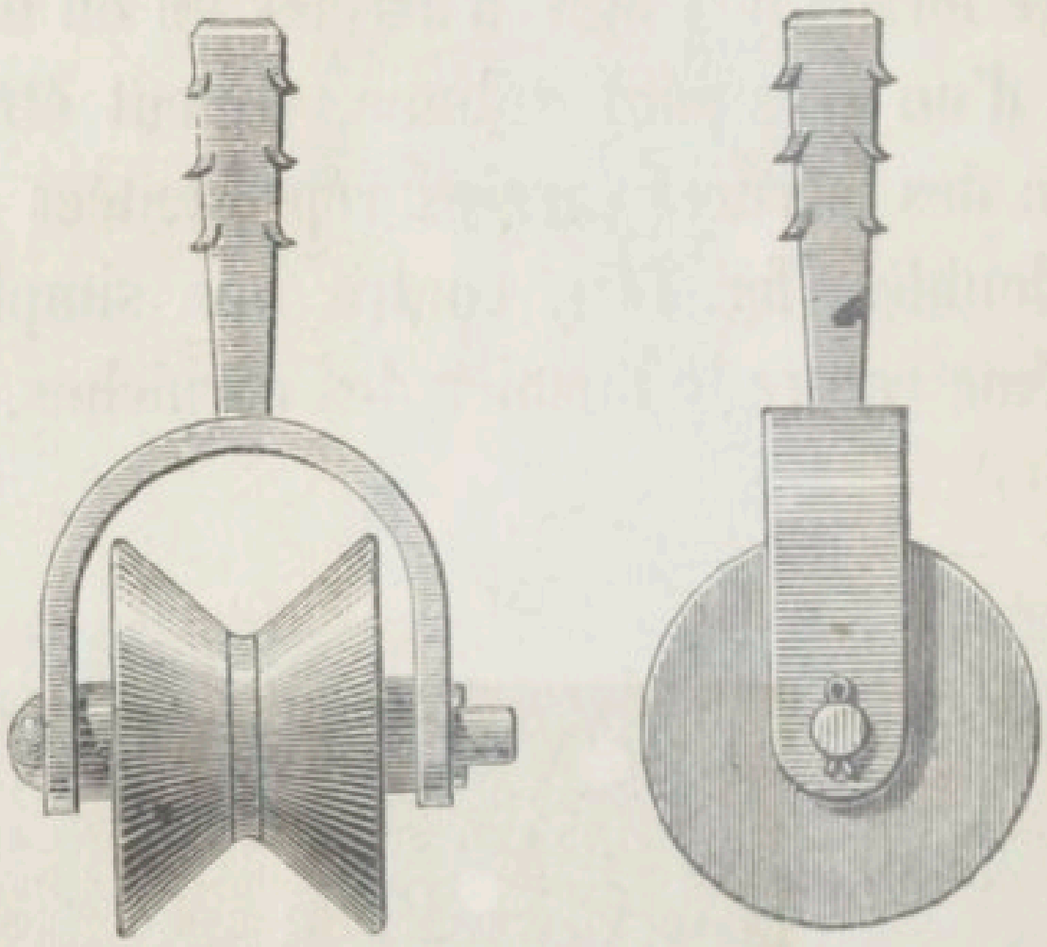


Fig. 61.

la pose d'isolateurs-cloches offrait des difficultés, sont actuellement supprimés. Ils étaient d'une installation très commode,

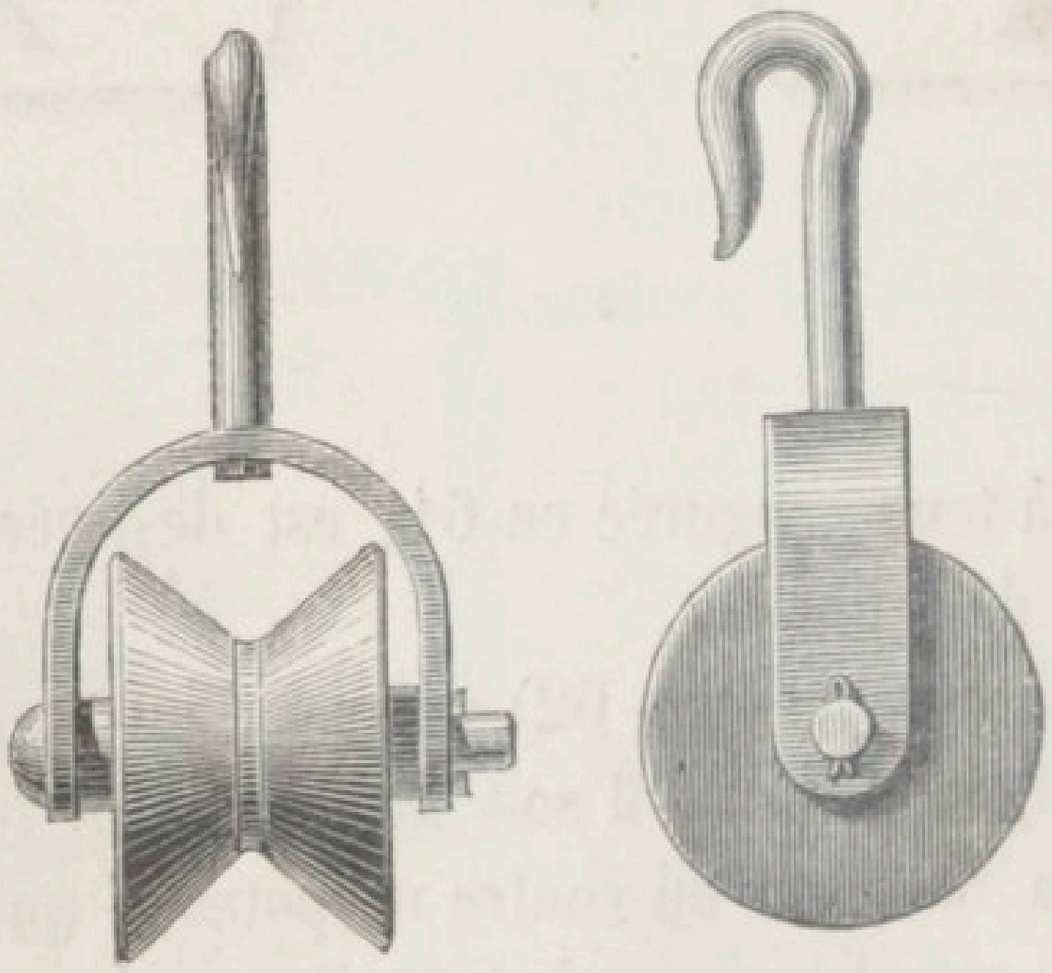


Fig. 62.

mais leur isolement laissait à désirer pendant les temps humides.

On les remplace par des isolateurs-cloches ordinaires, que

l'on fixe soit sur des poteaux écartés des bâtiments ou placés

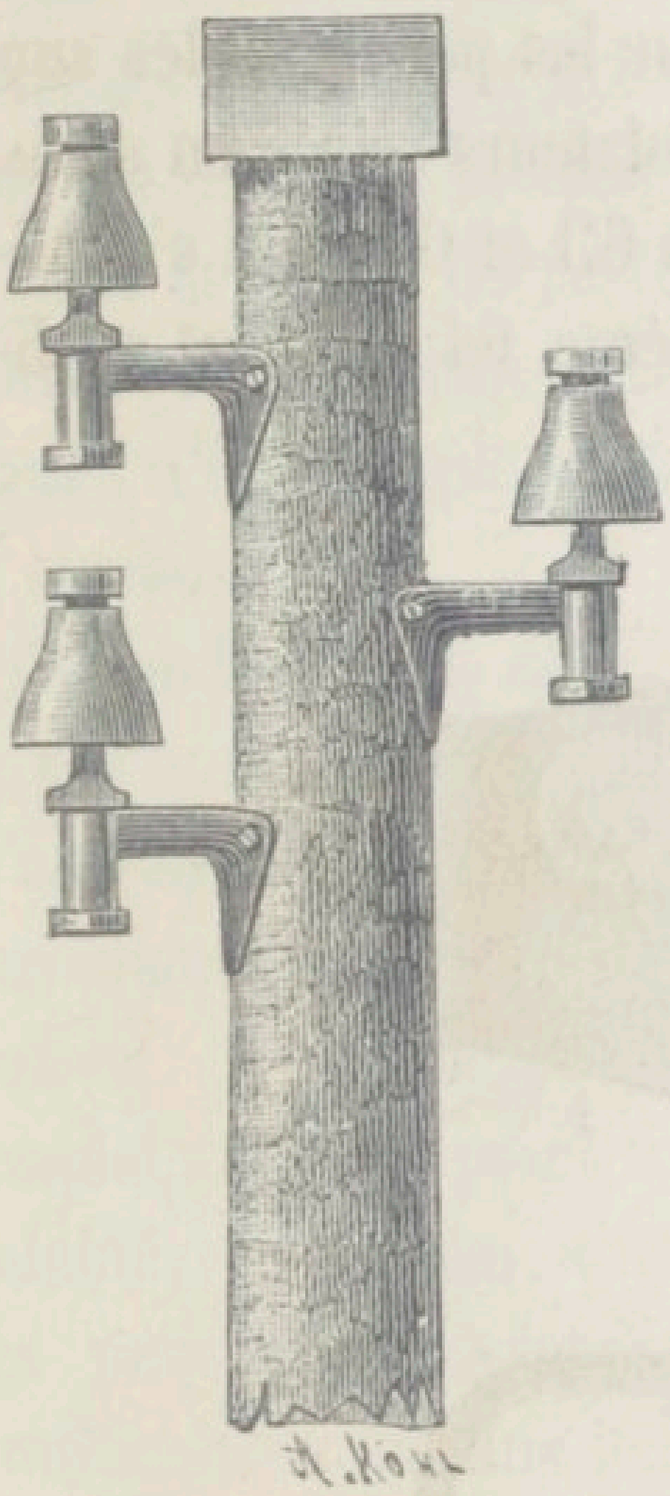


Fig. 63.

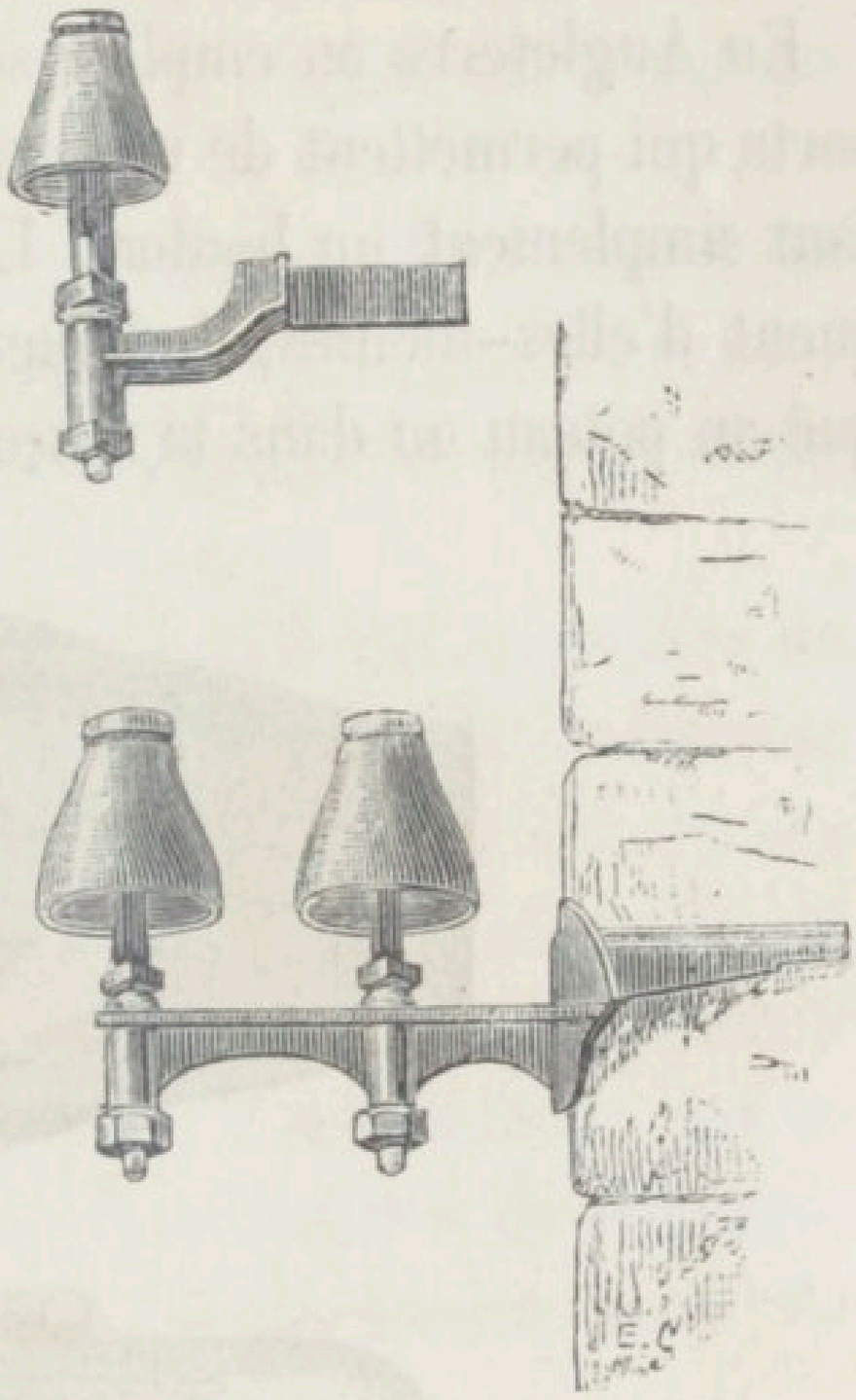


Fig. 64.

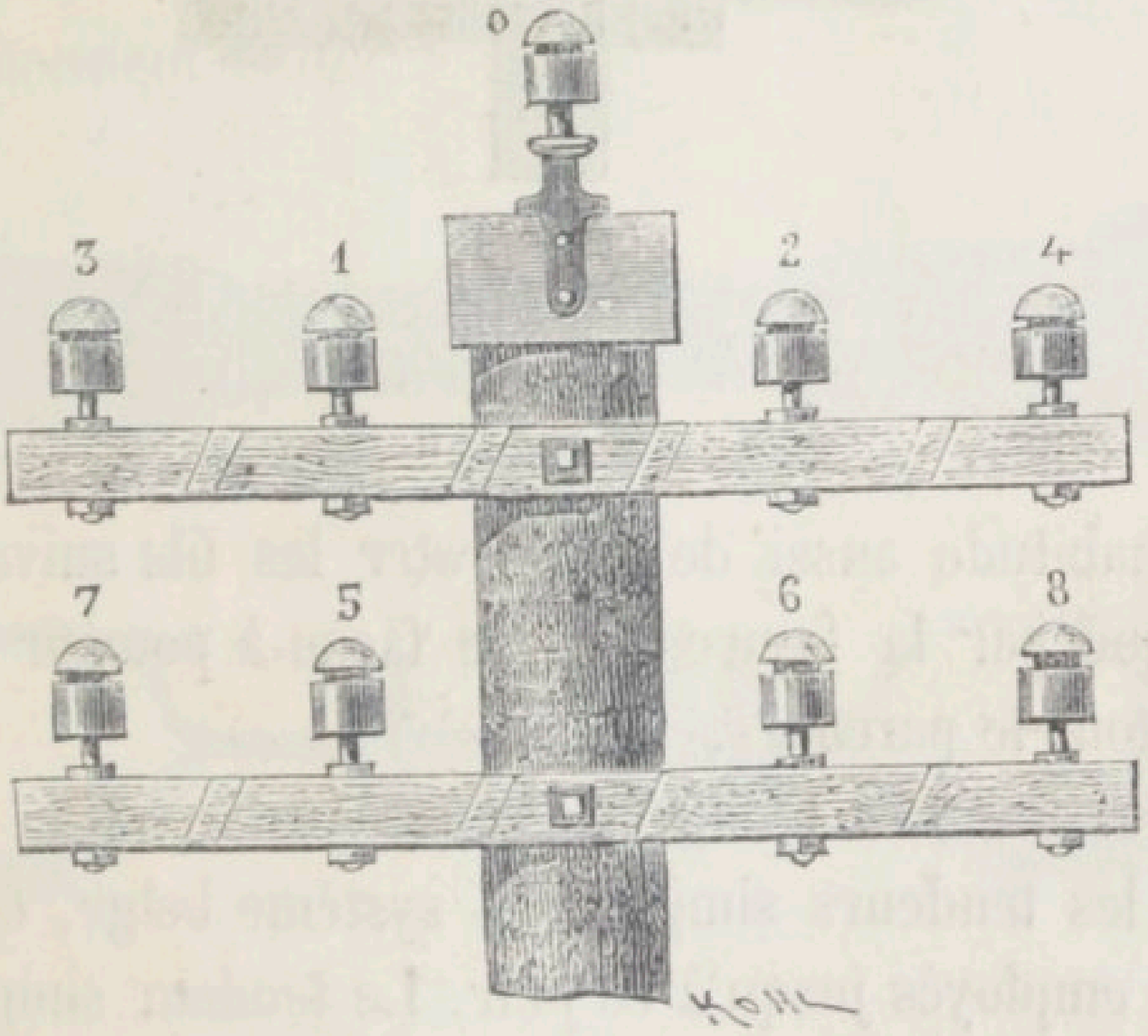


Fig. 65.

au-dessus des viaducs, soit sur des potelets obtenus par une

section suivant l'axe d'un poteau ordinaire et attachés par des crampons aux constructions en maçonnerie.

En Angleterre on emploie souvent, sur les poteaux, des supports qui permettent de remplacer les isolateurs brisés en dévissant simplement un boulon. Les figures 63 et 64, qui s'expliquent d'elles-mêmes, indiquent le système tel qu'il est appliqué au poteau ou dans la maçonnerie.

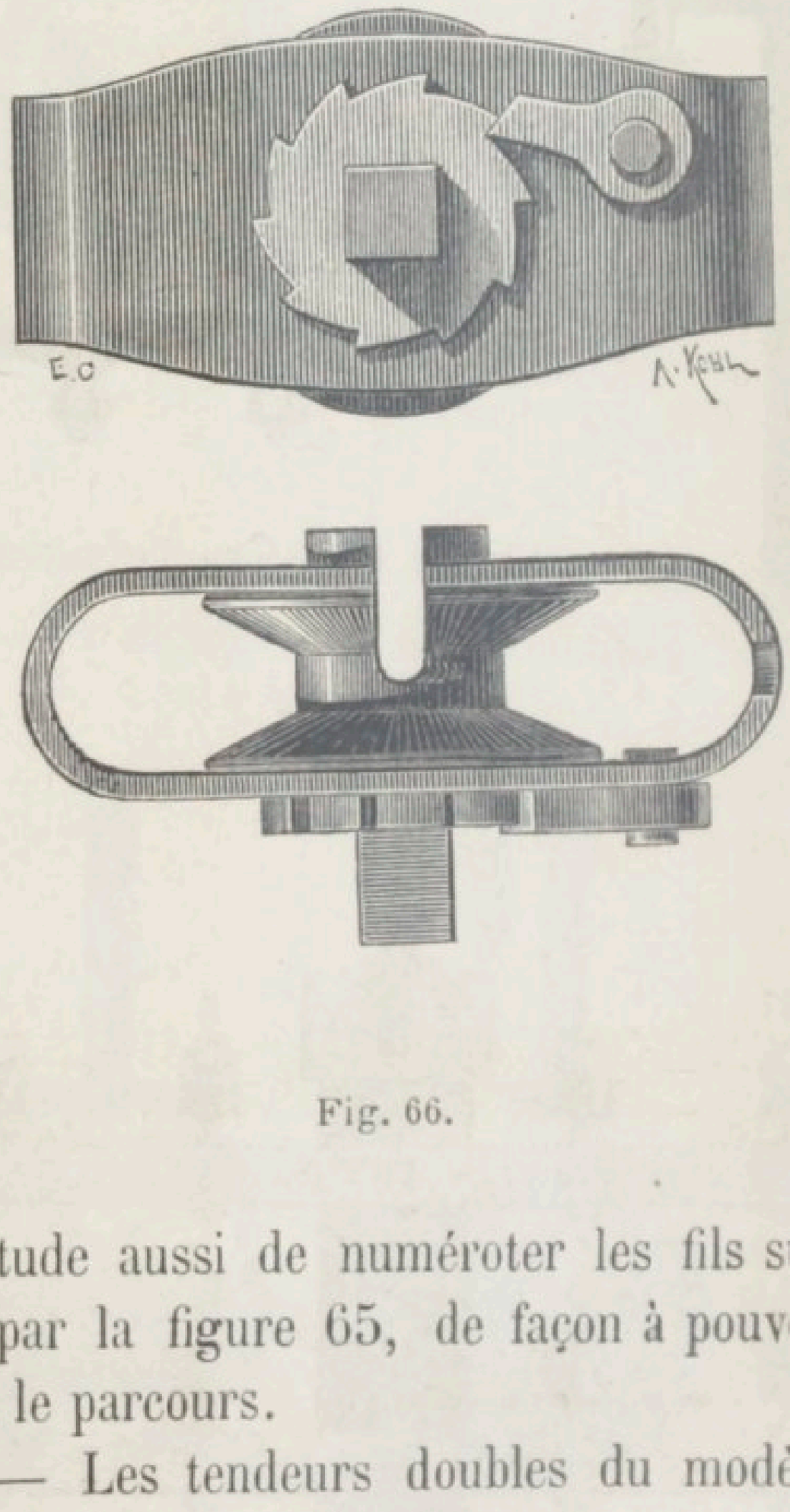


Fig. 66.

On a l'habitude aussi de numéroter les fils suivant le système indiqué par la figure 65, de façon à pouvoir les reconnaître sur tout le parcours.

Tendeurs. — Les tendeurs doubles du modèle adopté en France, et les tendeurs simples du système belge, ont été généralement employés jusqu'à ce jour. Le tendeur simple est représenté figure 66. Il se compose d'un tambour en fonte dont l'axe est muni d'une roue à rochet en fer et qui est percé d'une ouverture méridienne sur la moitié de sa longueur. Une chape

formée d'une forte lame de tôle, repliée de manière qu'un intervalle suffisant pour le passage du fil soit ménagé entre ses extrémités, porte ce tambour ainsi qu'un cliquet qui s'engage dans les dents de la roue à rochet.

Pour se servir de ce tendeur, on introduit le fil au fond de la rainure et on tourne ensuite le tambour au moyen d'une clef formée d'une simple pièce de fer, dans laquelle on engage l'axe du tambour.

Ce tendeur peut donc être placé sans qu'il soit nécessaire de couper le fil. Il évite, par conséquent, les frais de main-d'œuvre qu'entraîne le placement des fils de jonction, ainsi que les inconvénients que peut occasionner la rupture accidentelle de ceux-ci. Il présente, par contre, un défaut qui en restreint l'emploi : n'étant point fixé à un support, il rend difficile, par sa mobilité, la tension d'un fil de 4 ou 5 millimètres de diamètre. Des poseurs très-vigoureux peuvent, seuls, tendre un fil de 4 millimètres sur une longueur de 1 000 mètres.

Cette circonstance ne permet de faire usage du tendeur simple que pour tendre le fil de 3 millimètres, qui est lui-même très rarement utilisé.

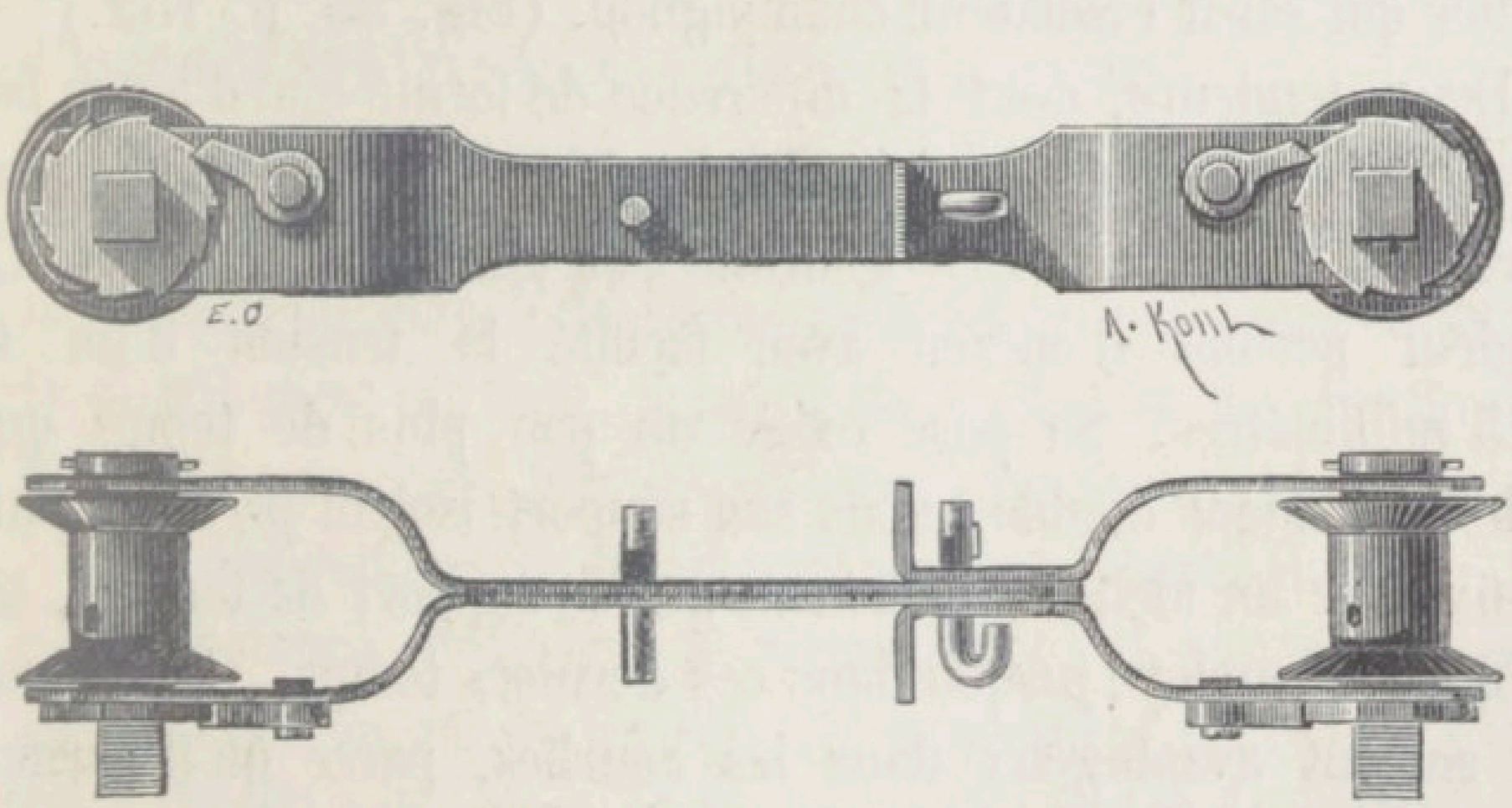


Fig. 67.

Le tendeur double (fig. 67) est formé de deux tambours, portés chacun par deux lames de fer ; les deux parties sont

réunies par une clavette après que l'on a fait passer l'une d'elle dans l'ouverture ménagée dans le support de tension. On engage les deux extrémités du fil dans un trou percé dans chaque tambour, suivant un diamètre. Sur les axes des tambours sont fixées des roues à rochet.

Le tendeur qui est le plus généralement employé est le tendeur à collier (fig. 68 et 69) ; le tambour est porté par une

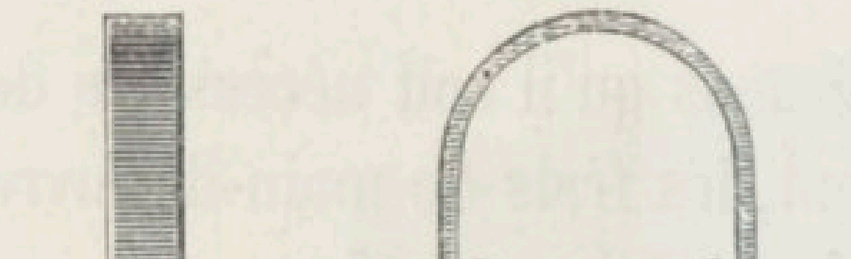


Fig. 68.

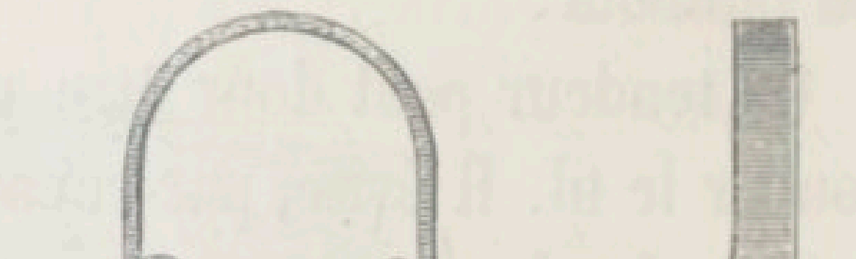


Fig. 69.

ame en fer, que l'on adapte, au moyen d'une clavette, à un collier qui saisit l'isolateur champignon. (Fig. 55, p. 152.)

Deux tendeurs, dont la différence de forme n'a d'autre but que de placer les deux axes des tambours dans un même plan horizontal, sont attachés à droite et à gauche du support. Ce tendeur permet d'opérer avec facilité la tension d'un fil de 5 millimètres. Sa pose exige un peu plus de temps que celle du tendeur double, mais son support isolant présente plus de fixité et un meilleur isolement que le support de tension, tel qu'il a été employé jusque dans ces derniers temps. Ce tendeur est surtout avantageux dans les courbes, parce qu'il permet d'exercer l'effort utile dans le sens de la résistance. Il convient, en outre, spécialement pour tendre un fil au point où il se termine.

Tous les tendeurs sont en fer galvanisé.

Il est indispensable de réunir les fils qui s'enroulent sur les tambours des tendeurs doubles et surtout des tendeurs à collier par un fil de jonction, soudé à ses deux extrémités.

Construction des lignes télégraphiques. — L'opération qui doit précéder la construction de toute ligne télégraphique consiste dans l'étude du parcours le plus favorable.

Si la ligne doit être établie en dehors du réseau des chemins de fer, on fait un relevé des différentes directions qui paraissent les plus avantageuses, et l'on compare celles-ci au point de vue des frais d'établissement, de la facilité d'entretien et de surveillance.

La route à suivre étant adoptée, on procède à l'expédition des matériaux. Sur les chemins de fer, ce transport est fait sans qu'il en résulte de frais pour le service des télégraphes. On forme ainsi des dépôts dans toutes les stations principales de la ligne, et l'on transporte ensuite les matériaux à pied d'œuvre, en se servant de petits wagons que l'on pousse à bras d'hommes sur la voie ferrée. Cette dernière manœuvre ne peut s'exécuter qu'à certaines heures de la journée qui dépendent du passage des trains. Il arrive même parfois, sur les lignes à simple voie, qu'il y a avantage à faire le transport des poteaux à bras d'hommes sur une grande partie du parcours.

Lorsque les lignes de chemin de fer ne sont pas encore livrées à l'exploitation, cette distribution de matériaux s'effectue ordinairement au moyen de locomotives. Sur les routes ordinaires, la distribution est faite, à partir de la station de chemin de fer la plus rapprochée, par des voituriers payés à la tâche.

Les dispositions de détail sont réglées comme il suit :

La distance verticale qui sépare deux fils situés d'un même côté du poteau est de $0^m.60$. Cet écartement est réduit à $0^m.50$ ou à $0^m.40$ aux points où les lignes traversent des routes ou des sentiers. Les isolateurs situés d'un même côté du poteau sont placés au milieu des intervalles compris entre ceux qui se trouvent de l'autre côté. Cette donnée permet de déterminer l'éléva-

tion des poteaux à employer d'après le nombre de fils qu'ils doivent supporter. La hauteur du fil inférieur au-dessus du sol doit être, au milieu de la portée, de 2 mètres au moins le long des chemins de fer, de 3 mètres environ le long des routes ordinaires, et de $4^{m},50$ aux traverses parcourues par des véhicules chargés.

Dans certains cas où la ligne doit traverser la route, on établit les isolateurs sur une barre transversale posée sur des poteaux plantés aux deux côtés du chemin (fig. 70), à une hauteur

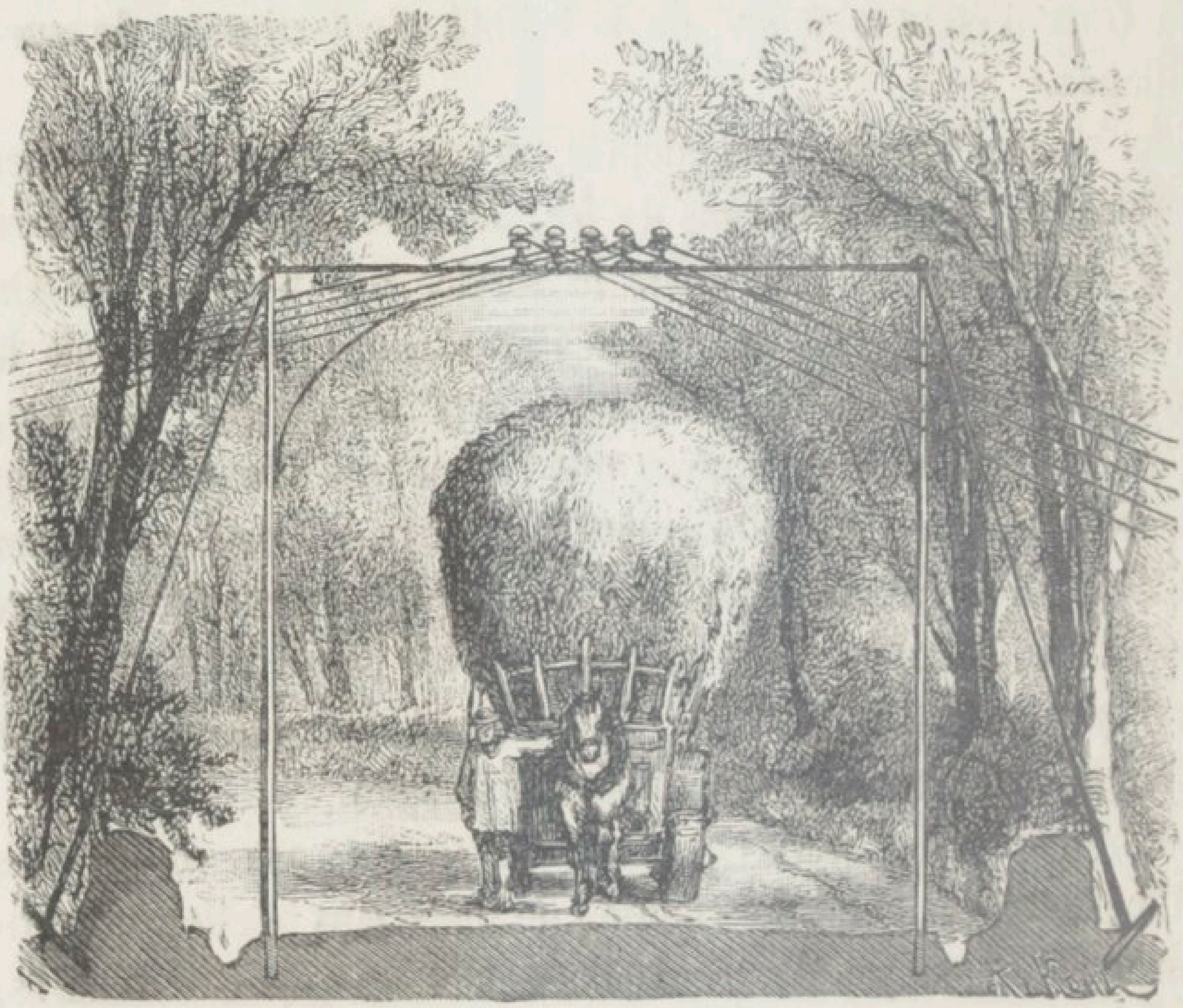


Fig. 70.

suffisante pour livrer passage aux chariots. Bien entendu, on ne doit faire passer les fils au-dessus des voies que dans le cas de nécessité absolue.

Lorsque le nombre des fils devient considérable, on préfère établir une seconde ligne sur le côté de la voie qui est disponible, plutôt que d'augmenter la hauteur des poteaux sur un seul côté.

On obtient ainsi une économie réelle et une sécurité plus grande pour le service : les poteaux chargés d'un grand nombre de fils sont, en effet, plus sujets à être renversés que les autres, et leur chute entraîne souvent l'interruption complète de la ligne, ce qui ne peut se présenter que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles lorsque les poteaux sont doublés.

Les poteaux de 9 mètres ne sont employés d'une façon continue que sur de très petits parcours, par exemple à l'intérieur des stations, lorsque les fils passent au-dessus de nombreuses voies, ou lorsque plusieurs lignes de direction différente se réunissent en une seule. Ils sont utilisés isolément, dans la construction des lignes ordinaires, à toutes les traverses peu importantes.

Les poteaux de $7^m.50$ à 9 mètres, ayant de $0^m.60$ à $0^m.63$ de circonférence à 2 mètres de leur base, sont employés chaque fois qu'une forte résistance est nécessaire. Quand ils doivent supporter les appareils de tension, qu'ils se trouvent au sommet d'un angle prononcé, ou bien exposés aux grands vents, on les préfère aux poteaux ordinaires de cette taille qui n'ont que $0^m.42$ de circonférence à 2 mètres de la base.

Les poteaux de $10^m.50$ à 12 mètres, ayant respectivement $0^m.63$ et $0^m.68$ de circonférence, servent pour les grandes traverses à relever les fils, suivant leur nombre ; les premiers suffisent généralement.

On emploie même des poteaux de 14 à 20 mètres, mais seulement dans des cas très rares, par exemple pour le passage des cours d'eau, pour faire passer les fils au-dessus d'un édifice, ou bien encore pour supporter un très grand nombre de fils, lorsque l'établissement d'une seconde ligne présenterait des difficultés. Dans la construction d'une ligne télégraphique, on doit chercher, autant que possible, à donner aux fils une direction générale rectiligne constante, tant dans le sens horizontal que dans le sens vertical. Les changements dans la direction de la voie ainsi que la différence de hauteur des supports ont pour résultat de former

des angles qui rendent le réglage des fils, au moyen des tendeurs, difficile, très lent et de peu d'efficacité; il est donc de toute nécessité de raccorder les poteaux de dimension inférieure à ceux de dimension élevée au moyen de poteaux de dimension intermédiaire.

Il importe que l'effort que subissent les poteaux ne dépasse pas celui qui correspond à la limite d'élasticité. Pour un poteau de 9 mètres, enterré à 1m.50 de profondeur et ayant 0m.20 de diamètre au point d'affleurement, cette traction maximum est de 62 kilogrammes, si cette résultante a son point d'action à un mètre du sommet.

Cette considération suffit pour faire ressortir la nécessité de renforcer les appuis aux endroits où les fils s'arrêtent ou forment des angles très prononcés. Nous verrons, en effet, que l'effort de traction exercé par un fil de 4 millimètres, tendu d'après les conditions ordinaires de la pratique, peut atteindre 120 kilogrammes.

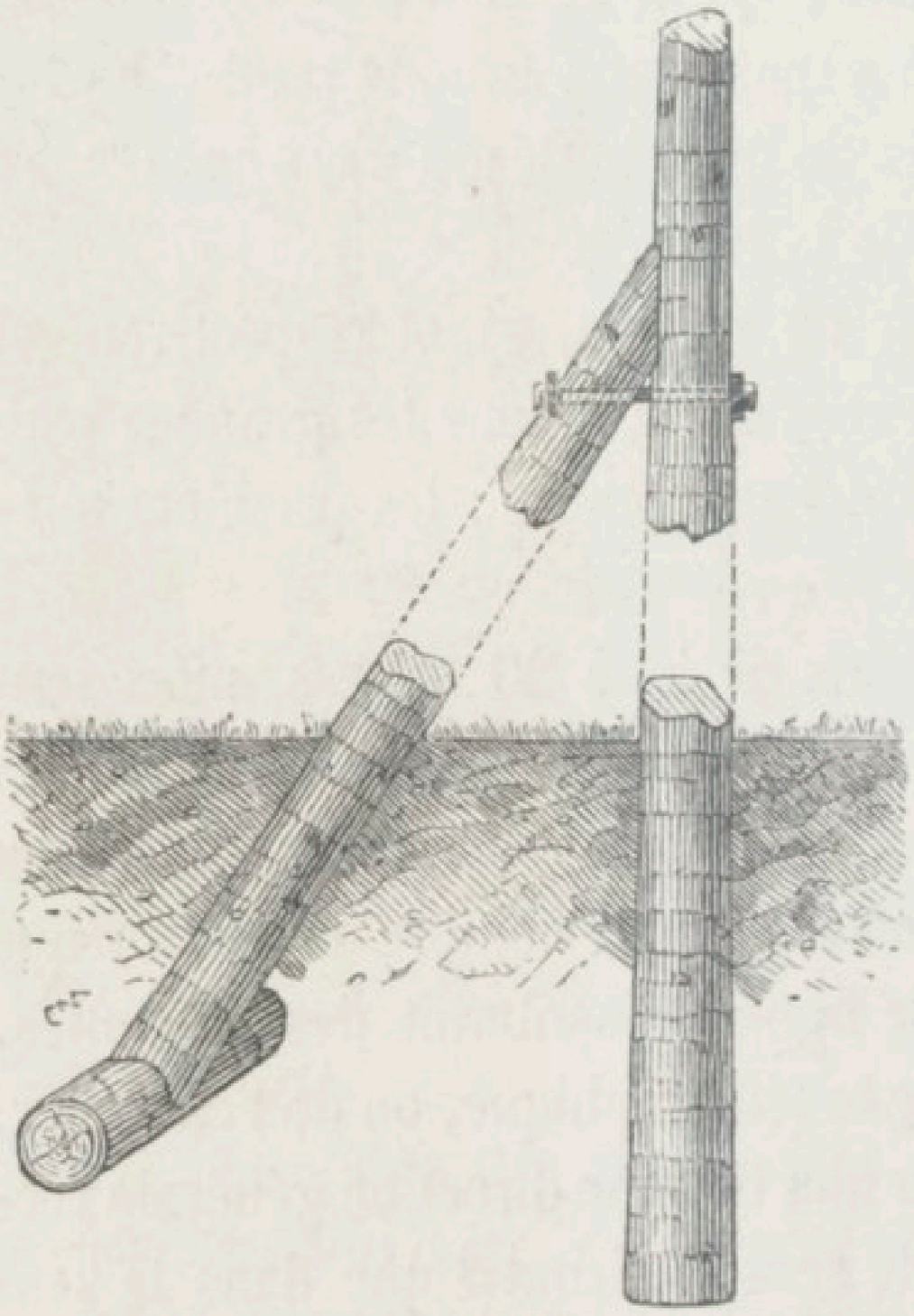


Fig. 71.

A l'entrée des bureaux importants, les fils sont ordinairement arrêtés à un potelet fixé dans la maçonnerie au moyen de ferrures spéciales.

Aux points où les fils aériens sont raccordés avec les lignes souterraines ou sous-marines, on assemble deux ou quatre poteaux, selon le nombre de fils, et on les réunit par des ferrures de manière à ce qu'ils soient parfaitement solidaires. On fixe, en outre, au pied de ces poteaux, des traverses ou semelles en bois qui répar-

tissent sur une plus grande étendue de terrain l'effort qui tend à les faire descendre. On consolide l'ensemble par des jambes de force dont on assujettit plus ou moins les pieds selon la nature du sol. Dans les courbes prononcées, on maintient les poteaux par des jambes de force que l'on fixe d'autant plus haut que la traction des fils est plus forte (fig. 71). Lorsque celle-ci atteint une certaine limite, soit par le grand nombre de fils, soit par une augmentation de portée, soit parce que l'angle formé par la direction des fils est trop aigu, on assemble les poteaux deux à deux par des ferrures en les réunissant à la tête A, et en les écartant l'un de l'autre au pied (fig. 72). Au besoin, on ajoute des jambes de force C, D. Il arrive parfois que la nature trop mobile du sol, la nécessité d'éviter le moindre déplacement des fils, ou d'autres causes, rendent ces moyens de consolidation insuffisants.

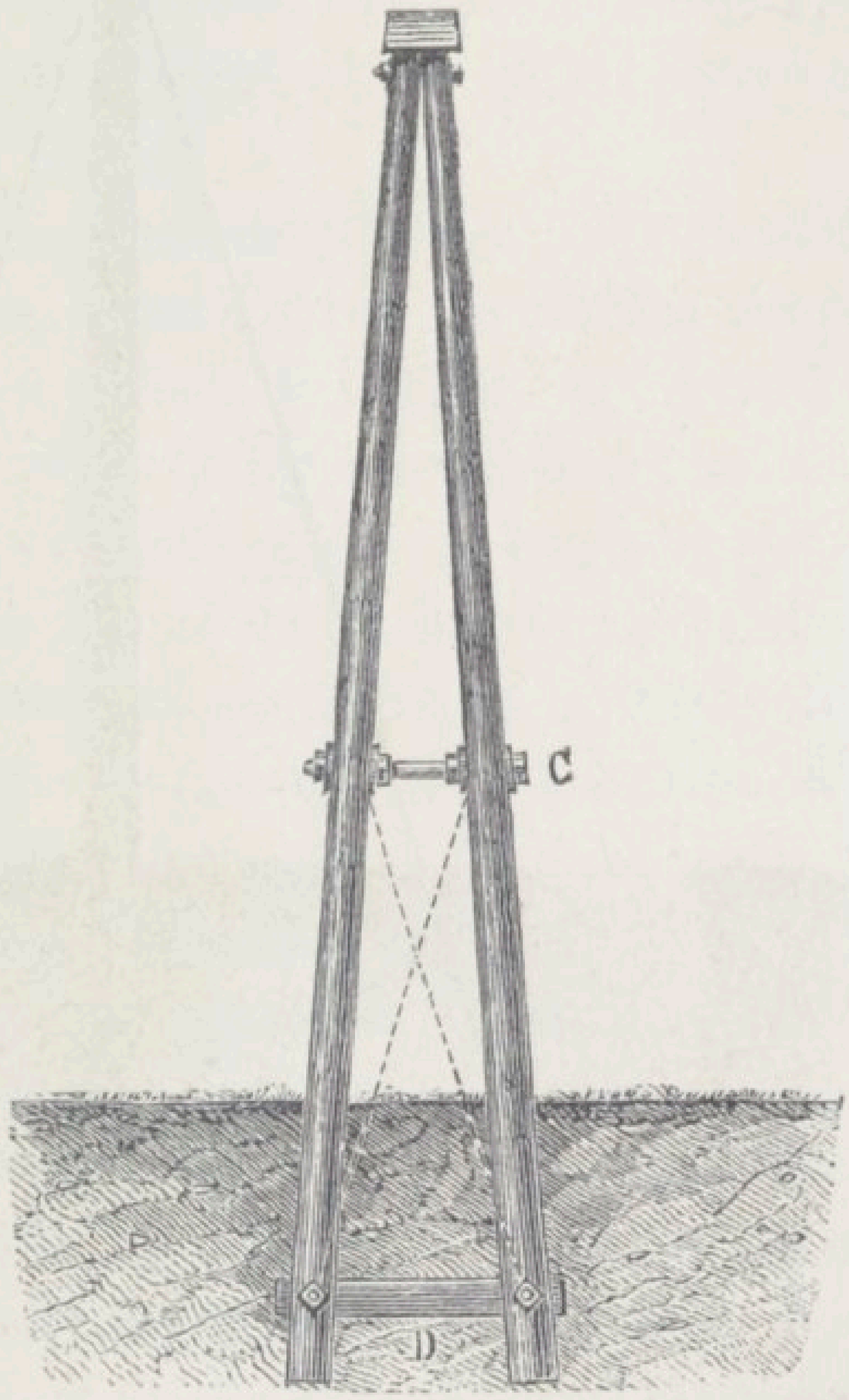


Fig. 72.

On a alors recours à des haubans, c'est-à-dire à des cordes de fils de fer tordus que l'on attache d'une part à la partie supérieure des poteaux, et de l'autre à des points fixes qui existent déjà, tels que constructions en maçonnerie, etc., ou à des pieux ou traverses que l'on enfouit dans le sol. La direction des haubans doit être opposée à celle de la résultante des forces (fig. 73) qui agissent sur le poteau. La profondeur à laquelle sont plantés

les poteaux varie avec la nature du sol et l'effort à vaincre, mais dans les terrains de bonne consistance, tels que les terrains argileux ou argilo-sablonneux, cette profondeur est généralement de 1m.50 pour les poteaux de 6 à 9 mètres inclusivement, de

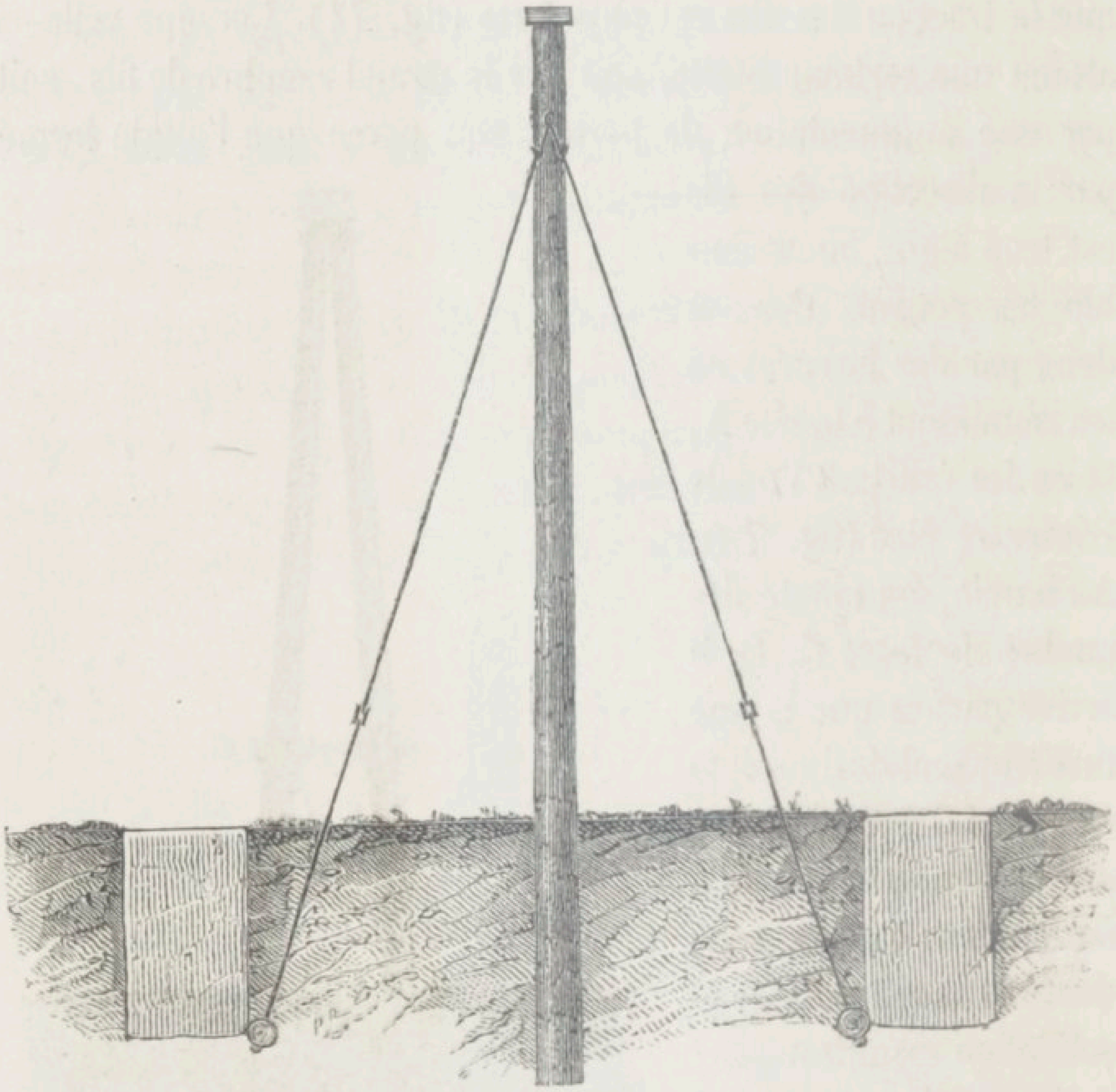


Fig. 73.

deux mètres pour ceux de 10 à 14 mètres, et de trois mètres pour ceux de 20 mètres. Dans les terrains formés de roches quartzeuzes, calcareuses ou schisteuses, les trous doivent être forés à la mine ou au moyen de fleurets. Dans ce cas, leur profondeur ne dépasse guère 0m.60. Quant à l'écartement ordinaire des poteaux, il est de 100 mètres en ligne droite, et de 50 mètres dans les courbes.

Les poteaux qui supportent les appareils de tension sont placés

de kilomètre en kilomètre. Si deux lignes longent une même voie, on distribue avec égalité les fils de grande importance sur chacune d'elles, et on place ces fils, autant que possible, à la partie supérieure des poteaux, parce qu'ils y sont à l'abri des dérangements que peuvent produire les autres fils par contact ou par rupture.

Les brigades chargées de la construction des lignes se composent de dix à douze ouvriers, auxquels on adjoint parfois un ou deux jeunes poseurs dans le but de les initier aux détails pratiques du métier. Un contre-maître ou un poseur exercé a la surveillance immédiate de l'atelier.

La première opération de toute construction proprement dite consiste dans la distribution à pied d'œuvre des poteaux qui sont déposés dans les différentes stations de la ligne. Ce travail s'effectue sur les lignes de chemins de fer en exploitation au moyen de petits wagons poussés à bras d'hommes ; la longueur que l'on peut ainsi parcourir en une journée de dix heures varie ordinairement de 6 à 15 kilomètres, d'après la facilité avec laquelle on circule sur la voie par suite du passage des trains, les dimensions des poteaux, l'éloignement des stations de dépôt, etc.

Après la distribution vient la plantation des poteaux. Deux ouvriers ou deux jeunes poseurs fixent les supports isolants sur les poteaux avant qu'ils soient dressés. Cinq ou six hommes sont chargés de creuser les trous. Le reste de la brigade s'occupe de la plantation proprement dite. Les poteaux de dimension moyenne sont dressés à la main ; ceux de 12, 14 et 20 mètres sont soulevés au moyen de cordes et d'échelles. On donne aux trous la profondeur voulue en les creusant en forme de gradin C (fig. 74). On a soin de donner à l'excavation que l'on forme ainsi une direction parallèle à celle des fils A, afin que l'effort de renversement que le poteau pourrait avoir à subir, surtout dans les courbes, s'exerce sur les parties de terrain intactes et non ameublies par le déblai, comme cela arriverait si le trou était creusé dans le sens de B.

Comme il convient de remuer le terrain le moins possible,

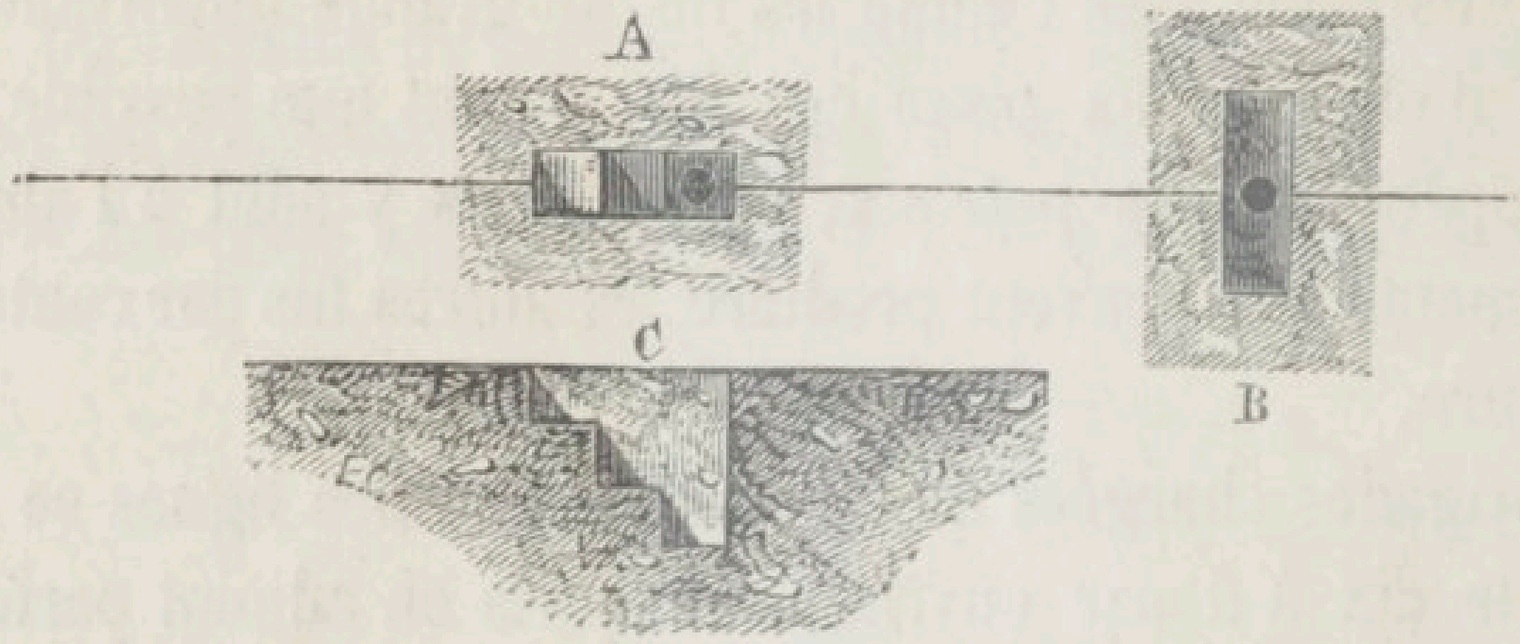


Fig. 74.

différents instruments ont été inventés pour retirer la terre des trous (1). Les Espagnols se servent depuis quelques années d'une espèce de cuiller connue sous le nom de *cuiller espagnole* (fig. 75), qui consiste en un disque métallique *a* à bords coupants. La périphérie est munie d'un rebord *c* qui retient la terre à enlever. Le tout est muni d'un manche *b*. Avec cet appareil on emploie une longue barre destinée à désagréger le terrain, puis on introduit la cuiller, que l'on fait tourner de façon à la faire pénétrer dans le sol ; on la retire chaque fois chargée, et l'on continue le jeu de la barre et de la cuiller jusqu'à la profondeur convenable. Pour des lignes légères, où les poteaux ne doivent pas être enfouis au delà de 1 mètre à 1m.25, cet appareil est très-suffisant. Mais quand il faut enterrer les poteaux à 2 mètres et au delà pour des lignes plus lourdes, la difficulté qui résulte de la désagrégation du sol à ces profondeurs ne permet plus d'employer la cuiller espagnole.

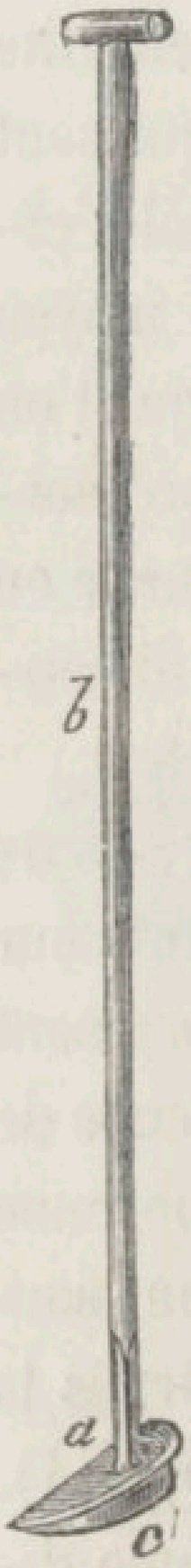


Fig. 75.

On a introduit récemment en Angleterre plusieurs systèmes de fouissage dont voici le plus usité, inventé par M. Marshall. Les figures 76 et 77 représentent l'appareil en plan et en sec-

(1) Preece and Sivewright-Telegraphy.

tion. Un disque en métal est coupé, du centre à la circonférence, de manière à former deux lames aiguës. Par rotation, la terre passe par l'ouverture que forment ces deux lames, et on l'extrait de temps à autre en enlevant l'appareil hors du trou. En bas du

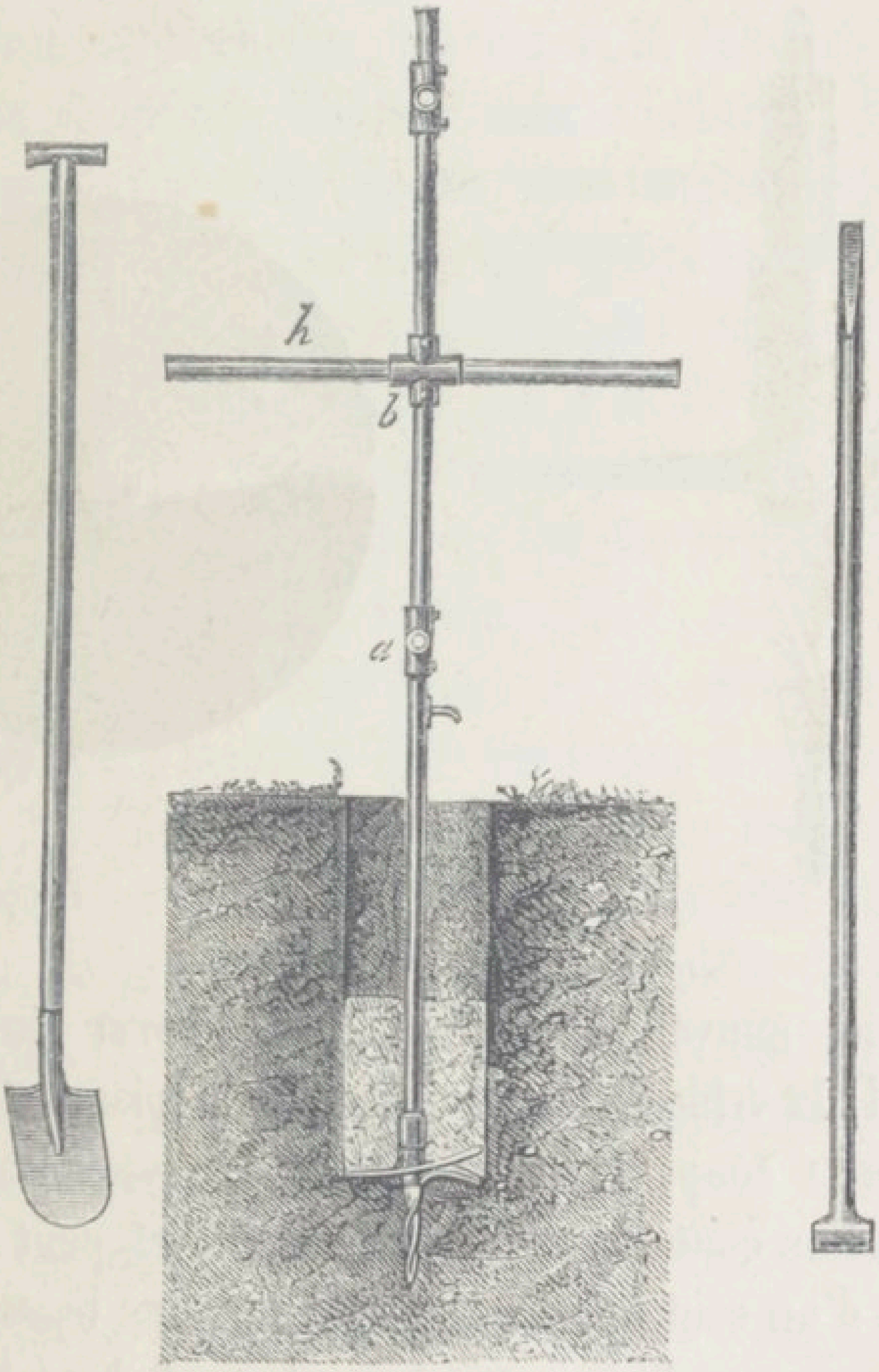


Fig. 76.

manche, et sous les lames, se trouve une sorte de vrille qui facilite jusqu'à un certain point le travail. Le manche est formé de sections tubulaires dont le nombre varie suivant la profondeur à atteindre. Ils sont munis de trous *ab* permettant l'insertion des manches *h* destinés à faire tourner ou à soulever l'ensemble. Une barre à mine accompagne l'appareil ainsi qu'une pelle à long manche. La barre sert à tasser le terrain autour du poteau une fois planté, ou bien à le dégager des pierres qu'il peut contenir.

Il paraîtrait que dans certains terrains l'*earth borer*, comme on l'appelle en Angleterre, a donné d'excellents résultats malgré l'opposition latente des ouvriers. Il ne peut, du reste, être utilisé que dans les terrains très meubles et dépourvus de pierres.

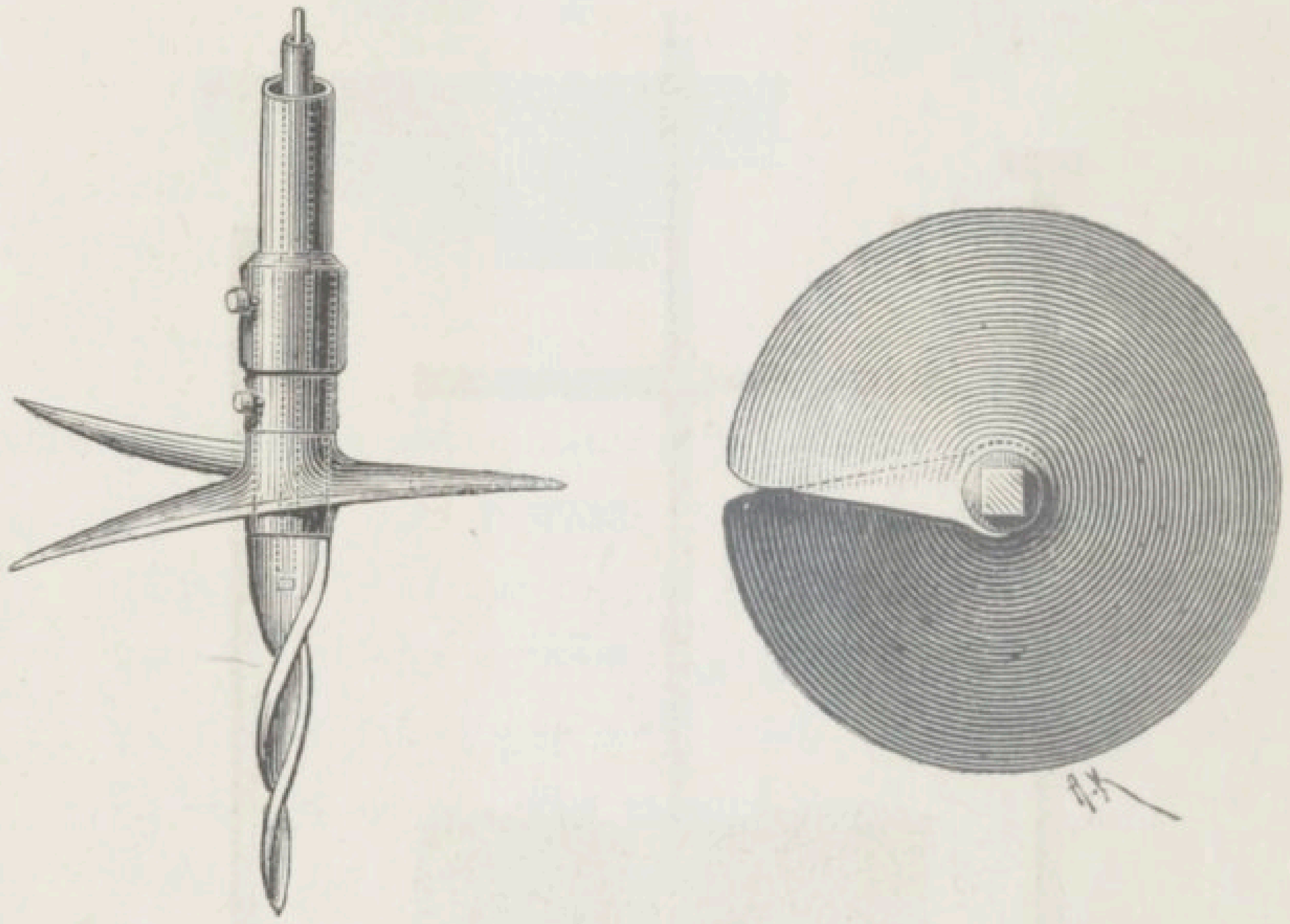


Fig. 77.

Dans une nouvelle forme d'*earth borer* inventée par M. Marshall, la vrille est supprimée, et la plaque formant une hélice à bords coupants la remplace. Le nouvel appareil est, paraît-il, moins coûteux que le précédent, et peut fonctionner sous l'effort d'un seul ouvrier dans les terrains légers.

Les poteaux sont fixés verticalement, sauf dans les courbes, où on les incline généralement du côté extérieur. On tasse le terrain à la hie par couches de $0^m.10$ à $0^m.15$.

L'avancement moyen d'une brigade de dix ouvriers, de deux poseurs et d'un contre-maître, est de 3 kilomètres par jour dans un terrain d'argile et de sable.

Lorsque les poteaux sont plantés sur tout le parcours, on procède à la pose des fils. Cette opération s'effectue ordinairement sur un fil à la fois. Une brigade place en moyenne dix kilomètres de fil par jour. Trois ouvriers s'occupent à tendre le fil sur le sol; deux tirent le fil par une de ses extrémités, et le troisième

fait tourner une bobine qui le contient. Ces ouvriers s'avancent d'une manière continue, et raccordent provisoirement les bouts des rouleaux.

Trois ouvriers font les ligatures définitives et soudent ; deux ouvriers, munis d'échelles, placent le fil dans les isolateurs. Si les poteaux de grande hauteur sont nombreux, un homme en plus est nécessaire pour porter une longue échelle, ou pour monter sur les poteaux au moyen d'appareils grimpeurs.

Le reste de la brigade pousse le petit wagon chargé des outils et objets nécessaires, ainsi que le fil de fer destiné à la pose d'autres fils s'il y a lieu. Arrivés au poteau d'arrêt, les ouvriers qui soudent se réunissent à ceux qui les suivent pour opérer la tension du fil. Six à huit hommes sont nécessaires pour cette opération, selon la dimension du fil. Un ouvrier tourne le tambour du tendeur, pendant que les autres tirent le fil au moyen de pinces. La flèche que l'on donne en ce moment aux fils est ordinairement exagérée et irrégulière. Après que tous les fils sont posés, on procède à la révision complète de la ligne.

Une brigade opère, en général, en dix heures de travail, la pose de quatre kilomètres de fil supplémentaire, installation des isolateurs comprise.

Lignes aériennes des villes en Angleterre. — Dans certains grands centres anglais où l'on n'a pas voulu faire des li nes souterraines, et où il n'a pas été possible de construire la ligne sur poteaux ou sur consoles, on a adopté le système des *overhouse telegraphs*, où les fils sont établis sur le toit des maisons. Une compagnie de télégraphie, le « Metropolitan Telegraph », que le Post Office a absorbée comme les autres, avait établi ses lignes sur des potelets en fer supportant un fil unique, au-dessous duquel était suspendu un léger câble aérien contenant un certain nombre de fils isolés. Ce système a été modifié, et voici comment sont établies ces lignes là où l'administration anglaise les a conservées (1).

(1) Preece and Sivewright-Telegraphy.

Dans leur construction, on n'emploie que des matériaux de choix. Les supports sont des potelets en fer, dont la hauteur varie suivant les conditions du travail. Ils sont fixés dans des socles plantés sur la crête des toits, ou bien on les adapte dans des coussinets ordinairement en fer, mais que l'on peut aussi façonner en bois. Un trou est ménagé dans ces coussinets pour y fixer le potelet aussi solidement que possible. Tous les potelets employés dans ce genre de travail doivent être raffermis dans toutes les directions par des haubans, Le conducteur employé est composé d'une corde formée de trois brins en fil numéro 16. De cette façon, la ligne est moins susceptible de rompre sous son poids, et cause d'ailleurs moins de bruit dans ses vibrations que ne le ferait un fil solide. Quand elle doit être exposée à l'action de la fumée ou des gaz émis dans le voisinage, on la recouvre de rubans goudronnés qui retardent beaucoup les effets de la destruction. Les isolateurs employés sont du modèle ci-contre (fig. 78-79), qui a pour effet de diminuer

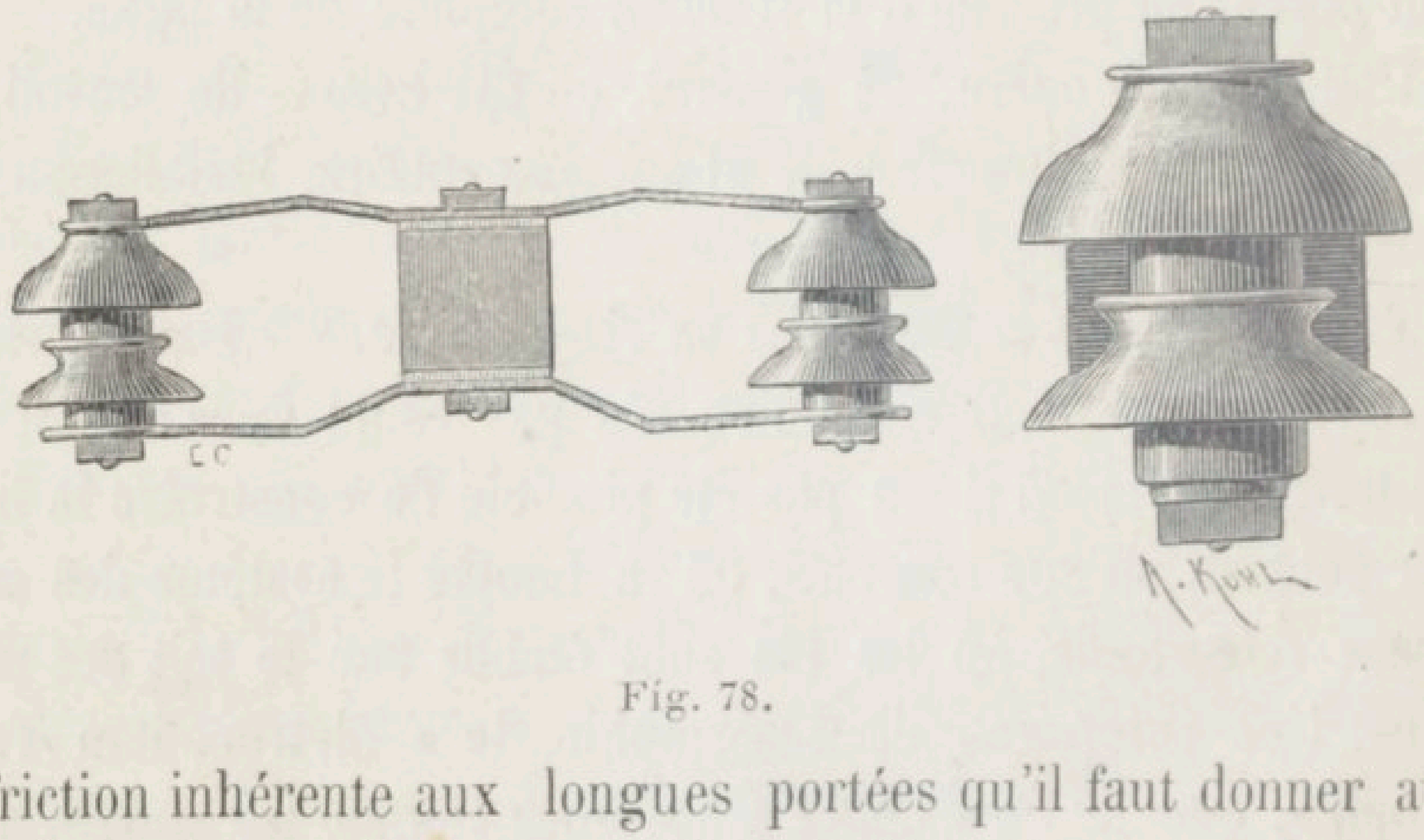


Fig. 78.

la friction inhérente aux longues portées qu'il faut donner aux fils. Cette forme d'isolateurs réduit d'ailleurs le risque que court le fil de se casser sous l'effet de la tension. Autant que possible, il ne faut traverser les grandes voies qu'à angle droit et non en biais. Plus la longueur de fil qui les croise est courte moindre est le danger qui résulterait d'une rupture.

Lorsqu'il n'est pas possible de fixer les potelets, on peut se

servir des cheminées comme de points d'attache; mais alors il faut les choisir avec grand soin et s'assurer de leur solidité. On les encercle alors d'une bande de fer qui sert de point d'attache. En général, les propriétaires se plaignent du bruit que causent les vibrations des fils attachés à leur immeuble; ce qui se produit surtout lorsque le fil est trop tendu. L'hiver, les vibrations augmentent encore par l'effet de la contraction. On a cherché à

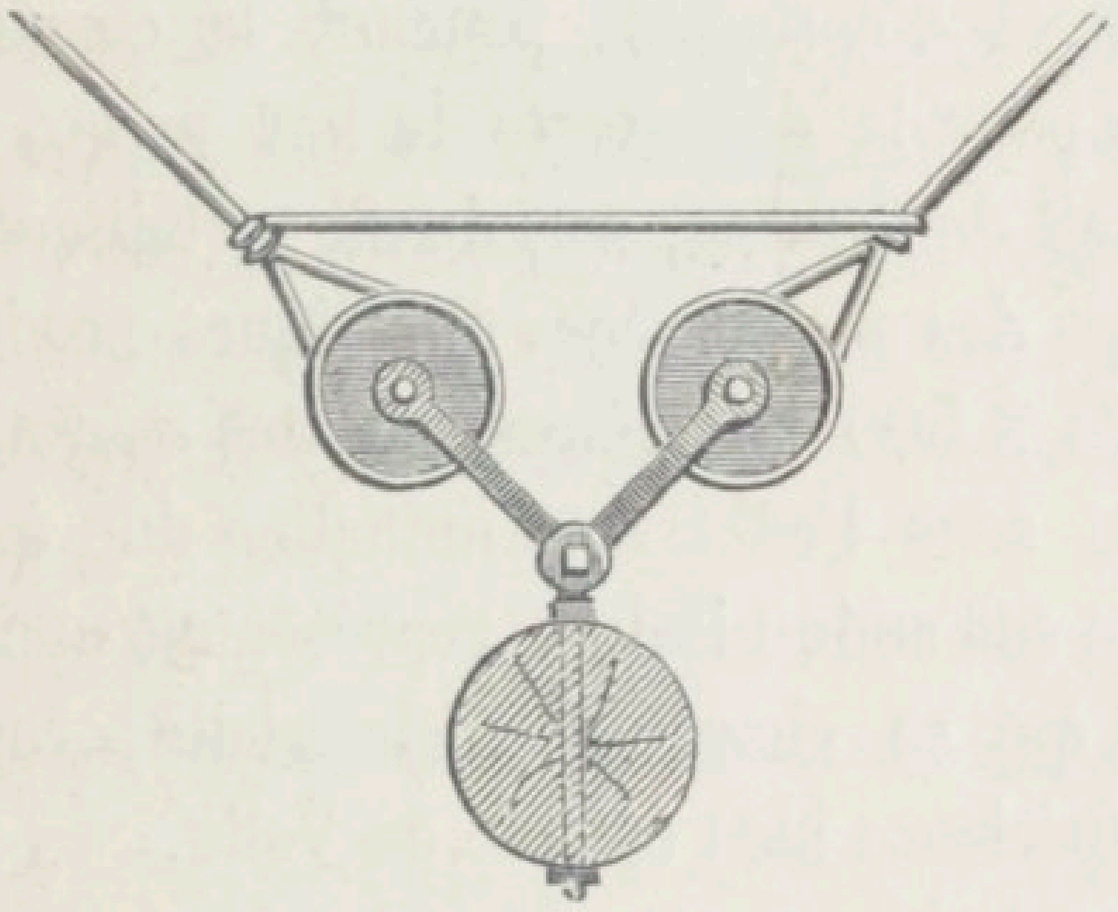


Fig. 79.

remédier à ces inconvénients en enveloppant les isolateurs de peau de chamois; ce qui donne d'assez bons résultats. Toutefois, le meilleur moyen de supprimer tout bruit consiste dans l'emploi d'un morceau de chaîne d'environ un mètre, de chaque côté de la ligne, au point d'attache. A l'extrémité de ces chaînes, le fil est solidement fixé et soudé, et les vibratians cessent.

Lignes souterraines. — Les premiers fils employés en Angleterre, à l'origine de la télégraphie, étaient enfouis sous terre et formés d'un conducteur en cuivre numéro 16, recouvert de coton imbibé jusqu'à saturation d'une épaisse solution de goudron. Ces fils, groupés en un cordage de trois, quatre ou plus, étaient ensuite enfermés dans un tuyau de plomb, que l'on garantissait à l'extérieur par de la corde goudronnée. A certains intervalles, les bouts des fils étaient ramenés à la surface dans une borne d'épreuve en fonte. Les lignes sous tunnels étaient construites de la même façon et renfermées dans des auges en

bois. M. Walker paraît avoir introduit le premier la gutta-percha, en Angleterre, comme matière isolante des fils télégraphiques qu'il posa sous les tunnels du *South Eastern Railway*. M. Siemens avait, vers la même époque, recouvert également des fils de cuivre d'un enduit où la gutta-percha entrait comme base. C'est au printemps de 1848 que le gouvernement prussien adopta le système des fils souterrains enduits de gutta-percha. Dès cette époque, M. Siemens avait posé les bases d'un système rationnel d'épreuves, pendant la construction et la pose, et même pour la découverte du lieu précis des solutions de continuité soit de l'enduit, soit du fil métallique. Il signalait en même temps des phénomènes électriques produits sur une ligne de plus de 2 500 kilomètres, où des courants de retour se produisaient sous l'effet de l'induction due à ce que le fil souterrain, avec son enduit isolant, représentait une énorme bouteille de Leyde qui se chargeait d'électricité, comme cela se passe dans l'expérience bien connue de Volta.

Le système primitivement adopté en Angleterre pour l'enfouissement des lignes souterraines a été conservé; on se sert de tuyaux en fonte dans les endroits où le sol peut vibrer fortement sous le charroi, et de tuyaux en poterie dans les parties moins éprouvées. Les dimensions de ces tuyaux varient suivant le nombre de fils qu'on y veut introduire, et, en construisant la ligne, on laisse à l'intérieur de chaque tuyau un fil de fer se raccrochant au suivant, de manière à pouvoir amener les câbles.

En France, on procède à peu près de la même façon, et M. Ch. Bontemps a donné une description complète et intéressante de la pose des lignes souterraines. Toutefois les systèmes anglais et français nécessitent l'introduction de câbles ou de fils à l'intérieur de tuyaux ayant des dimensions assez restreintes. Tant qu'on va en ligne droite, la traction du fil s'opère sans trop de difficulté; mais il n'en est plus ainsi dès que la moindre courbe se présente, et souvent le guide casse, et l'on est obligé de briser des tuyaux ou de les dessouder au prix d'une grande perte de temps et d'argent.

Aussi sommes-nous surpris que l'on n'ait pas donné plus d'extension au système Delperdange adopté en Belgique, et que nous allons décrire ici pour montrer sa supériorité.

Les tuyaux qui doivent servir au dépôt des câbles sont en fonte, et ont tous une longueur de trois mètres ; mais leur diamètre diffère suivant qu'ils doivent contenir 7, 5 ou 3 câbles ; ils ont alors respectivement $0^m.077$, $0^m.062$ ou $0^m.052$ de diamètre intérieur.

Leur épaisseur est de $0^m.008$. Ils sont munis sur toute leur longueur d'une rainure de $0^m.025$ de large qui a pour but d'introduire le câble dans le tuyau sans qu'il soit nécessaire de l'y tirer par une de ses extrémités. Cette rainure vient de fonte lors de la coulée des tuyaux. Une barre de fer à T renversé (fig. 80)

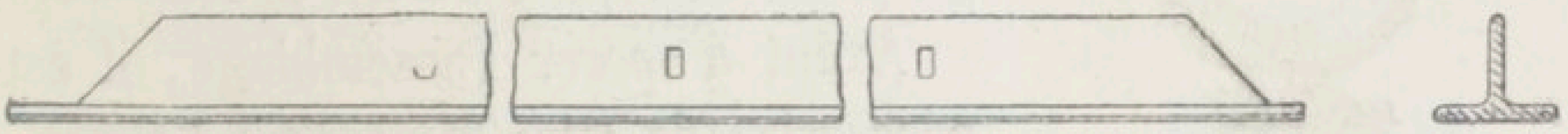


Fig. 80.

s'engage dans la rainure, et y est fixée par trois clavettes placées l'une au milieu, et les autres aux extrémités du tuyau. L'espace libre de la rainure est ensuite rempli d'un mastic composé de limaille de fer, de sel ammoniac et de soufre, que l'on tasse fortement.

L'assemblage des tuyaux deux à deux se fait comme suit. On les aboute de manière à ce qu'ils soient en ligne droite. Comme ils sont munis d'un renflement aux extrémités, après que les câbles y ont été introduits, on entoure les deux bourrelets en contact d'une même bande en caoutchouc. Dans l'assemblage tel qu'il se pratique d'ordinaire pour les conduites d'eau ou de gaz, cette bande forme un anneau complet ; mais dans la construction des lignes télégraphiques, cet anneau doit être coupé, puisqu'il n'est placé qu'après la pose du câble. Ses deux extrémités sont taillées en biseau de manière que leur recouvrement présente une épaisseur égale à celle de la bande. On réunit les

deux extrémités au moyen d'un boulon que l'on fait pénétrer dans une ouverture ménagée *ad hoc*.

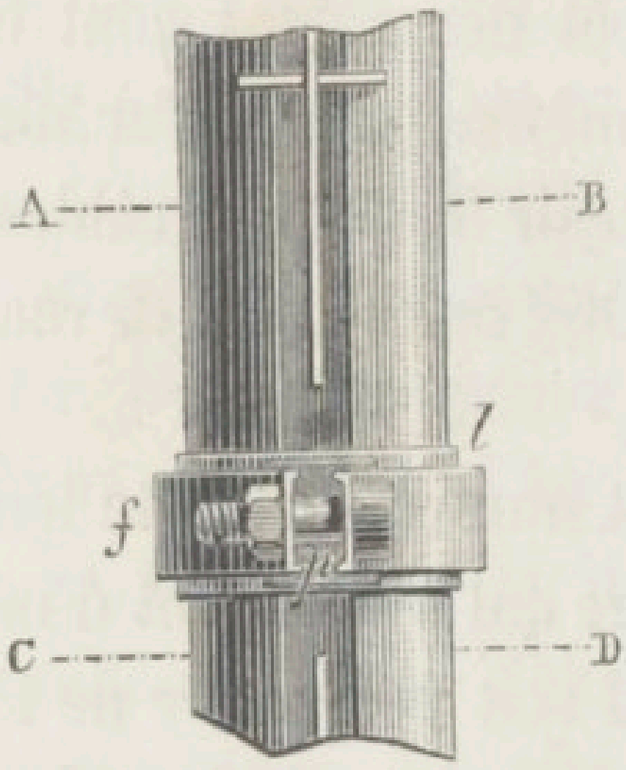


Fig. 81 et 82.

Sur l'anneau en caoutchouc ainsi formé (fig. 81), on place une bride en fer forgé *f* qui saisit parfaitement la forme des bourrelets. Les extrémités de cette bride sont recourbées, et on les rapproche au moyen d'un boulon à écrou, de façon à comprimer fortement la bague en caoutchouc. On empêche que celle-ci ne se plisse pendant le serrage en interposant une petite plaque de cuivre *p* entre elle et la bride en fer au point où cette dernière se recourbe.

Avant d'opérer l'assemblage, il est nécessaire de faire disparaître l'ouverture qui existe dans les bourrelets des tuyaux par suite de la rainure dont ils sont munis. On y introduit, à cette fin, une petite pièce en fonte T (fig. 82) qui a précisément la forme du bourrelet et la largeur de la rainure. Les barres laminées en forme de T sont coupées à leurs extrémités de manière à permettre le placement de cette pièce supplémentaire.

De 200 en 200 mètres se trouvent, dans la ligne souterraine, des tuyaux de 1 mètre de longueur qui sont munis d'un renflement en forme de cylindre vertical, fermé à la partie supérieure par un couvercle. Ces regards permettent de faire avec facilité les recherches nécessaires pour découvrir les dérangements (fig. 83) qui peuvent se produire. Ils sont recouverts par le pavage, et leur position doit être relevée sur le plan de la ligne.

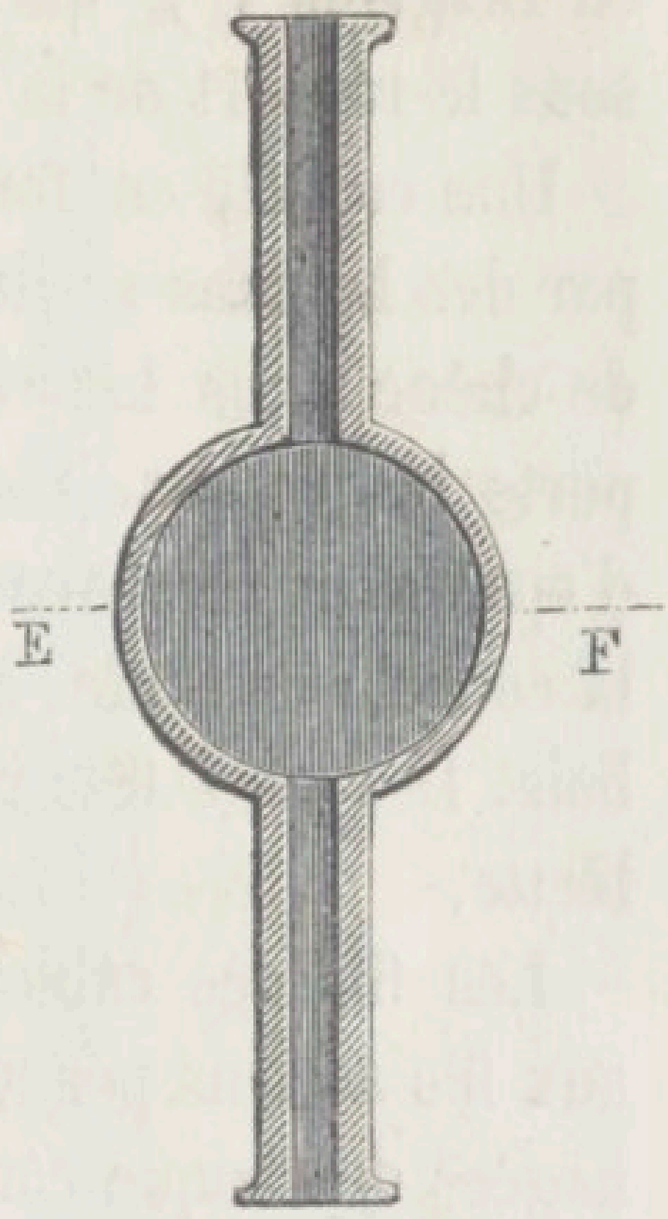
Les conducteurs isolés au moyen de la gutta-percha, et réunis

en forme de câble, sont également utilisés pour traverser les cours d'eau, les tunnels et les égouts.

Dans le premier cas, les câbles sont identiques à ceux que l'on jette au fond de la mer pour relier des rivages éloignés. L'armature protectrice en fer doit toujours être de forte dimension si la rivière est navigable, à cause de la faible profondeur des eaux dans lesquelles ces câbles sont plongés.

Dans les tunnels, les câbles sont uniquement formés (fig. 84) de fils de cuivre isolés par une double gaine de gutta-percha entourée de chanvre goudronné et recouverte de glu marine. On les fixe aux parois du tunnel au moyen de cornières que l'on maintient à la naissance de la voûte par des supports en fer forgé en forme de double équerre, fixés au moyen de crampons. Ces supports sont espacés l'un de l'autre d'un mètre; ceux qui réunissent deux cornières voisines ont $0^m.05$ de largeur, tandis que les autres n'ont que $0^m.03$ (fig. 85).

Les câbles qui traversent les tunnels sont raccordés aux fils aériens au moyen de bornes, serre-fils, etc., destinés à faciliter les recherches en cas de dérangement.



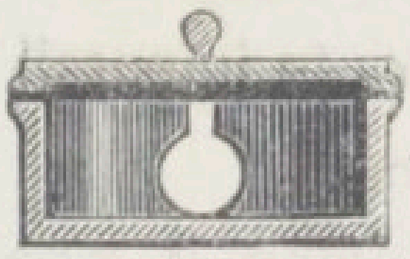


Fig. 83.

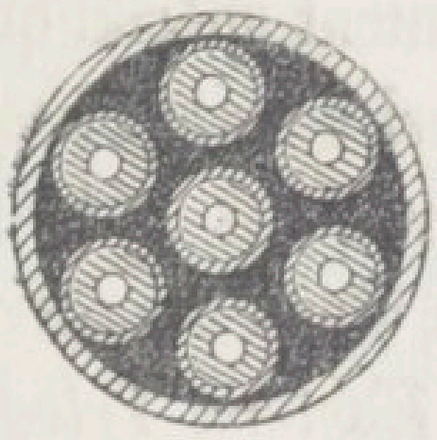


Fig. 84.

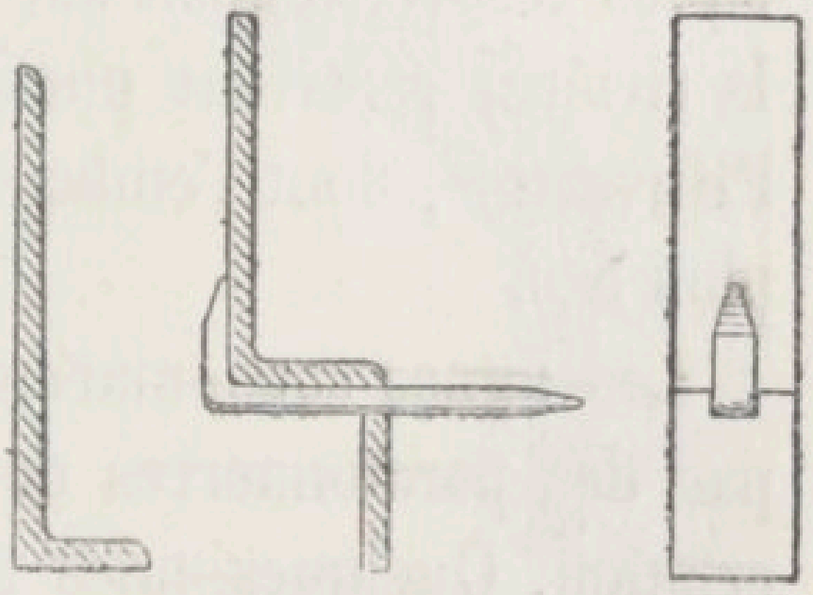


Fig. 85.

Voici une disposition de boîte pour bornes d'épreuve adoptée

en Belgique (1), qui offre toutes les garanties désirables, tant sous le rapport de la durée que sous celui de l'isolement.

Une console en fonte (fig. 86), fixée dans la pierre de taille par des boulons scellés au plomb, supporte une tablette en bois de chêne dans laquelle est encastrée une planche verticale qui porte les écrous. Une caisse en zinc laminé de 2 millimètres d'épaisseur recouvre cette planche, et repose sur la tablette de la console en fonte, en s'adaptant à frottement sur la tablette en bois. Des vis à tête ronde fixent, en outre, la caisse à cette tablette.

Les fils des câbles et ceux en gutta-percha qui sont soudés aux fils aériens pénètrent dans la boîte par deux ouvertures ménagées de chaque côté de la tablette.

La boîte étant écartée des parois du mur par la console, il est de toute impossibilité que l'humidité puisse pénétrer jusqu'à l'intérieur.

Quand il s'agit de relier les câbles sous-marins à la station d'opérations, on fait toujours aboutir la ligne marine à un petit bâtiment spécial que les Anglais appellent *Cable house*, et dans lequel se font chaque semaine les épreuves électriques qui indiquent l'état de la ligne sous-marine.

A Marseille, deux maisonnettes affectées à ce service par l'État et l'*Eastern Telegraph Company*, se trouvent près de l'entrée du parc Borély et sur les bords de l'Huveaune. Ces deux édifices, situés respectivement sur la rive gauche et sur la rive droite de la rivière, reçoivent plusieurs câbles qui arrivent de la mer par l'Huveaune, dont l'embouchure est située à environ 140 mètres plus bas.

Les lignes sous-marines sont reliées aux lignes souterraines par des paratonnerres dont nous donnerons plus tard la description. Quelques-unes sont en égout, d'autres en tranchée. Dans les deux cas, ces lignes sont formées de sections de câbles

(1) Notice de M. Delarge, *Annales des travaux publics*.

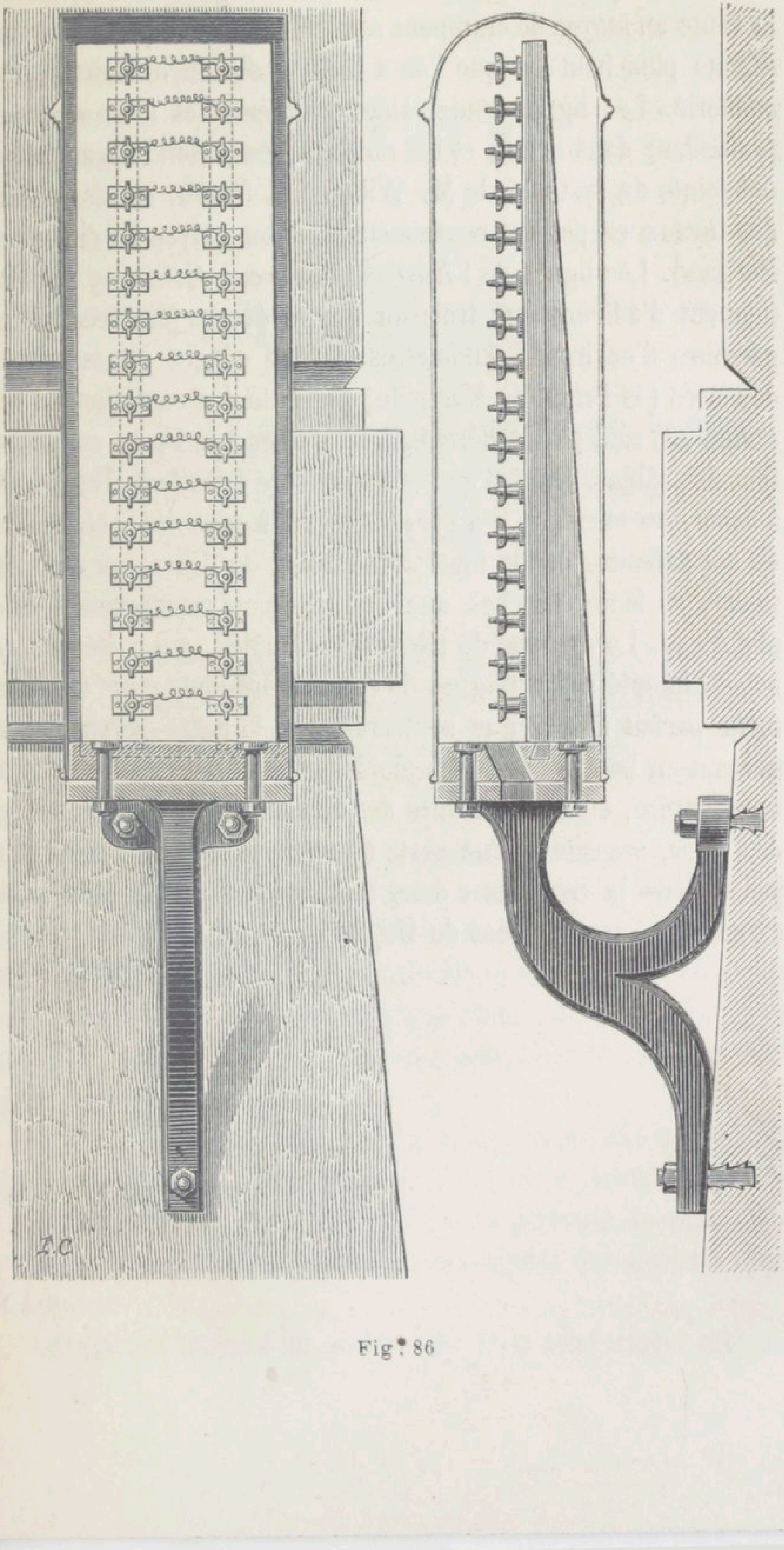


Fig. 86

marins des grandes profondeurs. Dans l'égout ils sont fixés à la voûte au moyen de crampons semblables à ceux que nous avons décrits plus haut, et que l'on a scellés solidement dans la maçonnerie. Les lignes souterraines sont enfouies à un mètre de profondeur dans le sol, et les raccordements sont faits au moyen des joints du système de M. Willoughby Smith, encaissés dans des tuyaux en poterie rendus étanches au moyen de ciment de Portland. Les lignes de l'*Eastern Telegraph Company* ne contiennent d'ailleurs que trois ou quatre de ces jointures sur un parcours d'environ 4 kilomètres. Le sol où ces lignes ont été déposées (le Prado de Marseille) présente des conditions d'humidité qui sont particulièrement favorables à la bonne conservation des câbles. Dans d'autres stations de l'*Eastern Teleyraph*, à Aden, par exemple, il a été nécessaire, à cause de la sécheresse du sol parcouru par la ligne souterraine, de l'encaisser dans des tuyaux en fonte étanches, que l'on maintient constamment remplis d'eau. Le système de télégraphie Duplex, qui a été généralement adopté sur les lignes de cette compagnie, exige un isolement parfait de la ligne souterraine, et la gutta-percha, en se gerçant au bout de quelques mois sous l'effet des variations de température, ou bien par suite des émanations du gaz d'éclairage des villes, occasionne une perte de courant telle qu'il n'est plus possible de la compenser dans la balance électrique si délicate exigée par l'arrangement du Duplex.

CHAPITRE III

CONSTRUCTION ET POSE DES CABLES SOUS-MARINS.

Atterrissements. — Choix de la route. — Causes de détérioration. — Réparations. — Relèvements.

C'est là qu'immense et lourd, loin de l'assaut des ondes,
Un câble, un pont jeté pour l'âme entre deux mondes,
Repose en un lit d'algue et de sable nacré ;
Car la foudre, qu'hier l'homme aux cieux alla prendre,
Il la fait maintenant au fond des mers descendre,
Messagère asservie à son verbe sacré.

SULLY PRUDHOMME.

Ce siècle a vu sur la Tamise
Croître un monstre à qui l'eau sans bornes fut promise,
Et qui longtemps, Babel des mers, eut Londre entier,
Levant les yeux dans l'ombre au pied de son chantier.
Effroyable, à sept mâts mêlant cinq cheminées,
Qui hennissaient au choc des vagues effrénées.

V. HUGO, *Légende des siècles.*

Depuis 1857, date où put fonctionner régulièrement le premier câble entre Calais et Douvres, la télégraphie océanienne a fait des progrès gigantesques. Une demi-douzaine au moins de ces câbles traversent le lit de l'Atlantique vers le nord et vers le sud, et le réseau sous-marin est si étendu qu'il ne reste plus qu'à franchir l'océan Pacifique pour compléter la ceinture télégraphique du globe.

Ce grand développement de la télégraphie sous-marine est dû à l'Angleterre, dont l'entreprise et les capitaux ont amené ce brillant résultat ; nous donnons ici les portraits de quatre des principaux directeurs des grandes compagnies qui ont leur siège à Londres.

Les parties vitales d'un câble sont : 1° le conducteur, véhicule

des signaux formés au moyen de la source électrique ; 2° la matière isolante, qui environne le conducteur et empêche la déperdition du courant à la mer. Ces deux matériaux, réunis et convenablement combinés, forment l'âme du câble et suffiraient aux transmissions, s'il était possible de les déposer sans secousse ni abrasion au fond de la mer.

On a agi de cette façon pour le câble d'essai posé entre Dou-

Fig. 87. — M. John Pender, membre du Parlement, chairman de l'*Eastern Telegraph C°*.

vres et le cap Grinez en 1850, et aussi pour le câble mis à la disposition des armées alliées en Crimée en 1855 ; mais, bien que, dans le second cas, les communications aient pu être maintenues pendant onze mois, on comprend aisément qu'il n'est pas possible, en général, d'abandonner à son sort, au fond des eaux, un fil simplement protégé par la gutta-percha.

L'âme des câbles est donc généralement recouverte de filin de

chanvre ou de jute, goudronné ou préservé dans le tannin ; c'est autour de ce cordage que l'on enroule, en spirale, des fils de fer ou d'acier galvanisés, destinés à donner au câble une très grande force longitudinale. Cette enveloppe métallique est protégée de la rouille par deux couches inverses d'étoupe mélangée à du bitume silicaté.

La constructon des câbles nécessite deux opérations bien distinctes, qui sont souvent dirigées par des ingénieurs spéciaux. La

Fig. 88. — Le baron Emile d'Erlanger, directeur consultant de l'*Eastern Telegraph C°*.

première se rapporte aux conditions électriques à donner au câble, la seconde se préoccupe spécialement de lui fournir la force nécessaire pour résister aux efforts qu'il doit supporter pendant la pose. Suivant les longueurs à franchir et les profondeurs à traverser, les câbles doivent remplir, électriquement et mécaniquement, certaines conditions dont nous allons nous occuper.

On emploie toujours le cuivre comme conducteur, parce que ce

métal résiste moins que tout autre au passage de l'électricité et permet, par conséquent, de transmettre plus vite. Ainsi, l'on peut écouler six fois plus de mots par minute, par un fil de cuivre, que par un fil d'acier de mêmes dimensions. Les ingénieurs contrôlent toujours scrupuleusement, par l'épreuve électrique du pont de Wheatstone, la qualité des fils conducteurs telle qu'elle a été stipulée dans les marchés.

Fig. 89. — Sir James Anderson, directeur général de l'*Eastern Telegraph C°*

Dans les premiers câbles, les interstices entre les fils fins du toron restaient vides, et l'eau pénétrait invariablement jusqu'au cuivre, à travers les pores de la gutta-percha ; l'eau trouvait un écoulement le long de ces interstices et produisait une oxydation, que l'on a constatée dans presque tous les câbles primitifs. C'était une source de danger à laquelle on a obvié depuis, en empâtant le toron de composition Chatterton. C'est un mélange de 3 par-

ties en poids de gutta-percha, de 1 partie de résine et de 1 partie de goudron de Stockholm, qui a l'avantage de combler les interstices du toron et de le faire adhérer fortement à la gaîne isolante.

La manufacture du toron cuivre est excessivement simple.

Les bobines, contenant le fil fin destiné à former le faisceau, sont placées sur une table tournante, mise en rotation autour

Fig. 90. — Sir Daniel Gooch,
chairman de la *Telegraph Construction and Maintenance C°*.

d'un fil central. Des freins règlent convenablement le mouvement de chaque bobine et s'ajustent à la main, jusqu'à ce que l'ouvrier sente une tension égale sur chaque fil. Chaque fil du toron s'écoule avec un effort égal et constant, autrement un fil pourrait parfois former bosse et se boucler, durant le recouvrement avec la matière isolante, à travers laquelle il se forcerait un chemin. Chaque longueur de fil est soudée à la suivante, de façon qu'aucune extrémité libre ne puisse percer la gutta-percha. Lorsqu'il faut joindre

un toron à un autre, les extrémités sont rendues rigides, au moyen de soudure, puis limées en biseau, de façon à ce que les deux becs de flûte s'adaptent parfaitement. Un petit étau *ad hoc* permet de maintenir les deux parties rapprochées et de les souder entre elles. Cette première soudure est recouverte de fils fins, et l'on soude à nouveau, afin de donner au joint la rigidité d'un fil solide.

En recouvrant le toron de gutta-percha, cette matière est appliquée à chaud et à l'état plastique, par couches successives, passant à travers une série de matrices progressivement et convenablement agrandies. On interpose entre chaque couche de gutta-percha un enduit de chatterton, qui ajoute à l'isolement et soude parfaitement entre elles les couches de matière isolante (fig. 91 et 92).

A mesure de sa formation, le fil est entraîné dans de longs augets, remplis d'eau maintenue très-froide. Le fil se consolide promptement et s'enroule automatiquement sur des tambours. Une fois terminé, le fil séjourne pendant quelque temps dans l'eau où il s'assaisonne. Il y a deux cylindres à chaque machine, disposés de façon qu'on évite le chômage en chargeant l'un d'eux de pâte, tandis que l'autre se décharge par le moule. On conçoit qu'en fabriquant des fils télégraphiques, il est essentiel de maintenir le conducteur parfaitement au centre de la gutta-percha. Ce résultat s'obtient au moyen de guides et d'une disposition particulière du moule dont nous avons parlé, et que la figure indique.

Les jointures du fil s'opèrent à la main, en appliquant sur les extrémités, convenablement ramollies et réunies entre elles, une ou deux couches de gutta-percha plastique en feuille, cimentées entre elles au moyen de chatterton (fig. 93). Cette opération exige de grands soins et une extrême propreté ; mais les ouvriers chargés de faire les soudures, dans les usines, acquièrent promptement une très grande habileté, et il est rare que la jointure, éprouvée à l'électromètre ou par la méthode d'accumulation, doive être rejetée comme mauvaise par l'électricien. La gutta-percha se

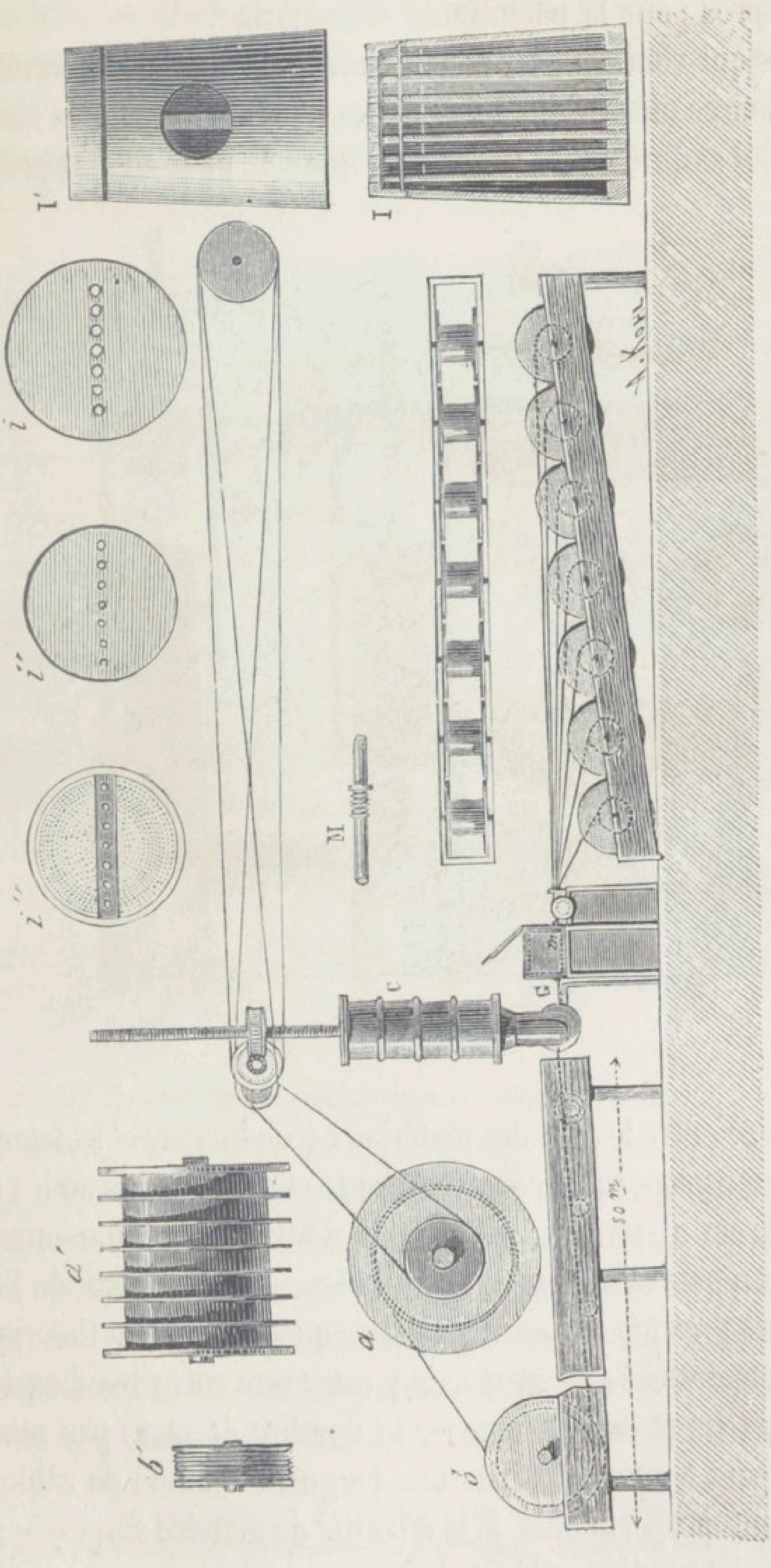


Fig. 91.

conserve merveilleusement bien sous l'eau et semble avoir été créée exprès pour la télégraphie sous-marine.

En ce qui concerne les conditions électriques qui déterminent les meilleures dimensions à donner au conducteur et à la matière isolante, il suffira de faire observer que : 1° pour chaque propor-

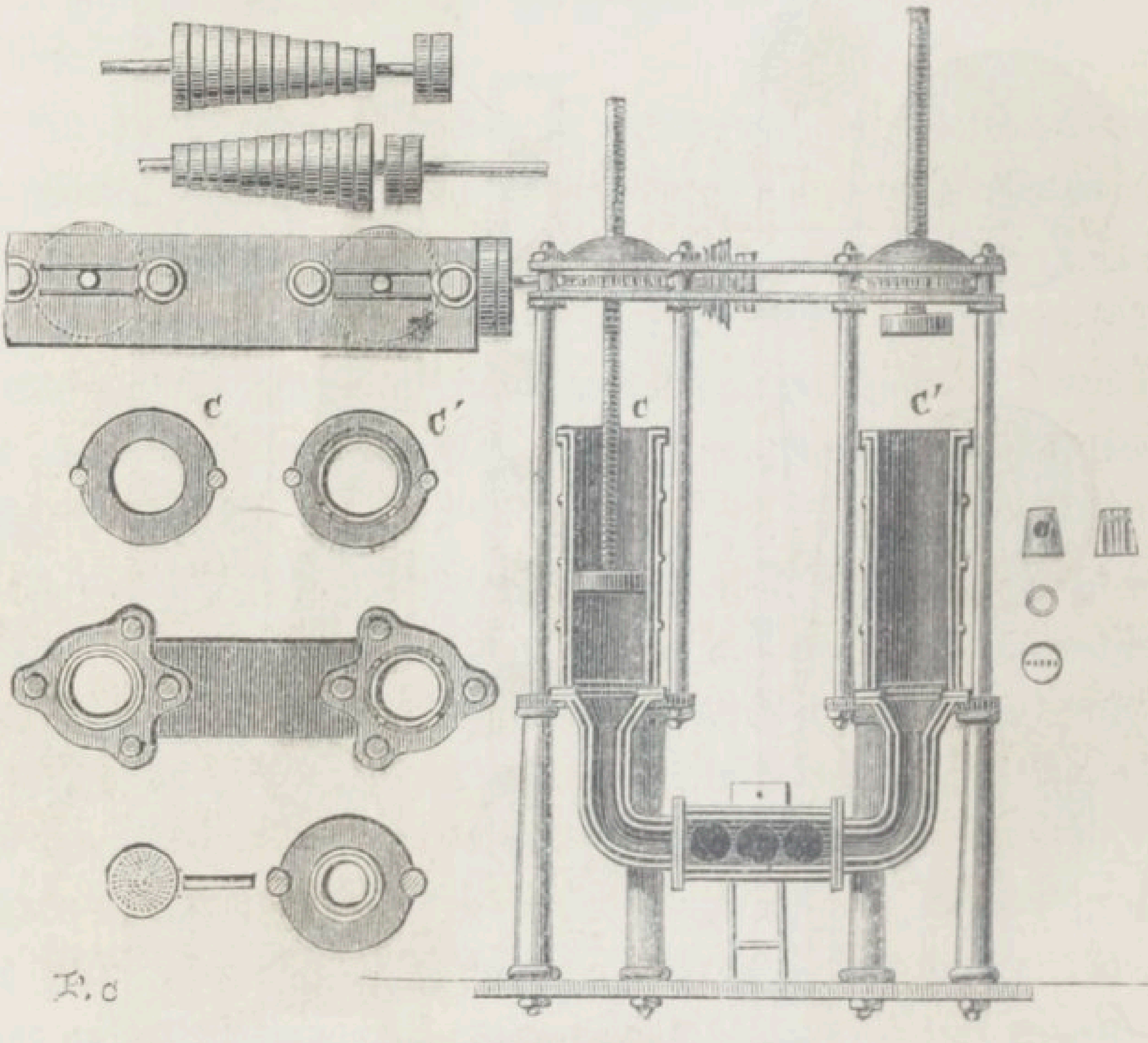


Fig. 92.

tion donnée entre le coût des matériaux (conducteur et isolement), il existe une proportion correspondante entre les poids ou les diamètres de ces matériaux, qui permet d'atteindre le maximum de travail à un prix minimum ; 2° pratiquement, l'épaisseur de l'isolement est presque toujours plus forte que l'épaisseur théorique ; 3° si l'on maintient une proportion constante entre les diamètres du conducteur et de l'isolement, le nombre de mots par minute que l'on peut transmettre par une longueur donnée de câble est simplement proportionnel à la quantité de matière employée ; de sorte que l'âme d'un câble qui transmettra vingt mots par mi-

nute, pèsera et coûtera quatre fois plus que celle d'un autre câble qui ne transmettrait que cinq mots par minute (1).

On emploie maintenant fréquemment le caoutchouc pour isoler les câbles. Dans ce cas, il est appliqué sur le fil conducteur en bandes spiralisées se superposant en sens inverse. Lorsque l'on a

Fig. 93. — Opération de la soudure du câble.

obtenu une épaisseur convenable, le fil ainsi enroulé est enfermé entre deux bandes longitudinales de caoutchouc, qui se relient entre elles par le simple contact, sous pression, des bords fraîchement coupés. Les deux moitiés du fil sont ensuite fortement serrées et maintenues jointes par une bandelette faite en bourre de soie et enroulant le fil dans toute sa longueur. On le dispose sur

(1) Voir sur cet intéressant chapitre la nouvelle édition des *Applications de l'électricité, technologie électrique*, du comte Dumoncel, tom. I, pages 492 et suivantes.

un tambour en fer, s'adaptant sur un pivot placé au fond d'un cylindre en tôle avec couvercle vissé à l'écrou, dans lequel le fil est soumis à une chauffe d'environ 120 degrés centigrades, qui le vulcanise au degré convenable.

La vulcanisation s'obtient en mélangeant le caoutchouc des lanières longitudinales avec 6 pour 100 de soufre et 10 pour 100 de sulfure de plomb.

Les bandes spiralisées, placées autour du conducteur, sont composées de caoutchouc contenant le séparateur, c'est-à-dire 25 pour 100 d'oxyde de fer, dont l'effet est d'empêcher le soufre d'attaquer le conducteur. Ce système d'isolement au moyen du caoutchouc est dû à M. Hooper; il a donné de bons résultats, surtout dans les mers tropicales.

La valeur relative du caoutchouc et de la gutta-percha offre un très grand intérêt pratique. La gutta-percha a été considérablement étudiée, depuis 1851, dans ses propriétés électriques et plastiques, et l'on peut maintenant éviter absolument les bulles d'air et les impuretés qui lui faisaient principalement échec au début. La gutta-percha, devenant plastique à une température relativement peu élevée, est naturellement dangereuse dans les pays chauds et sous l'action d'un soleil ardent. Les joints de gutta-percha sont aussi susceptibles de s'altérer promptement, s'ils ne sont faits avec le plus grand soin par des ouvriers habiles. D'un autre côté, la gutta-percha possède des qualités inappréciables. Elle est complètement inaltérable sous l'eau de mer, et cette qualité ne peut être trop estimée. Les propriétés électriques de cette matière sont d'ailleurs tellement grandes, que le courant reçu à l'extrémité d'un câble en gutta-percha, si long qu'il soit, ne perd même pas 1 pour 100 de sa force initiale. Les câbles actuels sont certainement dans les limites possibles de la perfection, en ce qui concerne leurs propriétés électriques; ce qui n'empêche pas, toutefois, la recherche de nouveaux perfectionnements. M. Willoughby Smith, ingénieur-électricien de la fabrique de gutta-percha de la *Telegraph Construction and Maintenance*

Company, a réussi à fabriquer une qualité spéciale de gutta-percha qui se rapproche absolument du caoutchouc, en ce qui concerne la faible inductivité de la matière. On sait que les câbles, opérant comme d'immenses bouteilles de Leyde, donnent lieu à des phénomènes d'induction dont la réaction contrarie et retarde sensiblement les courants transmis. Le caoutchouc possède, à un degré beaucoup moins élevé que la gutta-percha, cette capacité inductive, et lui est certainement supérieur à cet égard. La nouvelle gutta-percha de M. W. Smith et le caoutchouc Hooper ont, à peu de chose près, la même capacité électro-statique, le rapport étant de 98 à 100.

Le caoutchouc est moins susceptible que la gutta-percha d'être endommagé dans les manufactures; mais certains conducteurs isolés avec du caoutchouc Hooper ont donné lieu, après leur pose, à des phénomènes nouveaux et peu expliqués, que l'on peut sans doute attribuer aux actions chimiques résultant des mélanges variés que contient le seul spécimen de gomme élastique qui ait réussi jusqu'à ce jour.

L'élévation de température, dans la gutta-percha comme dans le caoutchouc, diminue considérablement la résistance électrique de ces substances. Nous entendons par *résistance électrique* le pouvoir non conductif qui rend la matière plus ou moins isolante. Dans la gutta-percha, la perte de courant due à l'élévation de la température s'élève plus rapidement que dans le caoutchouc, qui, à cet égard, offre encore une supériorité sur sa congénère. En outre, et pour les causes ci-dessus énoncées, il permet de transmettre un plus grand nombre de mots par minute, à poids ou dimensions égales; c'est-à-dire que, dans deux câbles où le même conducteur serait recouvert d'un poids égal de gutta-percha ordinaire et de caoutchouc, on pourrait transmettre deux fois plus de mots par minute avec le câble en caoutchouc. Nous avons déjà dit que la gutta-percha de M. Willoughby Smith permettait, à cause de la supériorité de son isolement et par suite de sa faible induction, des transmissions

presque égales à celles du caoutchouc Hooper ; nous donnons ci (fig. 94) la section du câble de Marseille à Bône, qui est le

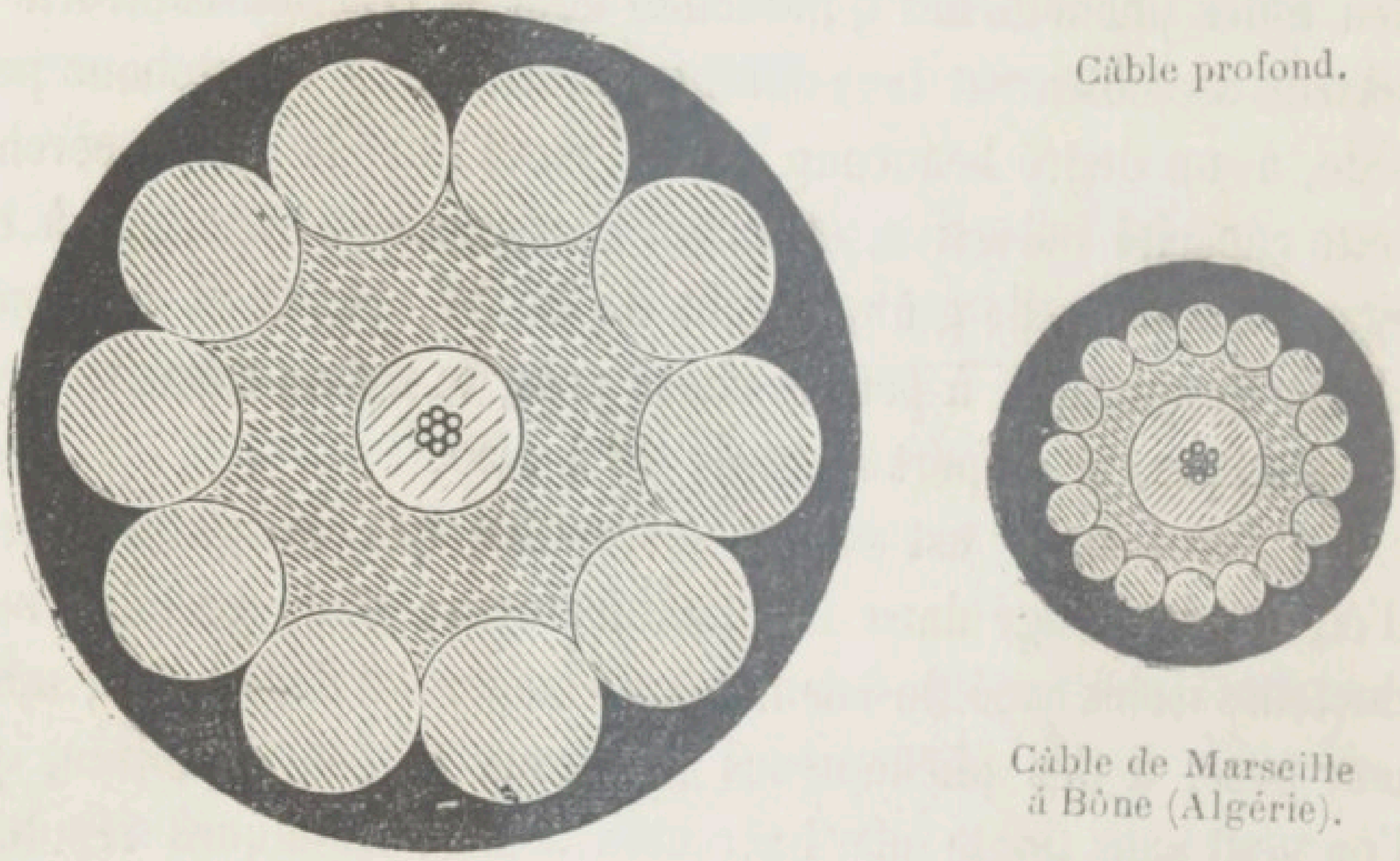


Fig. 94.

type où la gutta-percha de M. W. Smith a été pour la première fois employé. Dans ce câble, posé en 1870, l'isolement par nœud atteint 1482 mégohms (1), et la capacité électro-statique seulement 0.286 microfarads.

L'âme des câbles est toujours enveloppée de chanvre ou de ute en filin, appliqué, humide et saturé de tannin ou de sel, en une double couche spiralisée et au moyen de machines à cordages. Le filin est (fig. 95) tordu et s'applique sous une certaine tension. Plus il est tendu, plus il ajoute de sa force à celle du câble. On emploie un assez grand nombre de ces cordelettes, qui sont déposées sur l'âme avec un pas d'hélice assez allongé, afin d'éviter toute chance de nouer l'âme ou de la tordre, si un

(1) L'*Eastern Telegraph C°* possède un second câble posé entre Marseille et Bône en 1877, où le diélectrique est de la gutta-percha de M. W. Smith. L'isolement y atteint jusqu'à 8000 megohms par nœud après la première minute d'isolement.

des filins vient à se rompre ou n'est pas aussi tendu que les autres. Il faut toutefois éviter d'appliquer le filin avec un trop grand effort sur l'âme; la nature plastique de la gutta-percha

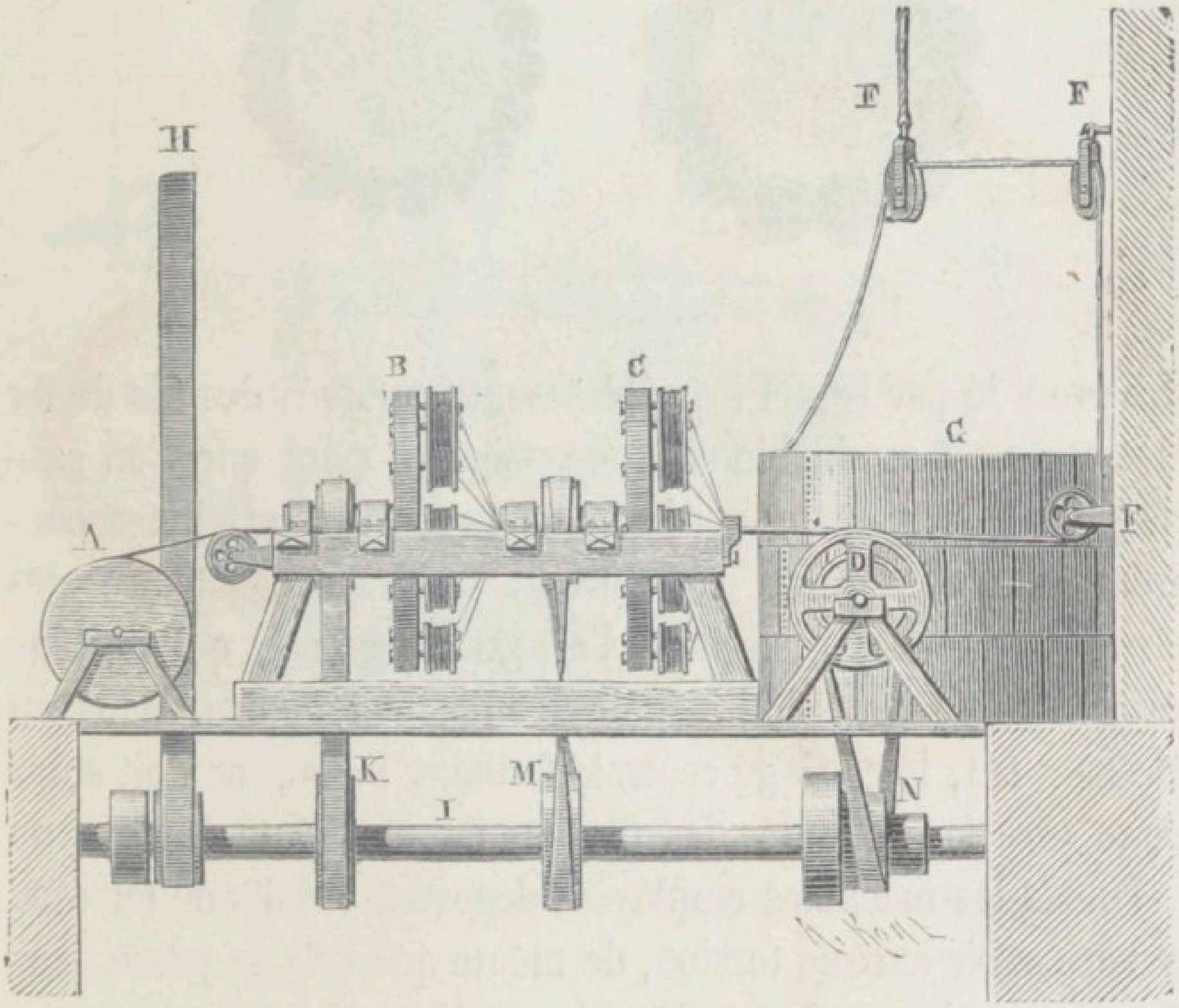


Fig. 95.

exige cette précaution. En outre, la garniture en chanvre doit être déposée de façon à servir non seulement de coussinet protecteur contre les fils de fer de l'armure, mais aussi de manière à ajouter sa force à celle du fer extérieur. Primitivement, on enduisait le chanvre de goudron pour le protéger contre l'envahissement du taret; on a abandonné ce préservatif, qui empêche la découverte des fautes, et on lui préfère le tannin.

Quelquefois on réunit 3, 4 ou même 6 et 7 âmes (fig. 96) en un seul cordage pour les câbles de petite longueur entre les pays de grande communication; plus généralement, les câbles n'ont qu'un seul fil, et il vaut mieux doubler l'appareil complet, en cas

de besoin, que de risquer la perte simultanée d'une communication multiple.

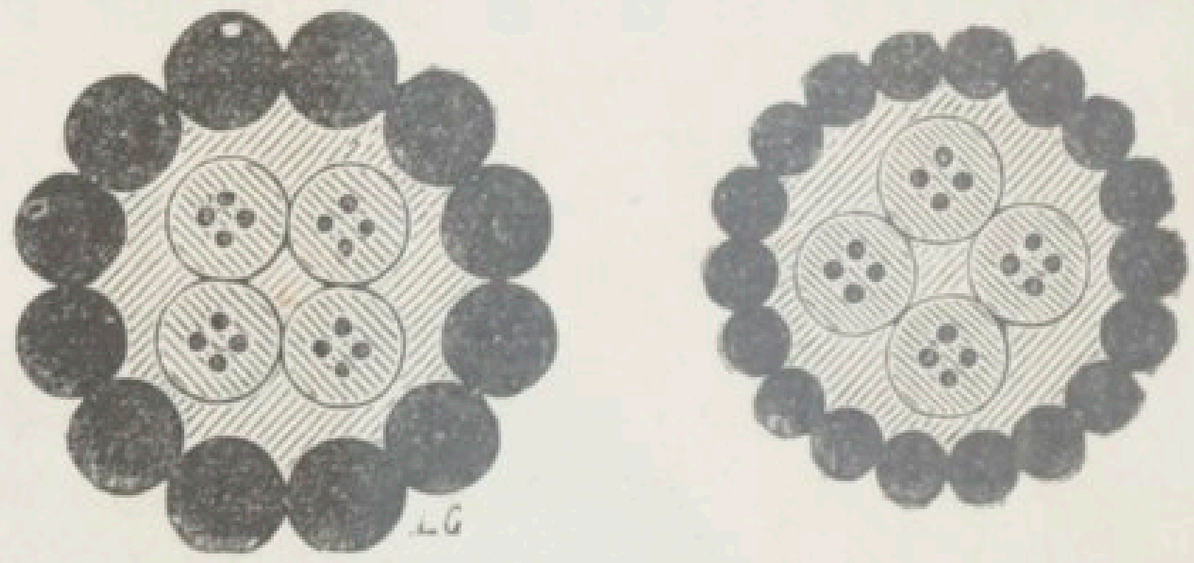


Fig. 96. — Câble de Cagliari à Bône.

Le procédé par lequel les câbles sont renforcés des fils de fer de l'armure est semblable en tous points à celui que l'on emploie pour fabriquer les cordages en fer, et les machines employées dans ce dernier cas peuvent servir à construire des câbles avec la simple addition d'un guide central, qui protége l'âme contre une pression inégale des fils métalliques. Dans un câble bien fait, le cordage central, formant l'âme, ne doit subir aucune pression latérale des fils de fer arc-boutés autour de lui. Toutes les machines employées déposent les fils de fer sans leur faire subir aucune torsion, de même que cela se passe dans la fabrication des cordages métalliques (fig. 97).

Les câbles en fer sont maintenant tous recouverts de deux couches inverses d'étoupe grossière, mélangée à de la poix minérale ou de l'asphalte combiné avec un silicate de chaux qui lui donne la consistance suffisante. Les machines employées à ce procédé ressemblent aux précédentes, et le bain de poix minérale est maintenu au degré de température convenable au moyen d'un jet de vapeur. Il faut éviter avec soin de laisser séjourner le câble sous le déversoir d'asphalte en fusion, cela endommagerait bientôt l'isolement; ce déversoir est immédiatement éloigné, aussitôt que l'arrêt des machines a lieu. Le câble recouvert de bitume prend une forme arrondie en passant à travers une matrice qui rejette l'excédent de matière dans le bain en fusion (fig. 98).

On galvanise maintenant tous les fils employés dans la con-

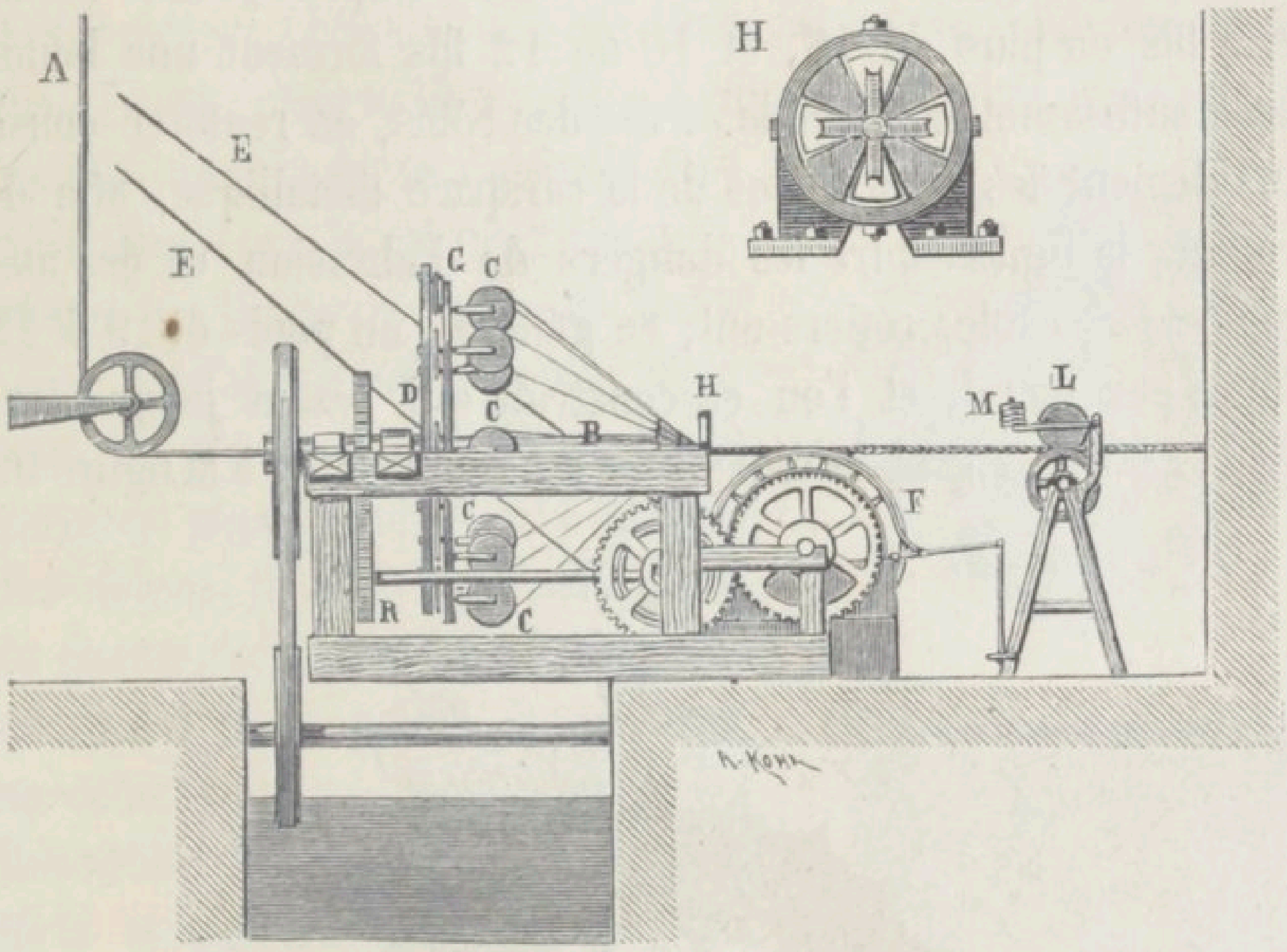


Fig. 97.

struction des câbles; cette précaution, doublée de la protection

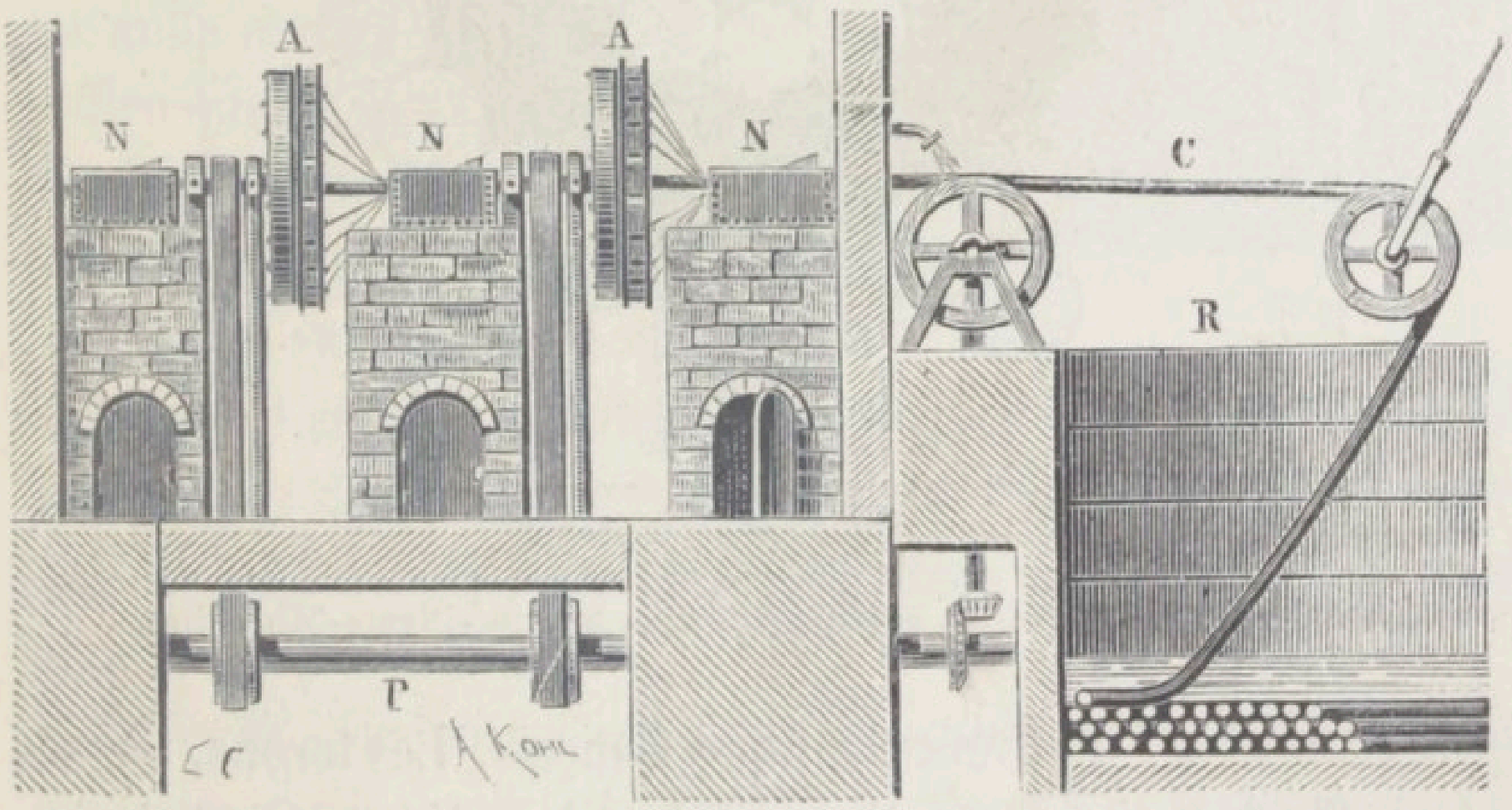


Fig. 98.

de l'enveloppe de composition bitumineuse de Clark, assure la durée et la conservation des lignes sous-marines

Un câble revêtu de bon fer doit supporter deux tonnes au mètre par kilogramme de fil de fer. On n'emploie jamais moins de 9 fils ou plus de 18, et 10 ou 12 fils forment une bonne corde suffisamment flexible. Près des côtes, on renforce considérablement les dimensions de la carapace métallique, afin de protéger la ligne contre les dangers de l'abrasion et des ancrages. Les câbles côtiers ont, en général, un poids de 9 à 12 tonnes par nœud, et l'on en construit qui pèsent jusqu'à 20 tonnes. La plus grande dimension est représentée à la figure 99

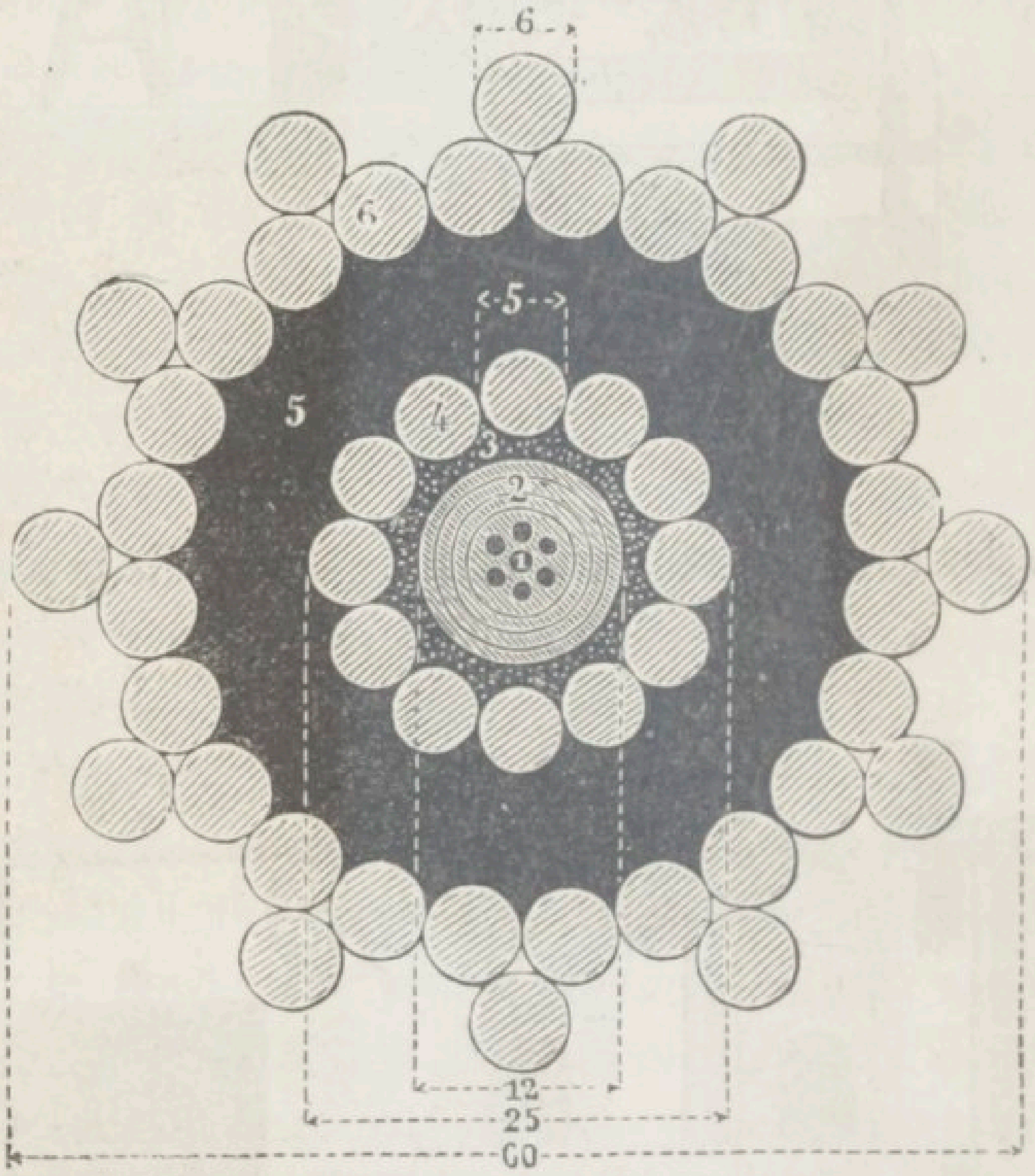


Fig. 99. — Câble côtier, section de Brest à Saint-Pierre-Miquelon.

par le câble côtier du transatlantique français. Les torons, tressés de trois fils de petite dimension, rendent les câbles côtiers beaucoup plus maniables que s'ils étaient recouverts de fils massifs.

Les câbles de l'Atlantique et de l'océan Indien, pour lesquels il a fallu franchir des profondeurs de 3800 (océan Indien) et de

5 000 mètres (Atlantique), ont nécessité un type plus compliqué. Dans ce cas, chaque fil d'acier est garni de chanvre ou de jute de Manille, dont la force s'ajoute à l'acier, tandis que la garniture n'augmente pas le poids du câble dans l'eau. En fabriquant la tresse avec soin, on trouve que la force du fil garni est plus grande que la somme des forces des parties ; cela vient de ce que, seules, les parties se briseraient à leurs points faibles, qui ne coïncident pas dans l'ensemble. Les câbles de ce type sont les plus forts et en même temps les plus légers que l'on ait construits (figure 100).

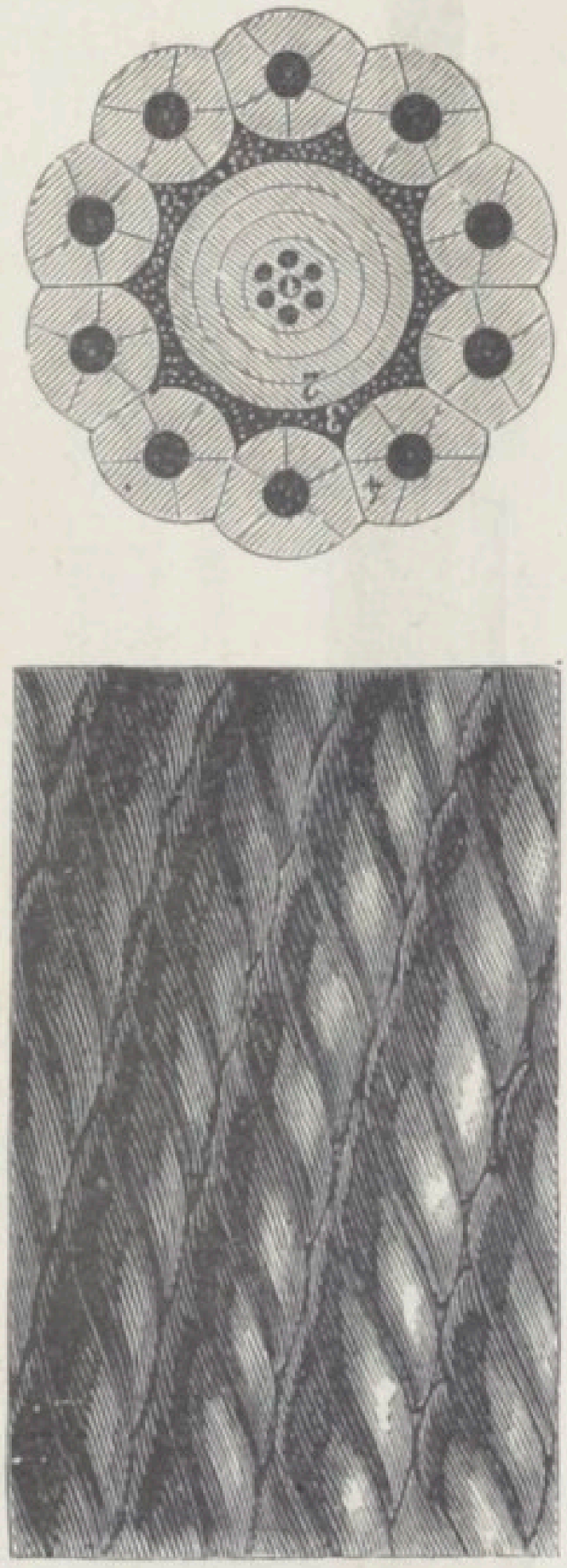


Fig. 100.

L'effort nécessaire pour les rompre est égal à onze fois leur poids par mille nautique dans l'eau ; c'est-à-dire que, s'ils devaient traverser des profondeurs de onze milles nautiques ou de vingt kilomètres, ils pourraient supporter cet effort sans se briser. Les plus grandes profondeurs de l'Atlantique ne dépassant pas 2 700 brasses, soit environ cinq kilomètres, le module de rupture est donc quatre fois plus grand qu'il n'est absolument nécessaire.

Enfin M. Siemens a construit des câbles que l'administration française a fait poser sans succès de Bone à Bizerte, et de Carthagène à Aïn-el-Turck, près d'Oran. Dans ces câbles (fig. 101), les fils protecteurs en fer sont remplacés par du cuivre phosphorisé en lanières (métal de Muntz) posées en spirale par-dessus l'âme recouverte de filin de chanvre fortement tendu. En se superposant, les lanières de cuivre grippent fortement le chanvre

et l'empêchent de se contracter longitudinalement. On obtient ainsi un câble en même temps très fort et très léger, et le spécimen donné ci-contre peut supporter environ 1000 kilogrammes avant de se rompre, et ne s'étendrait que de 0,8 pour 100 sous le poids d'une longueur égale à 500 kilogrammes.

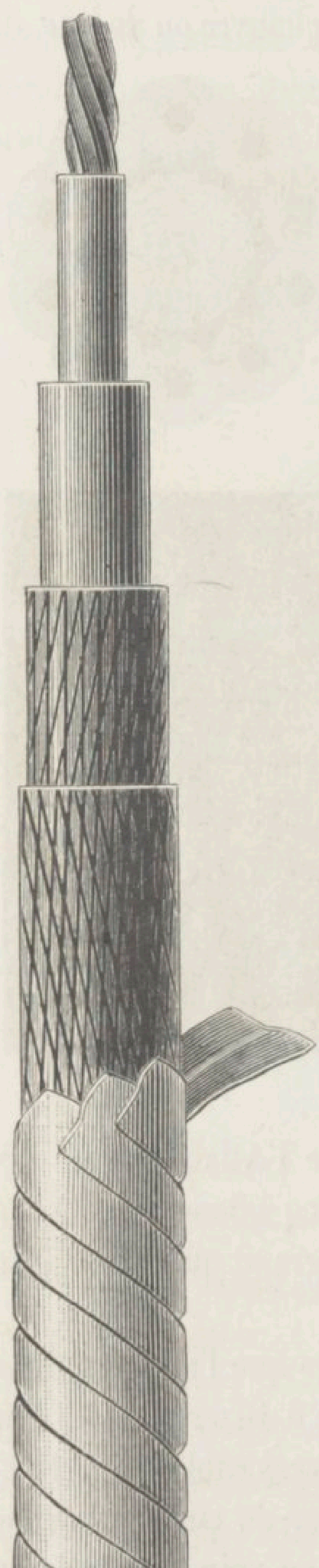


Fig. 101.

Les câbles sont parfois embarqués aussitôt construits ; parfois aussi on les emménage, dans des réservoirs, à l'usine, jusqu'à ce que le vapeur en charge puisse être amené à quai. La figure 102 donne le plan et la coupe d'une usine importante ayant dix machines à corder et trente réservoirs pouvant contenir jusqu'à deux mille milles nautiques de câble. Le vapeur y est représenté en plan et en coupe, avec ses neuf cuves superposées. La figure 103 représente l'arrière d'un autre navire, sur le pont duquel se trouvent la machinerie d'émission et le cabinet d'expériences. Tout y est représenté comme si le câble était filé à la mer pendant la pose.

Pendant la construction et la pose d'un câble télégraphique, des épreuves électriques permanentes sont faites, du commencement à la fin de ces opérations, et elles se continuent jusque après l'achèvement de la pose. Nous parlerons plus tard de ces épreuves.

Le câble est amené à bord au moyen de locomobiles, et sur des poulies pla-

cées le long d'un cordage tendu entre la rive et le navire. Généralement, les navires sont munis de cuves en tôle, disposées dans les cales. Ces cuves sont à fond plat et soigneusement calées sur la carène et les flancs du vaisseau. Les plaques

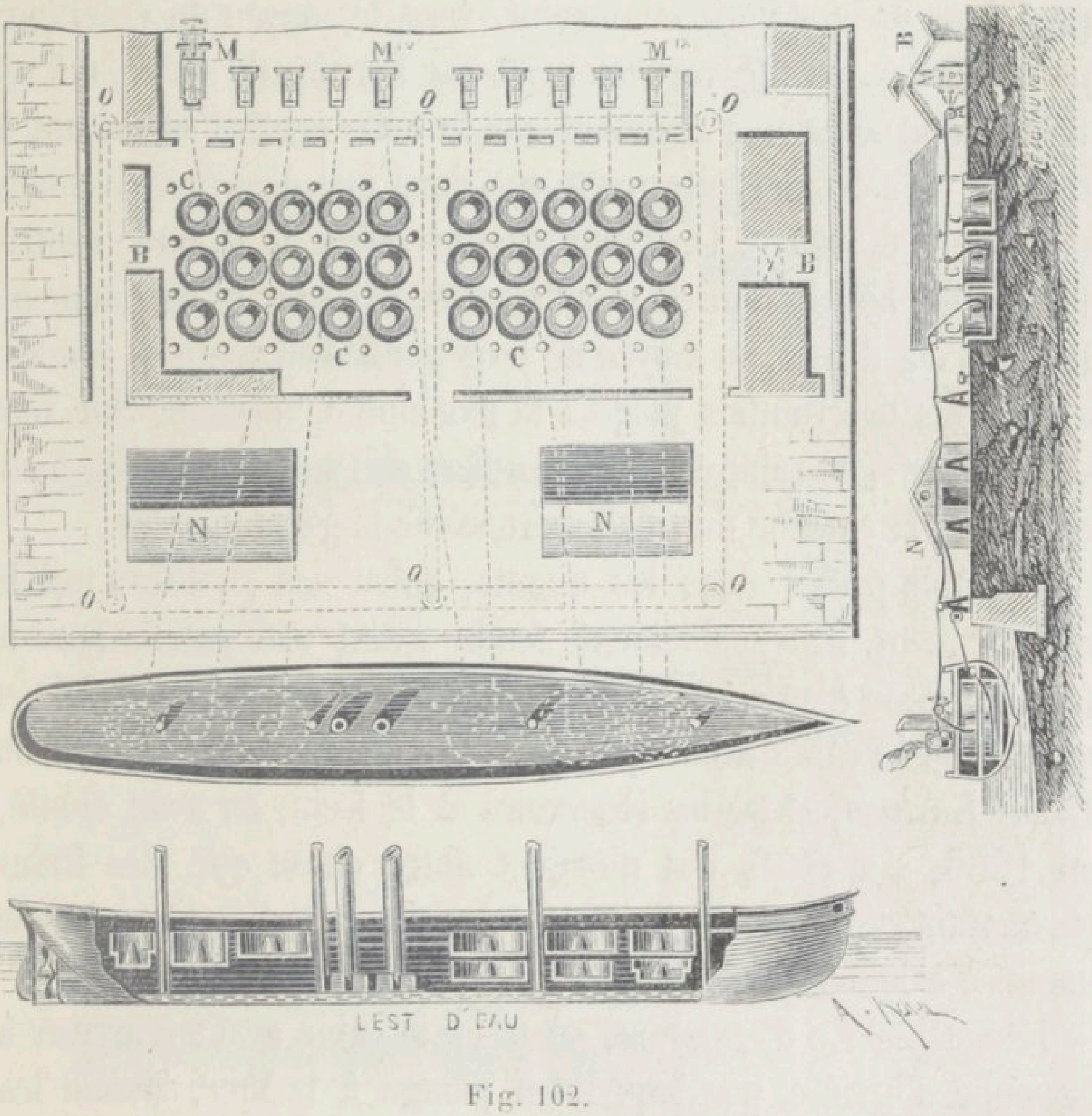


Fig. 102.

du fond sont plus épaisses que celles des murailles, dont l'épaisseur diminue à mesure qu'elles s'élèvent. Au centre des cuve se trouve un cône central creux, dont l'espace peut être utilisé. Le câble est d'abord lové, à partir du centre vers la circonférence, en une couche uniforme; la seconde couche revient commencer près du cône, en abandonnant, de la circonférence au centre, un rayon dont la saillie est diminuée, autant que possible, lors de la formation de la seconde couche. On évite ainsi tout entanglement d'une couche par l'autre. Cet embrouillement est d'ailleurs en-

tièrement évité par l'emploi de la *crinoline*. Cet appareil consiste (voir fig. 103) en une série de cercles concentriques reliés entre eux par dix à douze rayons qui, en venant s'appliquer sur les couches du câble arrimé convenablement dans les cuves, l'obligent à se diriger horizontalement vers le moyeu du réservoir, pour s'élever ensuite verticalement par l'orifice de sortie, qui est formé d'un anneau s'abaissant sur le cône central et forçant le câble à ne s'écouler autrement que dans une direction circulaire et de petit diamètre. On évite ainsi les effets de la force centrifuge et les boucles qui en résulteraient. Du cône et de l'anneau, le câble est dirigé, au moyen de larges tubes en fonte et coudés, au-dessus des rouffles jusqu'à la machine d'émission. Sur tout son parcours, le câble est contenu dans des augets en bois, pour empêcher la chaleur du soleil de ramollir la gutta-percha.

Le câble passe, dans les augets, entre des rouleaux qui le maintiennent convenablement tendu avant son entrée sur le frein ; comme d'ailleurs un accident peut se produire à bord, et qu'en effet le câble atlantique de 1865 s'était rompu à bord du *Great Eastern*, entre les réservoirs et le frein, on avait ajouté, en 1866, six roues qui n'étaient autre chose que des freins permettant de resserrer le câble entre deux poulies à gorge, de manière à le saisir et à l'arrêter à bord en cas de rupture.

La machinerie d'émission, où passe le câble avant d'arriver à la poulie d'arrière par laquelle il plonge à la mer, donne les moyens de maintenir constante la tension du fil et de régulariser son immersion suivant les profondeurs, de façon à ne faire supporter au câble aucun effort supérieur à un certain coefficient, au delà duquel l'allongement pourrait devenir plus grand qu'il ne convient à la délicatesse de l'âme qu'il contient (fig. 104).

Ce coefficient est à peu près égal au poids de la longueur de câble qui rejoindrait verticalement la surface au fond, en pendant à l'arrière du navire. Ce poids devrait être, bien entendu, diminué d'une quantité égale au poids d'eau déplacée.

Il en résulte que, pour allonger le câble sans perte, sur le

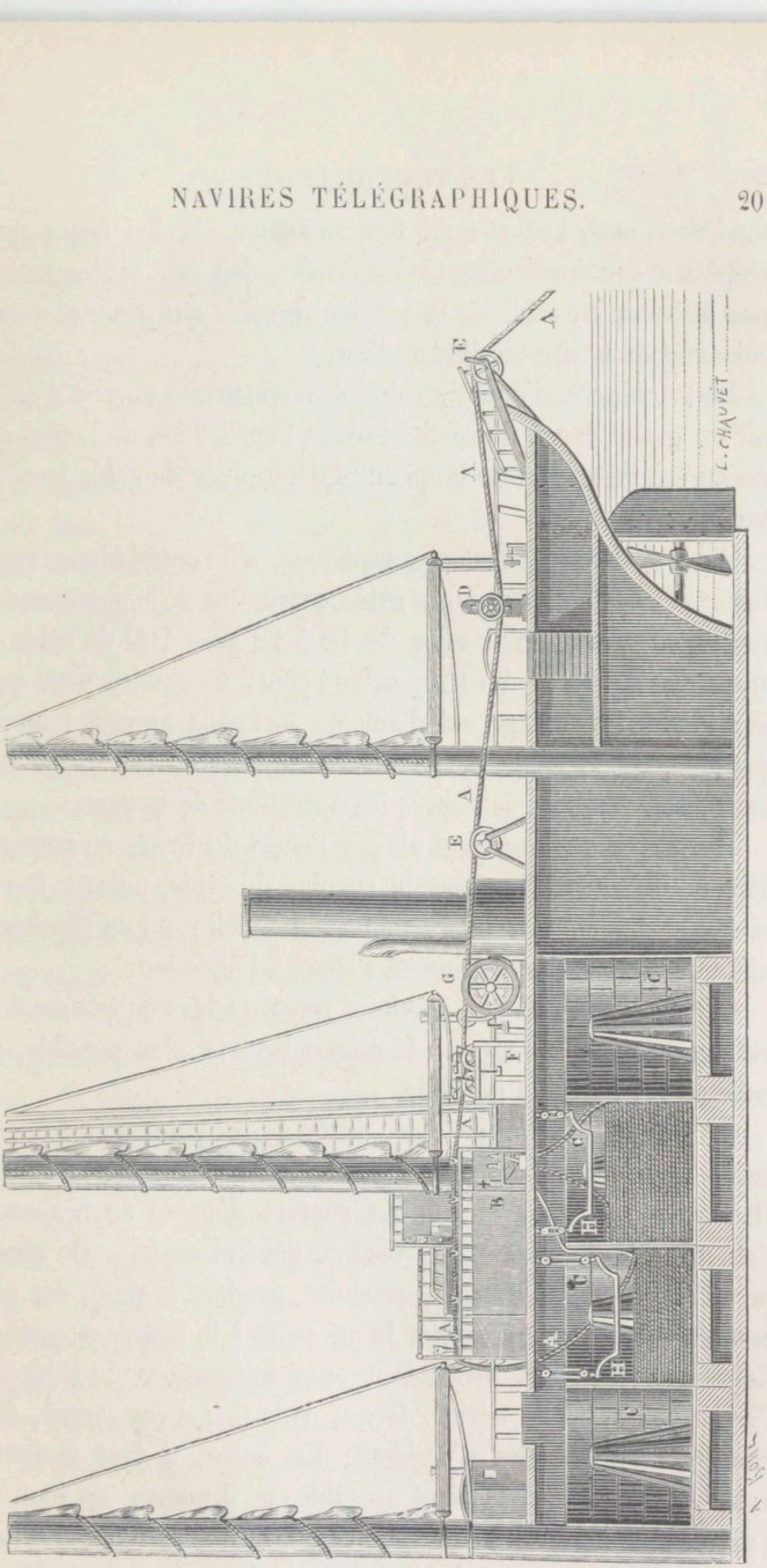


Fig. 103.

fond de la mer, l'effort qu'il faut appliquer sur les freins pour empêcher son écoulement trop précipité, doit être seulement un peu inférieur au poids de la portion de câble qui pendrait verticalement du navire au fond de l'eau.

La machinerie d'émission doit être construite en vue d'obtenir un grand degré d'exactitude dans l'application de l'effort nécessaire à l'émission de la quantité déterminée de câble que l'on veut poser.

Il est évident que l'effort retardateur, s'il contrebalance exactement le poids extérieur du câble, permettra de le poser tendu ; toutefois, on préfère écouler de 10 à 12 pour 100 de câble en trop, plutôt que de lui faire subir l'effort nécessaire pour qu'il soit tendu. Le coulage est d'ailleurs fort utile au cas, toujours possible, où le câble devra être relevé pour en retrancher une faute, soit pendant, soit après les opérations de la pose.

Il est clair que l'on peut alléger l'effort du frein, en permettant l'écoulement d'un certain surplus de câble, puisque la résistance obtenue par la fraction additionnelle qui en résultera, ajoutera son effet en diminuant l'effort à l'émission.

On obtient ainsi des résultats remarquables en poussant la vitesse du navire de façon à la rapprocher, le plus possible, de celle de l'écoulement du câble.

On voit, par ce qui précède, jusqu'à quel point il faut pousser la force de résistance des câbles, lors de leur construction. Il convient que leur module de rupture dépasse de beaucoup l'effort maximum auquel ils sont en général soumis. On comprend, en effet, qu'il peut se produire, pendant la pose, des nécessités qui obligent à arrêter le navire et à le mettre en panne. Certaines opérations demandent aussi le transport du câble de l'arrière à l'avant du navire. Il y a, dans toutes ces causes, des chances additionnelles d'accident. En outre, il faut toujours avoir en vue, en construisant un câble, qu'il pourra, un jour ou l'autre, demander des réparations ou bien être renouvelé par parties. Il faut non-seulement prévoir la pose et la faciliter,

mais encore songer à la durée et à l'entretien. Par conséquent, il convient de construire le câble suffisamment fort pour qu'il puisse se maintenir, pendant des années, dans des conditions de solidité qui permettent de l'accrocher avec le grappin sans le rompre, et de le soulever et manipuler à bord sans trop de risques.

La machine d'émission se compose essentiellement d'un grand tambour, sur la caisse duquel le câble prend quatre tours, et dont l'axe porte les deux freins de friction d'Appold.

Au-dessus du point où le câble pénètre sur la caisse du tambour, un soc aigu pousse rapidement chaque tour de câble, à mesure qu'il se produit, et l'empêche de chevaucher sur le tour précédent (fig. 104).

Le poids du câble émis suffirait à faire tourner le tambour lorsque le navire est en marche, mais il est parfois nécessaire de le faire évoluer lorsque le navire est au repos. La machinerie d'émission est donc pourvue de deux corps de pompe, dont les pistons donnent le mouvement à toute la machine, au moyen d'engrenages. Le mouvement peut être renversé et permet de relever le câble par l'arrière, ce qui est un avantage, dans les eaux profondes, où il est dangereux et fort long de passer le câble à la machine de relèvement de l'avant, lorsqu'il s'agit de lever et de réparer une faute.

Des rouages, munis d'un compteur, sont mis en mouvement par l'axe de la machine, et permettent de connaître, à chaque instant, la quantité de câble écoulé et la vitesse de l'émission, dont le rapport à celle du navire en marche est une des fonctions importantes du calcul de la tension. Un mécanisme assez simple, muni d'un timbre, indique la fin de chaque unité de longueur (mille nautique ou kilomètre).

Les freins Appold, qui sont fixés sur le prolongement de l'axe du tambour, sont des roues lisses et un peu convexes, d'environ $1^{m}.50$ de rayon et $0^{m}.25$ de bande. Ces roues sont entourées de courroies d'acier, garnies intérieurement de blocs en

bois dur, fixés de distance en distance. Les extrémités des courroies du frein se terminent, à des distances différentes, sur un bras de levier situé dans le prolongement d'un rayon de la roue. L'appareil est complètement lubréfié en le plongeant en

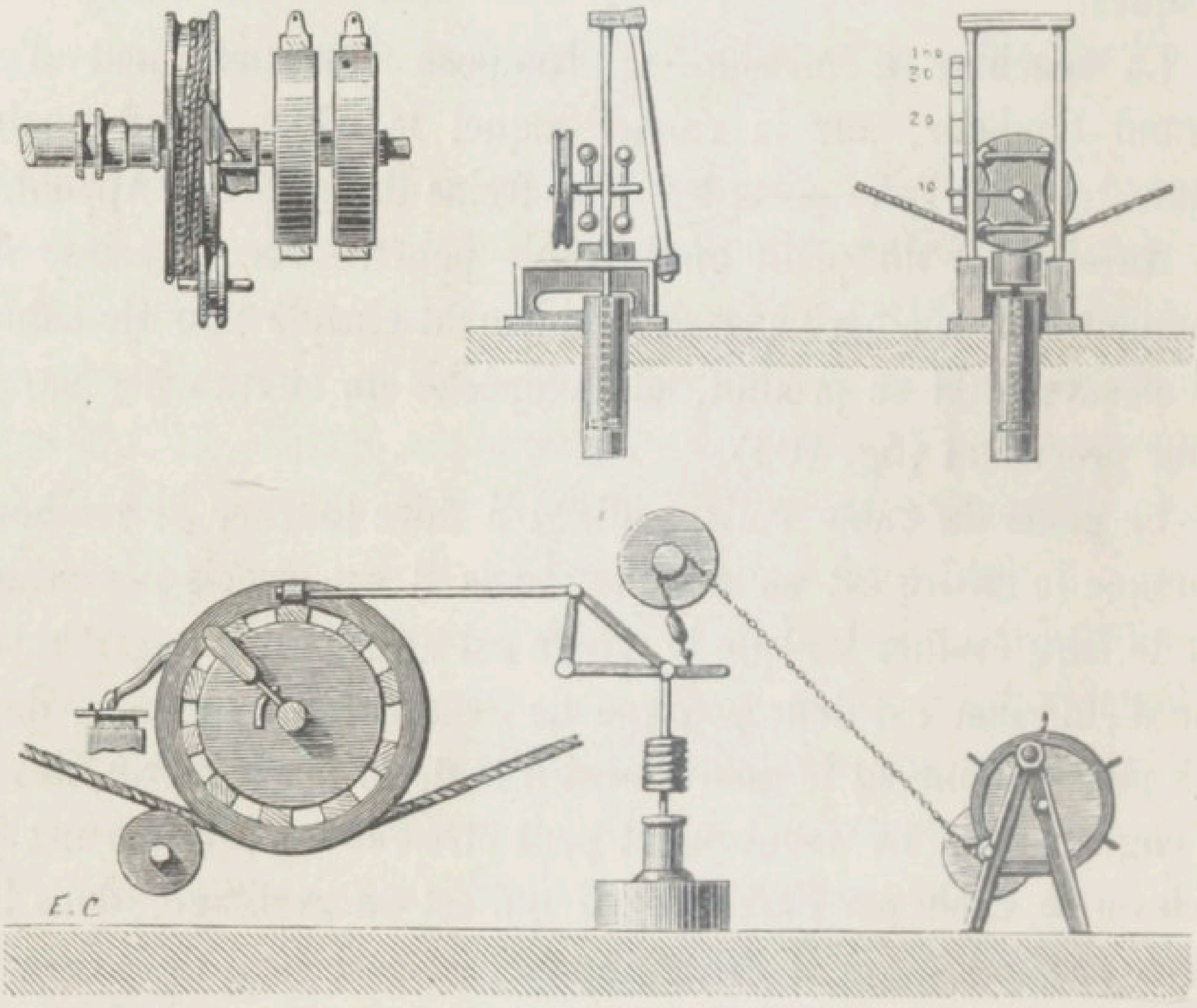


Fig. 104.

entier dans une cuve d'eau. Lorsque les blocs ne sont pas suffisamment lubréfiés, ou bien si la friction augmente, la bande de la roue du frein tend à entraîner les blocs avec elle (fig. 105).

Cette tendance a pour effet de faire fléchir le levier, dont la déflexion rapproche la distance qui sépare les points *a* et *b*, écarte les courroies, et diminue le pouvoir du frein. Dans une certaine mesure cet appareil peut s'ajuster de lui-même. En effet, la différence qui existe entre *c b* et *c a*, sur la barre du levier, étant très petite, en plaçant un poids P au point où le plus grand effort se produit, c'est-à-dire en *a*, le levier sera emporté par une force qui réagira sur la circonférence, en propor-

tion de l'effort exercé en P et de la différence des forces aux points *a* et *b*. Le rapport $\frac{ab}{ac}$ des longueurs de levier exprime cette résultante. En supposant que le tambour tourne dans le sens indiqué par la flèche, juste au moment où le poids P suffit à contrebalancer la friction du frein, si le coefficient de friction

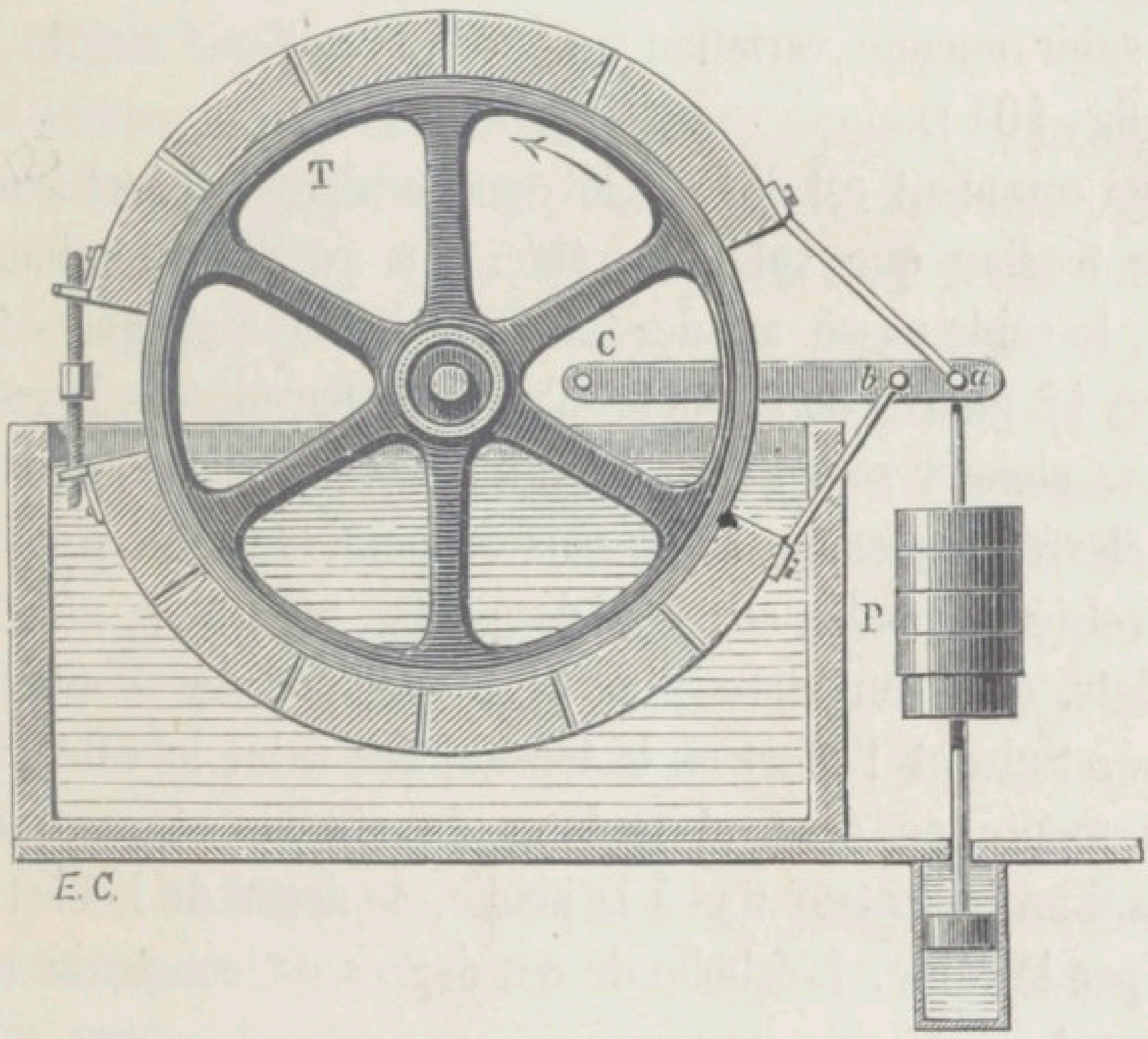


Fig. 105.

entre les surfaces vient à augmenter par une cause quelconque, l'effort devenant plus grand sur *a* que sur *b*, le levier sera proportionnellement soulevé et, par suite de la position excentrique des points d'attache, il soulagera la courroie du frein et réduira la friction. L'inverse se produira, au contraire, si le coefficient de friction vient à diminuer.

La tige qui porte le poids P se prolonge sous le pont et se termine par un piston, plongeant dans un corps de pompe rempli d'eau. On évite ainsi les chocs qui pourraient se produire, par suite de variations brusques de la tension sur le câble.

Comme d'ailleurs il convient de pouvoir, dans certaines cir-

constances, soulager immédiatement le câble de tout ou partie de l'effort du frein modérateur, l'extrémité du levier du frein *a* est fixée à une chaîne s'enroulant sur un tambour, d'où part une autre chaîne, attachée diamétralement et venant, par-dessus une poulie, aboutir à une roue de gouvernail fixée devant le dynanomètre. On peut ainsi modérer, à volonté, l'effet du frein, suivant les indications du dynanomètre, sans être obligé de faire subir aucune variation au poids P appliqué sur le levier (voir fig. 104).

Voici comment est disposé le dynanomètre qui sert à mesurer la tension que subit le câble. En avant du tambour des freins, le câble passe au-dessus d'une poulie à gorge, située à environ 12 mètres de la poulie d'arrière, par-dessus laquelle le câble va plonger sous l'eau. A moitié distance de ces deux poulies, élevées également au-dessus du pont, le câble passe sous une troisième poulie chargée de poids, qui glisse, au moyen de galets, dans un châssis vertical dont un des montants est gradué. Suivant l'effort ou la tension que subit le câble, cette poulie monte ou descend le long du châssis et marque, au moyen d'un indicateur fixé à la poulie, le degré de l'effort supporté par le câble. L'échelle de ces degrés est construite empiriquement.

Choix de la route. — M. Delamarche a publié (1) un excellent ouvrage, que nos lecteurs pourront consulter avec fruit et auquel nous empruntons les conclusions suivantes sur la détermination de la route à suivre.

Indépendamment des raisons politiques, commerciales ou administratives qui peuvent intervenir, la route à suivre doit être déterminée par la distance la plus courte et les profondeurs les plus faibles et les plus régulières. La plus courte distance demande moins de câble et exige un navire plus petit ; les profondeurs plus faibles diminuent l'effort que doit supporter le câble pendant la pose, et les profondeurs plus régulières préviennent

(1) *Eléments de télégraphie sous-marine*. Firmin-Didot. Paris, 1858.

les anomalies dangereuses qui se produiraient dans l'émission par des fonds brusquement variables.

Il est indispensable d'avoir aussi exactement que possible le profil de la mer suivant la route qu'on doit suivre, et de connaître aussi les fonds qui se trouvent à droite et à gauche de la route adoptée, afin de savoir de quel côté on devra se diriger au cas d'une déviation forcée dans la marche du navire suivant la route choisie.

Les sondages peuvent être faits à des distances très espacées l'une de l'autre, lorsque les fonds sont uniformes; mais, par des profondeurs variables, il faut les rapprocher de 2 à 3 milles au moins, jusqu'à ce que l'on arrive à la profondeur maximum, qui se maintient généralement la même sur une étendue considérable.

En outre des sondages, il est très important d'étudier avec soin les points d'atterrissement les plus favorables pour le câble. Ces points devront être exempts de mouillage où les gros navires pourraient casser le câble en relevant leurs ancres, et de rochers sur lesquels le câble s'userait par le frottement résultant des mouvements de mer qui se produisent toujours aux côtes. Enfin, le câble doit, autant que possible, être rejoint à la ligne de terre par l'intermédiaire d'un bureau télégraphique, ou tout au moins n'avoir qu'une très-faible distance à parcourir avant de rejoindre la première station.

Le câble devra être construit en vue de cette route à suivre, et nous avons déjà eu l'occasion d'expliquer pourquoi les câbles légers ne pouvaient suffire, même aux profondeurs moyennes, qui sont presque toujours inégales, et que les câbles lourds doivent être choisis toutes les fois que les profondeurs à traverser ne dépassent pas une moyenne de 600 à 800 mètres.

L'atterrissement des bouts côtiers ne peut se faire qu'au moyen de chalands ou de bateaux plats pouvant aborder convenablement les parages où le câble doit atterrir. Lorsque la marée est à son point culminant, on peut, au moyen de bateaux d'un faible tirant d'eau, décharger le câble à la mer et le re-

trouver à sec à la marée basse. Il est parfois nécessaire d'employer des barques ; mais presque toujours les ouvriers doivent se mettre à l'eau dans le voisinage du point d'atterrissement. Cette opération varie évidemment suivant les circonstances et les localités (fig. 106).

Souvent le gros câble de la côte est posé par un navire spécial, surtout quand il doit s'étendre à une grande distance en mercomme, cela était le cas pour les câbles de l'Atlantique.

Fig. 106.

Le steamer *Caroline* avait posé le bout côtier de 1865, et le *William-Cory* opéra la pose du second bout côtier en 1866 ; du bord de ces navires, le câble était transmis à la côte d'abord par deux grandes chaloupes, puis par des canots, et enfin à main d'homme (fig. 107 et 108).

Cette façon d'agir est celle qu'emploie le plus souvent la *Construction and Maintenance Telegraph Company*. Il y a d'autres manières d'opérer, et voici comment procède, pour les

atterrissements, la compagnie de l'*India Rubber, Gutta-Percha and Telegraph Works*. La première opération consiste à relier le navire à la côte au moyen d'un cordage porté à terre par une barque; à ce cordage est attachée une haussière de trois pouces, puis une autre de cinq pouces, destinée à passer sur

Fig. 107.

des poulies fortement amarrées sur la plage au moyen d'ancres. Les poulies sont de la forme appelée *toiles d'araignée*, parce qu'elles sont à jour et offrent une gorge assez large pour livrer passage aux attaches de la haussière. A la dernière haussière est fixé le câble, et on la passe sur une seconde poulie la ramenant à bord pour la faire passer à l'avant du navire sur une troisième poulie et sur la machine de relèvement, qui attire ainsi le câble à terre. Les câbles côtiers, qui pèsent de dix à vingt tonnes par mille nautique, ne pourraient aisément être amenés s'ils frottaient sur le fond. Il faut donc les soulager, et on y procède en les soutenant de distance en distance par des barriques ou des

ballons en caoutchouc, dont le pouvoir flottant est d'environ 640 kilogrammes lorsqu'ils sont à demi submergés (fig. 109). On les fixe à des distances de neuf à quinze mètres, au moyen de cordages passant à travers deux anneaux supérieurs et deux anneaux inférieurs, disposés de telle façon que, le cordage *a* une fois coupé, le câble se détache complètement des barriques et descende sur le

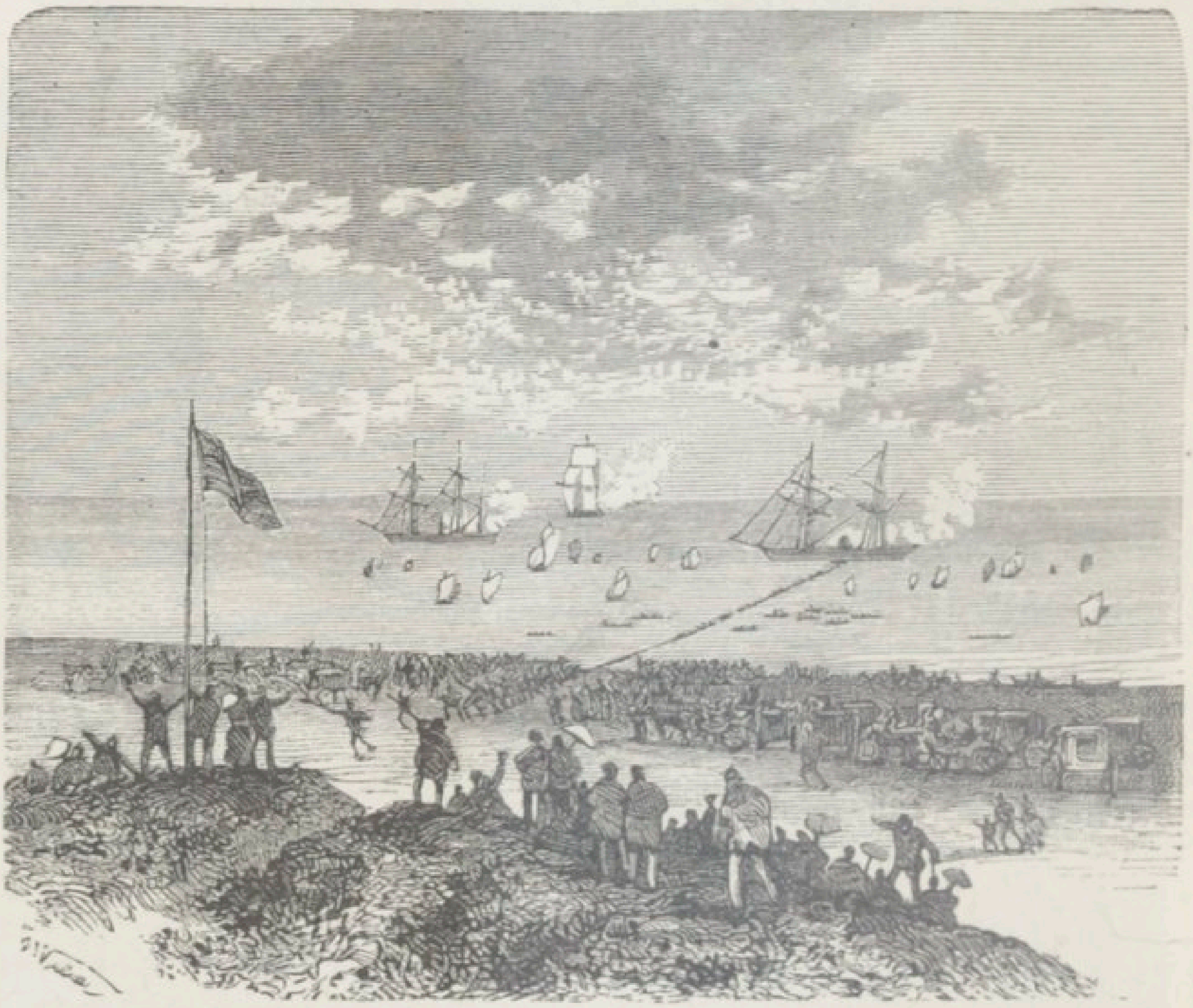


Fig. 108.

fond. Cette méthode, qui permet de faire flotter un câble pesant et de l'amener à la côte par les plus mauvais temps, paraît avoir des avantages réels sur l'ancienne méthode d'atterrissement au moyen de nombreuses barques. En outre, il n'est pas besoin, dans ce cas, de connaître exactement la distance qui sépare le navire de la côte; puisque tout le câble nécessaire est posé aussitôt que la première barrique touche la plage. La figure 109 donne l'ensemble de l'opération, et la figure 110 détaille la position du câble flotté et celle de sa descente sur le fond quand on a tranché, au point *a*, le cordage qui le fixait au flotteur.

Durant la pose de la section de Chorillos à Mollendo, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, le câble côtier a pu être atterri au moyen de la traction d'une locomotive. Au lieu de ramener la haussière à bord, on l'a d'abord passée autour d'une poulie fixée à la plage, puis derrière une locomotive longeant une voie parallèle à la côte, à la station de Mollendo. Il était

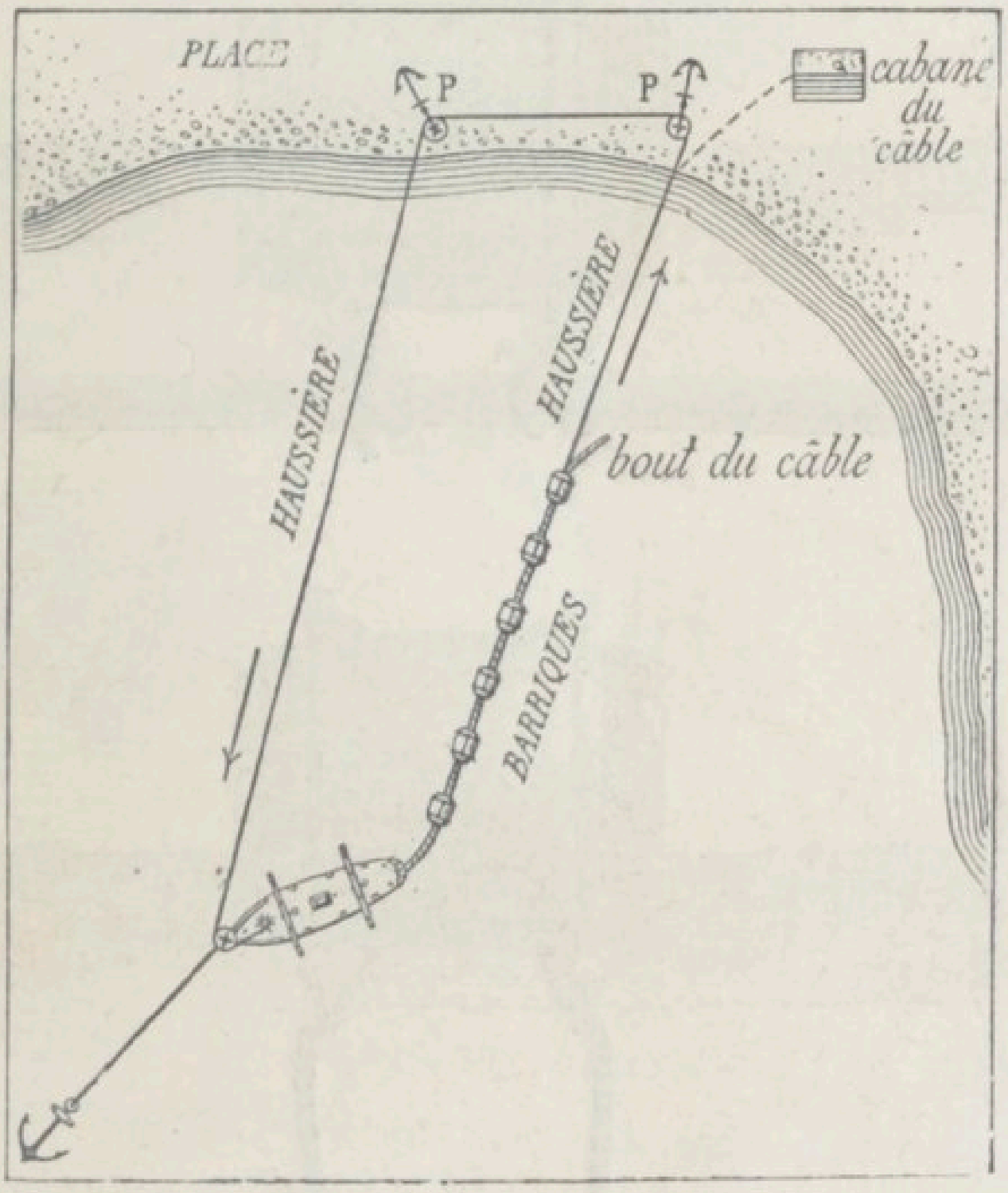


Fig. 109.

impossible d'opérer autrement ; la baie de Mollendo est absolument pleine de récifs, au milieu desquels il eût été impossible de manœuvrer des barques. Il fut même difficile d'atterrir un cordage au moyen des « balsa », petits radeaux formés de deux outres en peau de bœuf et montés par des indigènes entièrement nus. Toutes les opérations d'atterrissement faites sur la côte sud-ouest de l'Amérique l'ont été au moyen de ce système (fig. 111).

Les accidents auxquels sont exposés les câbles submergés sont très nombreux. Il semble, au premier abord, qu'un câble

qui repose au fond de la mer, doit être à l'abri de toute vicissitude et n'est assujetti à aucune cause de détérioration. Il n'en est malheureusement pas ainsi ; car, outre les dangers inhérents à un vice de construction, l'énumération des ennemis des câbles sous-marins fournit une liste beaucoup trop longue.

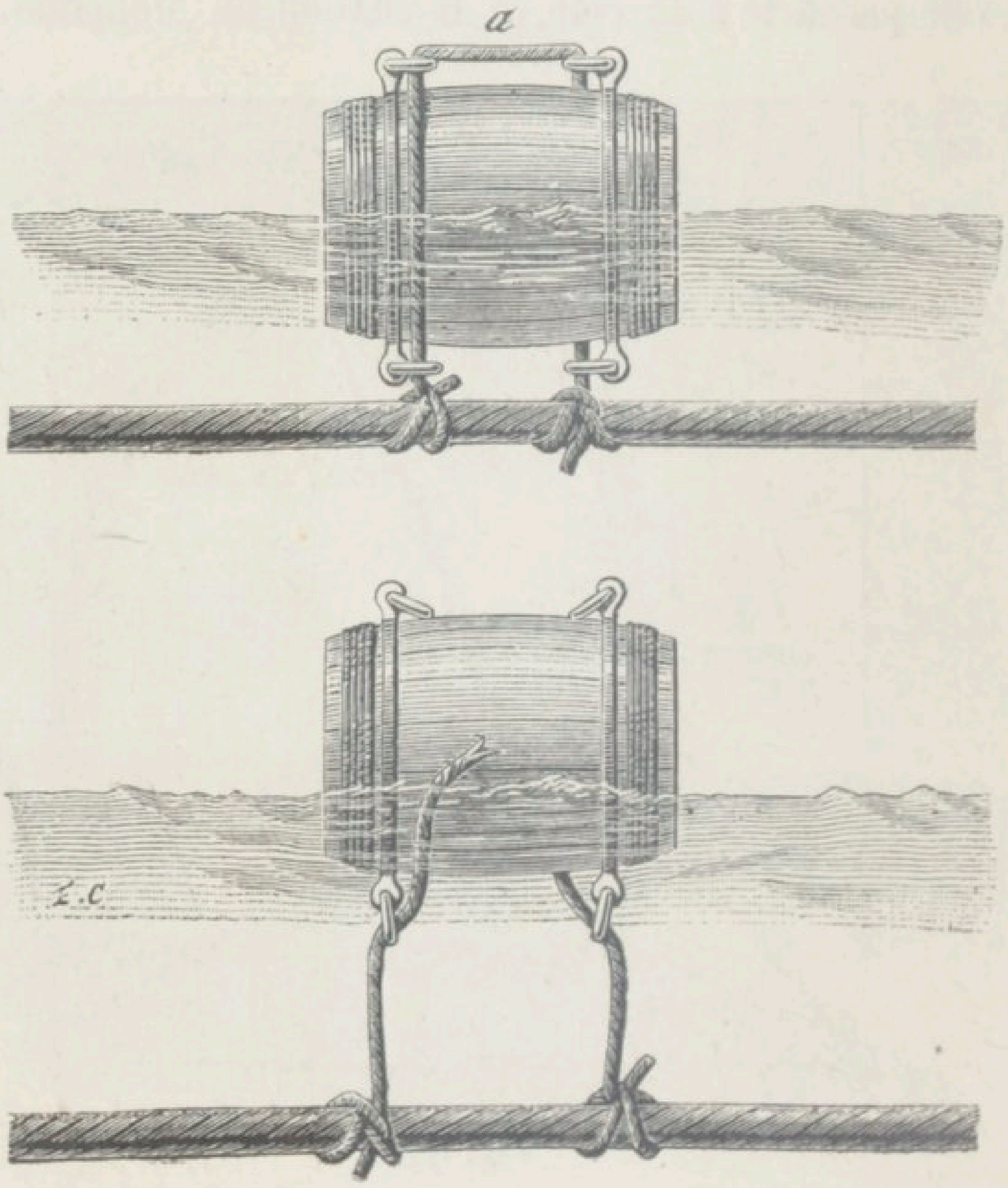


Fig. 110.

On peut classer comme suit les causes accidentelles destructrices des câbles :

Causes physiques. — Bancs de glace. Frottement et usure sur la roche. Bancs de corail. Tremblements de terre et éboulements sous-marins. Température surélevée sur les côtes des tropiques.

Animaux destructeurs. — Teredo, Limnoria, Xylophaga, Requins, Scies, Baleines.

Causes mécaniques accidentelles. — Ancres et engins de pêche.

Il convient d'examiner l'un après l'autre chacun de ces agents de destruction.

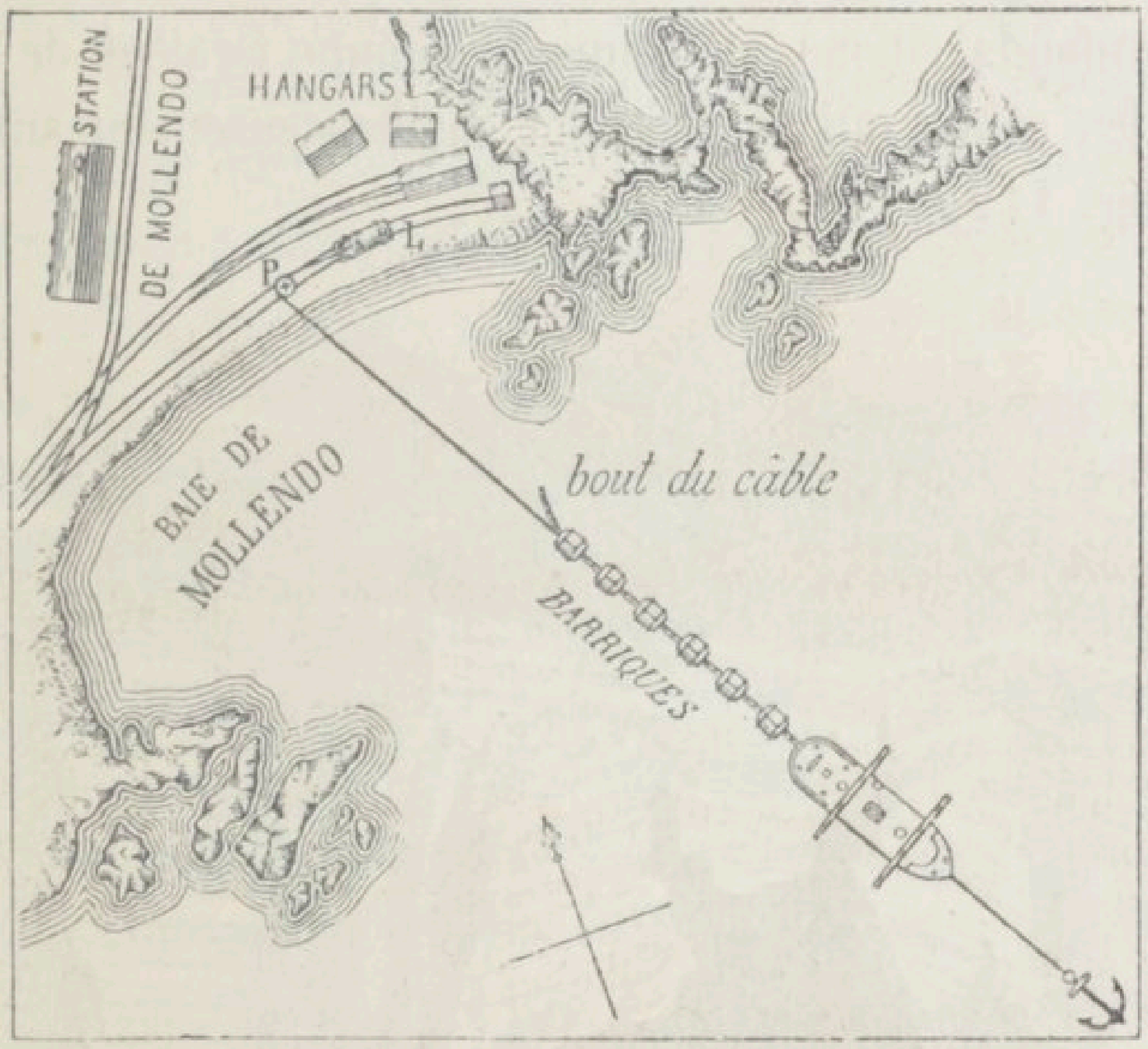


Fig. 111.

Causes physiques. — *Bancs de glace.* — Les câbles de l'Atlantique qui se rapprochent le plus du pôle Nord sont évidemment exposés, plus que les autres, à être détruits ou tout au moins endommagés par les icebergs. Dans ces parages, la hauteur des bancs de glace dépasse toujours considérablement la ligne de flottaison, et, dans ce cas, le glaçon se développe sous l'eau à une profondeur parfois considérable.

La profondeur d'immersion serait, en effet, à peu près double de la hauteur du banc flottant au-dessus de l'eau, si la glace était pure de tout mélange; mais, des sables et des quartiers de roche s'y mêlent souvent et rendent la densité de la partie submergée bien supérieure à celle de la partie visible. Un banc de glace s'élevant de 100 mètres au-dessus de l'eau peut donc atteindre à 5 ou 600 mètres de profondeur. Il en résulte un danger terrible pour les câbles du nord de l'Atlantique. Les

parties inférieures des bancs de glace, sous l'influence de la marche et d'un dégel qui s'accentue à mesure qu'ils avancent vers le sud, finissent par ne plus présenter que des arêtes vives sous l'eau. Ces arêtes, en râclant le fond de la mer, y labourent de profonds sillons et coupent, comme feraient de fortes cisailles, les câbles qui se trouvent malheureusement sur leur chemin (fig. 112).

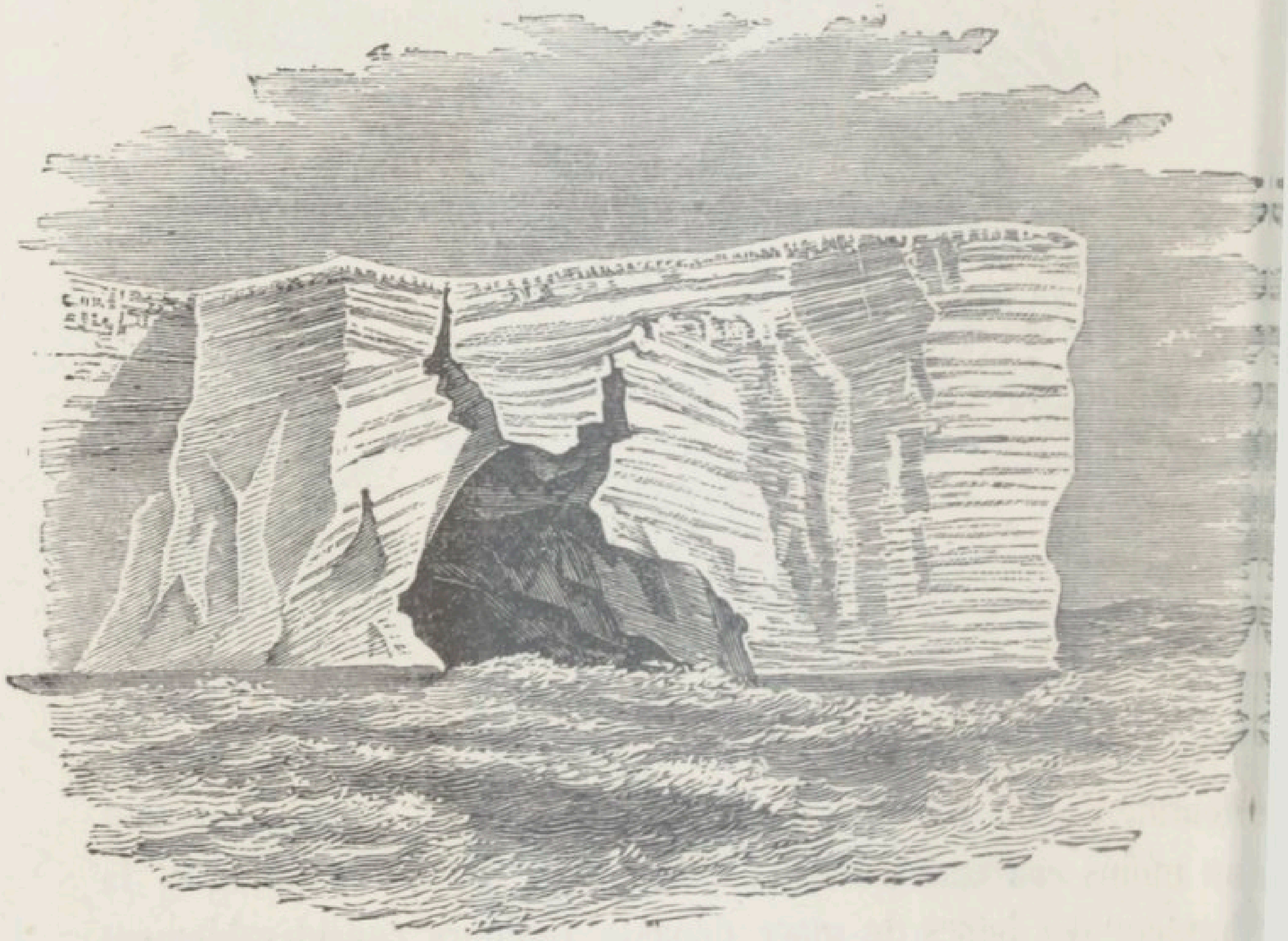


Fig. 112.

Frottement et usure sur la roche. — Il arrive souvent, surtout dans le voisinage des côtes, que les fonds subissent de brusques ressauts qui empêchent le câble de reposer uniformément sur le fond. Il en résulte alors un ballant, dont l'une des extrémités reposant sur un rocher, subit tout l'effort du poids de la partie de câble non appuyée. Un mouvement de va-et-vient continu, provenant de l'agitation de la mer, détermine l'usure graduelle, quoique lente, des fils extérieurs d'abord.

Cette force extérieure du fourreau venant à manquer, les fils conducteurs finissent par céder et rompre, ou bien, l'usure continuant jusqu'à l'âme du câble, le conducteur est mis à nu, fait terre et interrompt les communications.

Toutes les fois que les câbles côtiers atterrissent au milieu des rochers, il convient de les y fixer au moyen de crampons. Lorsqu'une plage offre des aspérités rocheuses trop nombreuses, on emploie avec avantage des tuyaux en fonte divisés en deux parties demi-cylindriques, qui entourent le câble et s'emboîtent de manière à le préserver de tout accident.

Bancs de corail. — Les excroissances sous-marines sont un danger permanent pour les câbles, dans certaines mers. Les côtes d'Afrique, la mer Rouge et les mers d'Australie, par exemple, contiennent des fonds tellement parsemés de bancs de corail qu'il est difficile, sinon impossible, de les éviter.

Tremblements de terre. Éboulements sous-marins. — Les interruptions dues à ces causes sont heureusement très-rares. Toutefois le câble de Cagliari à Malte, qui passait entre la Sicile et l'île de Pantellaria, fut soudainement interrompu à deux reprises en 1858, dans le voisinage de l'île Maretimo, par suite d'éruptions sous-marines. On sait qu'une île a autrefois surgi dans ces parages et a disparu depuis sans laisser aucune trace.

Il s'est produit en 1873, sur le câble du *Direct Spanish*, reliant l'Espagne à l'Angleterre, un éboulement sous-marin, dû sans doute à une action volcanique, qui a suspendu les communications pendant plusieurs semaines. Lors des réparations on reconnut que la partie du câble comprise sous l'éboulement embrassait une longueur de plusieurs milles qu'il fallut sacrifier. Le choix d'une nouvelle route est indispensable dans ces cas, et généralement, plus les fonds sont grands, moins ils offrent de chances aléatoires.

Température surélevée sur les côtes des Tropiques. — La température des câbles est en général surélevée à la côte et dans les bas-fonds. Il en résulte que les câbles côtiers des mers très

chaudes ne devraient jamais être construits avec âme en gutta-percha. Cette matière devenant plastique à 30 degrés centigrades (température qui se rencontre parfois aux Antilles et dans les mers indiennes), l'âme d'un câble en gutta-percha peut y subir des déformations pouvant amener, tout au moins, un grand affaiblissement du diélectrique. Le caoutchouc résiste à la chaleur dans des proportions bien plus élevées que la gutta-percha, et offre d'ailleurs un isolement bien supérieur.

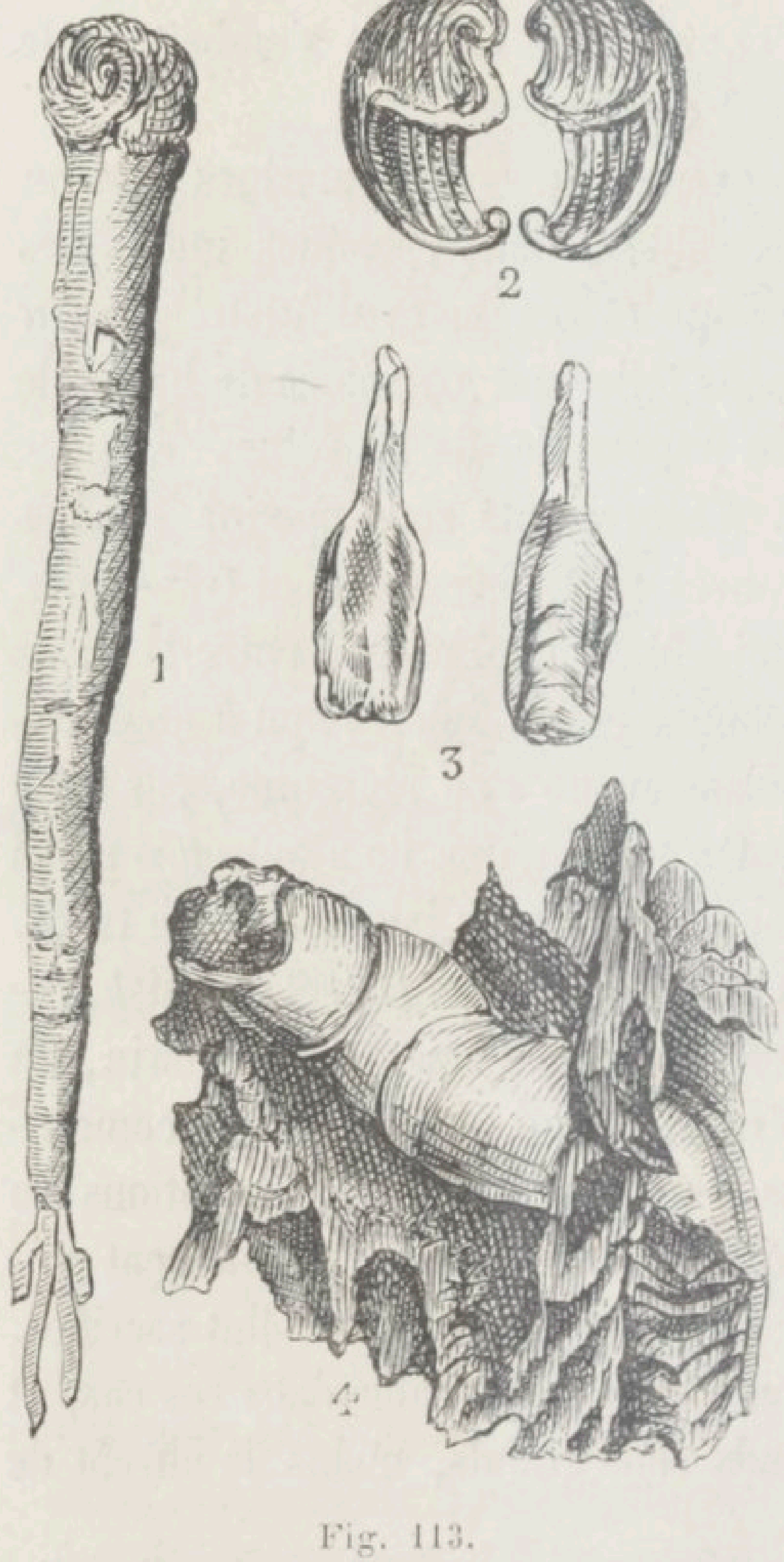


Fig. 113.

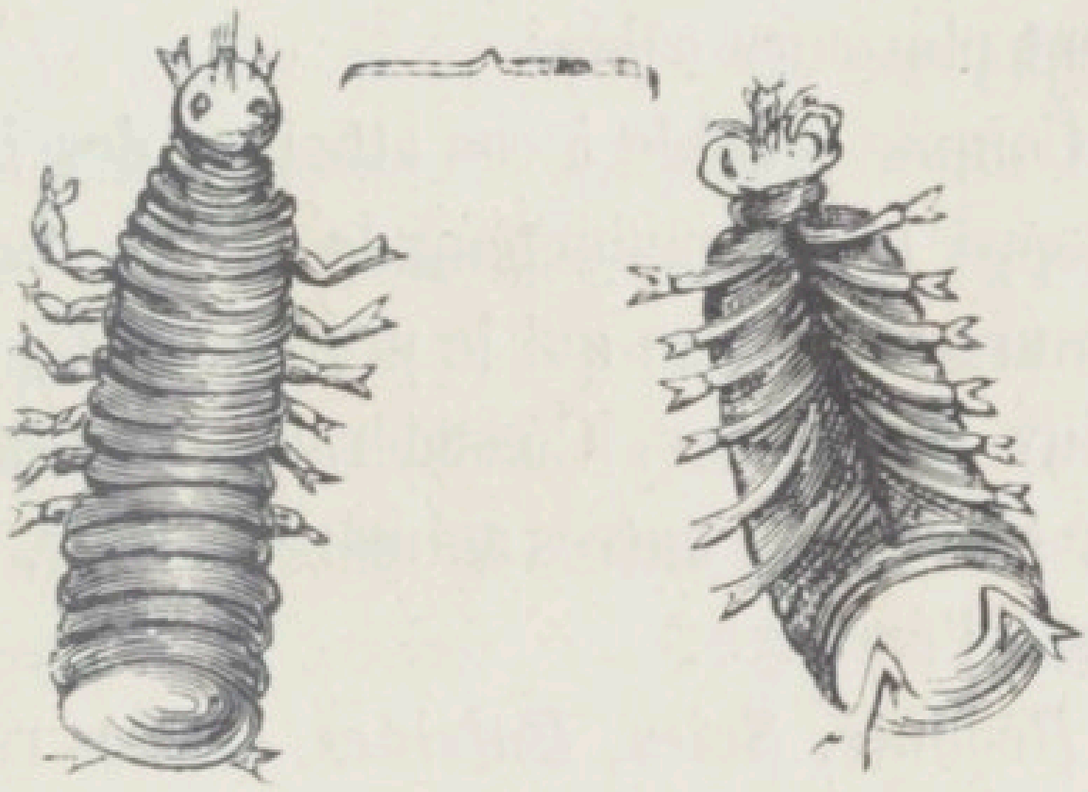
ANIMAUX DESTRUCTEURS. — *Teredo navalis ; Xylophaga ; Limnoria lignorum.* — Parmi les animaux sous-marins qui exercent leurs ravages sur les câbles, aucun n'est plus redoutable que les espèces variées de vers ou de petits crustacés qui s'attaquent aux câbles dans toutes les mers du globe.

Le *teredo navalis* et son congénère le *xylophaga*, que le professeur Huxley découvrit pour la première fois en 1860, dans un des câbles du Levant, se loge dans le câble et pénètre même dans la gutta-percha, partout où les fils de l'armature extérieure lui livrent un passage suffisant.

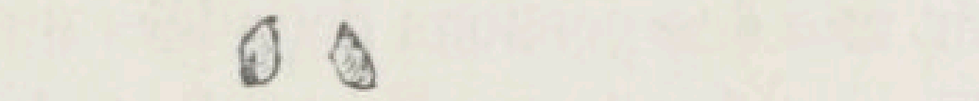
Le *teredo* est un ver qui se construit un abri en forme de tube, en sécrétant des matières calcaires, tandis que le *xylophaga* s'en distingue par sa forme bivalve. Le *xylophaga* ne pénètre pas profondément dans la gutta-percha, mais il y loge en plein l'une de ses valves. Sur des fils de petite dimension, la gutta-percha peut, de la sorte, être suffisamment entamée pour qu'une perte considérable du courant en résulte (fig. 113).

Le *teredo* et le *xylophaga* ont été rencontrés sur les câbles de la Méditerranée, dans l'Atlantique, et même dans les mers du Nord Il en existe certainement plusieurs espèces qui n'ont pas été, jusqu'ici, complétement étudiées au point de vue des ravages qu'elles exercent sur les fils sous-marins.

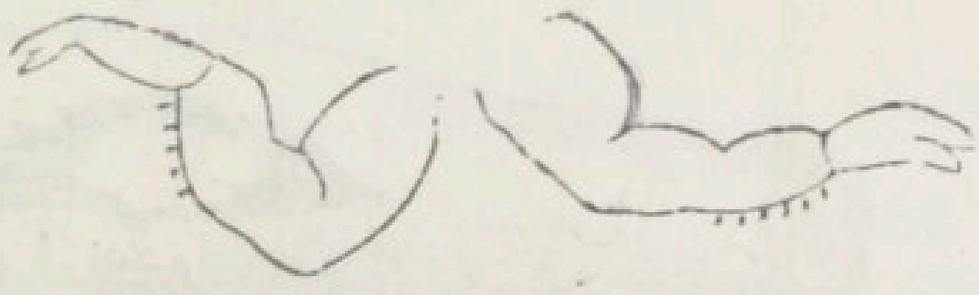
LIMNORIA
Vue agrandie.



Dessus. Dessous.



GRAND. NAT.



Pattes vues au microscope.

Fig. 114.

Le *teredo norvegica* (fig. 113) est un ver de dimensions considérables, armé à la tête de deux valves en forme de coquilles, qui lui permettent de ronger le bois le plus dur. Ce ver appartient au genre des mollusques acéphales, et les naturalistes n'en comptent pas moins de vingt-quatre espèces différentes.

Le *limnoria lignorum*, appelé encore *limnoria terebrans* par le Dr Carpenter, est un petit crustacé de la grosseur d'une fourmi (fig. 114) (1), ce qui lui permet de pénétrer par les interstices

(1) Les figures 113 et 114 sont empruntées au *Journal of Telegraph En-*

des fils de l'armature du meilleur câble jusqu'à l'âme, à travers laquelle il chemine sans montrer, comme le *teredo*, aucun dégoût pour la gutta-percha. Dans les mers de l'Inde et le golfe Persique, le *limnoria* atteint de plus fortes proportions et produit des orifices d'un diamètre considérable. On le rencontre fréquemment dans les parages de l'Irlande, où il a endommagé sérieusement plusieurs câbles.

Comme remède à ces attaques des insectes marins, on a enveloppé le fil conducteur de câbles récemment construits d'une armure intérieure qui le protège aussi contre de plus gros animaux de la mer. Considérant les nombreuses fautes produites par les vers et autres animaux marins, ce système méritait d'être mis à l'épreuve.

Requins, Scies, Baleines. — Les requins ont attaqué le câble de la Floride et y ont laissé des traces de leurs morsures. Même accident s'est produit sur un des câbles de la côte chinoise et sur une des portions dénudées du câble de Malte à Alexandrie. Dans ce dernier cas, une dent de requin était restée fixée dans la gutta-percha mordue.

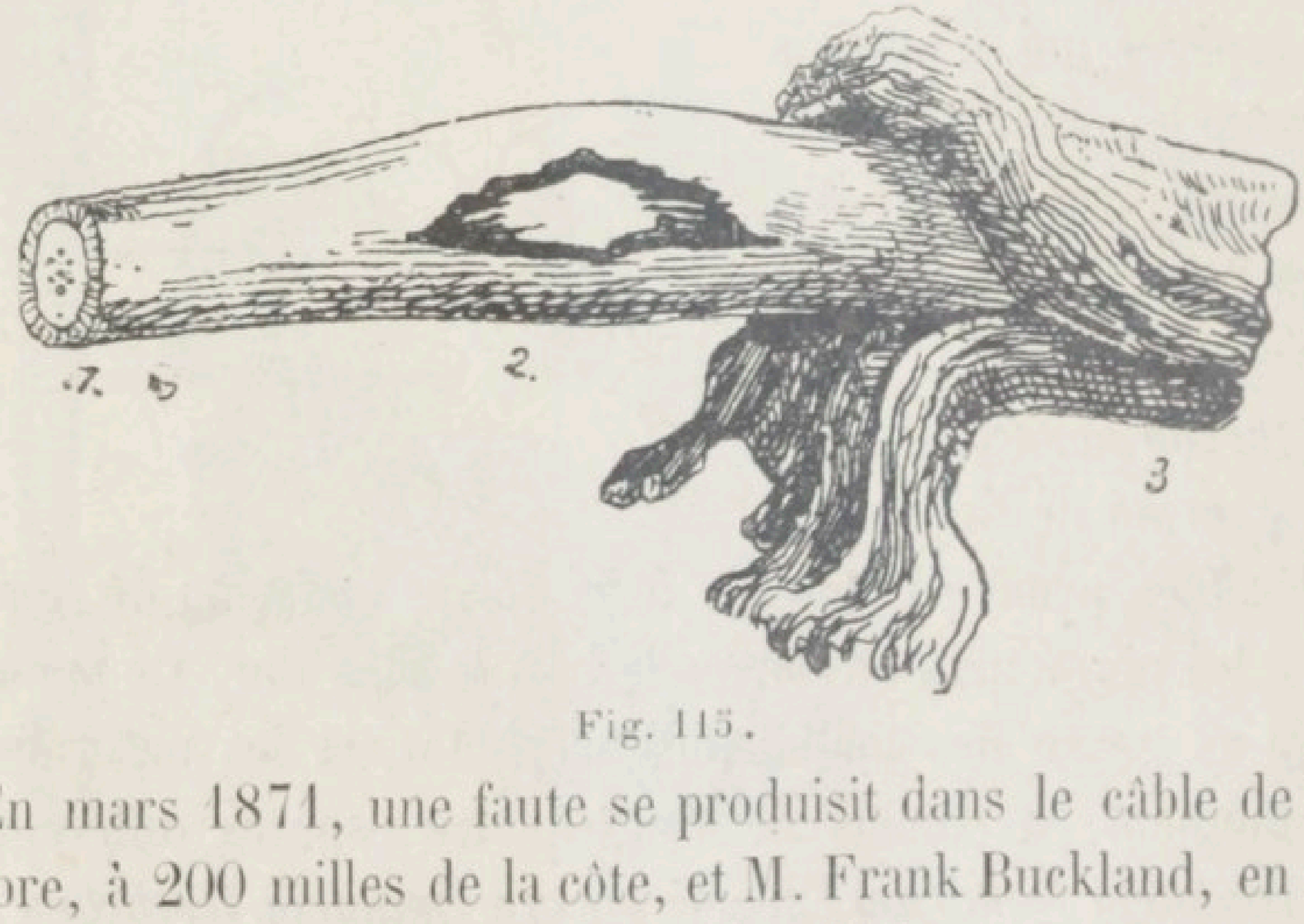


Fig. 115.

En mars 1871, une faute se produisit dans le câble de Singapore, à 200 milles de la côte, et M. Frank Buckland, en examinant le morceau fautif relevé (fig. 115) y trouva un os qu'il

gineers qui les a publiées avec un article de M. G.-E. Preece, intitulé : *Cable Borers*.

reconnut bientôt comme ayant appartenu à un espadon (*Pristis antiquorum.*)

Le câble de Para à Demerara a été, à plusieurs reprises et en différents endroits; attaqué par les espadons. Ces accidents se sont presque toujours produits dans les mêmes parages, et à des distances de 130 à 140 milles de Para. Il paraît que ces squales ont l'habitude de fouiller les fonds de la mer, avec leur appendice, pour y chercher de la nourriture. Il est probable que leur scie s'engage parfois dans les interstices du câble, et dans les efforts qu'ils font pour se dégager, le fil conducteur peut être meurtri fatalement, comme l'indique la figure 115. Il est notoire que la côte brésilienne abonde en poissons de cette nature, attirés par la chasse à la baleine, qu'ils poursuivent et attaquent avec activité.

Baleines. — Cet énorme cétacé a causé lui-même un accident mémorable à un des câbles du golfe Persique. Une fois déjà, lors de la pose du premier câble de l'Atlantique, en 1859, une baleine avait failli rompre le câble en passant à l'arrière du *Niagara* pendant la pose. L'accident arrivé au câble de Gwadur à Kurrachee est d'une nature si extraordinaire, qu'il est essentiel, dans ce cas, de citer la source officielle.

M. Izaak Walton, superintendant des télégraphes du Mekran et du golfe Persique, rapporte ce qui suit au gouvernement de Bombay : « Le câble de Kurrachee à Gwadur, long d'environ 300 milles, fut soudainement interrompu dans la soirée du 4 courant (1). Le vapeur télégraphique *l'Amberwitch*, commandant Bishop, avec le personnel des ingénieurs et électriciens, sous les ordres de M. Henry C. Mance, partit le jour suivant pour réparer le dommage, qu'on avait placé à 116 milles de Kurrachee, à la suite des expériences faites aux deux extrémités.

» L'*Amberwitch* arriva en ce lieu à deux heures du soir du 6. La mer était forte et un épais brouillard régnait en ce moment,

(1) 4 juillet 1872.

mais le câble put néanmoins être accroché à un quart de mille de la rupture.

» Les sondages opérés sur le lieu même de cette fracture étaient très irréguliers et indiquaient un ressaut de 70 à 80 brasses. En relevant le câble, on éprouva une résistance insolite, comme si le fil avait accroché une roche, mais en persévérant pendant quelque temps, le corps d'une énorme baleine entortillé dans le cable, fut amené à la surface, où l'on s'aperçut qu'elle était solidement fixée au câble par deux tours et demi, pris immédiatement au-dessus de la queue. Des requins et d'autres poissons avaient en partie dévoré la carcasse, qui se décomposait rapidement, au point que la mâchoire se détacha en arrivant à fleur d'eau. La queue, dont les dimensions avaient 12 pieds de large, était parfaitement conservée et recouverte de nombreux coquillages à ses extrémités. Apparemment, la baleine avait dû se servir du câble comme d'un grattoir pour se débarrasser des parasites qui tracassent toujours les cétacés, et le fil pendant en une boucle énorme au-dessus d'un précipice sous-marin, l'animal avait pu, d'un coup de sa queue, briser à la fois le câble et l'enrouler plusieurs fois du même coup autour de son corps de façon à en être étouffé. »

Il n'y a évidemment aucun remède contre des accidents aussi extraordinaires, mais celui du golfe Persique démontre une fois de plus combien il est important d'éviter les ressauts de fond, avoisinant les côtes, par une étude complète du profil sous-marin.

Causes mécaniques accidentelles — *Ancres et engins de pêche.* — Il est toujours aisé d'éviter les ancrages dans le parcours côtier des câbles, et ce n'est qu'assez rarement que ces fils ont été relevés par les ancres des navires (1). Les capitaines savent en général ce qu'ils ont à faire en pareil cas, et soulagent promptement les câbles ainsi amenés à la surface. Les câbles de

(1) Les parages de la Manche font exception à cette règle.

la Manche sont particulièrement exposés à être accrochés et brisés par des ancres. Il arrive fréquemment, par les gros temps, que les navires chassent sur leur ancre, afin de n'être pas jetés à la côte. S'ils se trouvent dans le voisinage des fils télégraphiques (et ils sont nombreux dans la Manche), on comprend le risque auquel ceux-ci sont exposés. Dans la nuit mémorable du 2 janvier 1856, où le paquebot belge *la Violette* fit naufrage sur les *Goodwin Sands* et où tant d'autres navires périrent corps et biens, un navire à voile, chassant sur ses ancres, accrocha successivement les câbles de Douvres à Ostende et de Douvres à Calais, détruisant, dans la même nuit, les deux seules communications existant alors entre l'Angleterre et le continent.

Les engins de pêcheur, surtout ceux des corailleurs, offrent un danger réel pour les câbles légers. La pêche du corail s'exerce jusqu'à des profondeurs de 200 mètres. Au delà de cette limite, on pose généralement les câbles de petit diamètre désignés sous le nom de câbles des grands fonds. Les bateaux corailleurs sont toujours munis de cabestans ou de treuils puissants, et leurs filets ou dragues, composés de faubers fortement enlacés, peuvent s'engager et s'enrouler autour d'un câble de façon à le saisir. On peut dès lors l'amener à la surface sans trop d'efforts, surtout s'il n'est pas très tendu sur le fond. Les ruptures dues aux corailleurs ont été fréquentes sur les côtes d'Algérie. Il existe des instructions officielles tendant à empêcher la recherche du corail dans certains parages, mais la surveillance des côtes n'est plus aussi active qu'autrefois et les corailleurs omettent souvent de se conformer aux prescriptions édictées par l'autorité maritime.

Réparations.— La restauration des câbles sous-marins comporte de nombreuses opérations bien plus compliquées que la submersion. En général, on considère comme à jamais perdus les objets qui sont tombés au fond de la mer, à de grandes distances des terres, et cependant lorsqu'une interruption se produit maintenant dans un des câbles de la Manche, de la Méditerranée, de la mer Rouge, ou même de l'Atlantique, il se passe

à peine une semaine ou deux qu'ils sont déjà réparés, et la nouvelle en parvient au public sans qu'il éprouve la moindre surprise.

On connaît à peine les opérations au moyen desquelles on recherche et répare ces cordages légers reposant au fond de la mer, parfois à des profondeurs considérables. On accepte simplement les résultats sans y attacher aucune importance, bien que la submersion des mêmes câbles ait toujours été considérée comme un exploit important. Il y a plus, les systèmes employés pour réparer les câbles sont si peu connus que beaucoup d'ingénieurs et de télégraphistes en ignorent eux-mêmes les premiers éléments. Et pourtant ces opérations se renouvellent fréquemment.

Le premier câble qu'on ait essayé de réparer appartenait à l'*Electric and International Telegraph Company* et reliait l'Angleterre à la Haye. L'ingénieur de cette compagnie, M. F.-C. Webb, entreprit cette réparation en 1853 et continua dans d'autres circonstances. Les règles qu'il a dès lors établies ont conduit au système adopté généralement depuis, sans grandes modifications.

L'armement d'un navire chargé de ces opérations comprend à la fois les machines de pose et de relèvement, les deux opérations devant souvent être effectuées l'une après l'autre. Nous n'avons à décrire que les apparaux nécessaires au relèvement. Sur le gaillard d'avant, on fixe solidement deux grandes poutres en bois ou en fer, s'avançant au-dessus du bossoir, dans lesquelles s'enchâsse une large poulie de $0^m.65$ à $0^m.95$ de diamètre et de $0^m.20$ à $0^m.30$ de large. Cette poulie contient une gorge profonde en forme de V. A ses côtés sont fixées des joues en fonte, boulonnées aux poutres, destinées à empêcher les cordages ou câbles qui passent dans la poulie de glisser au dehors lorsque leur direction hors du navire forme un angle trop prononcé avec la ligne des mêmes cordages à l'intérieur du navire. Cette poulie est désignée sous le terme de *poulie d'avant*. On emploie aussi trois de ces poulies juxtaposées dans l'intérieur des guides ou joues en fonte.

Une machine appelée *machine de relèvement* (1) (fig. 116) est fixée à l'avant du navire et mise en mouvement par une ma-

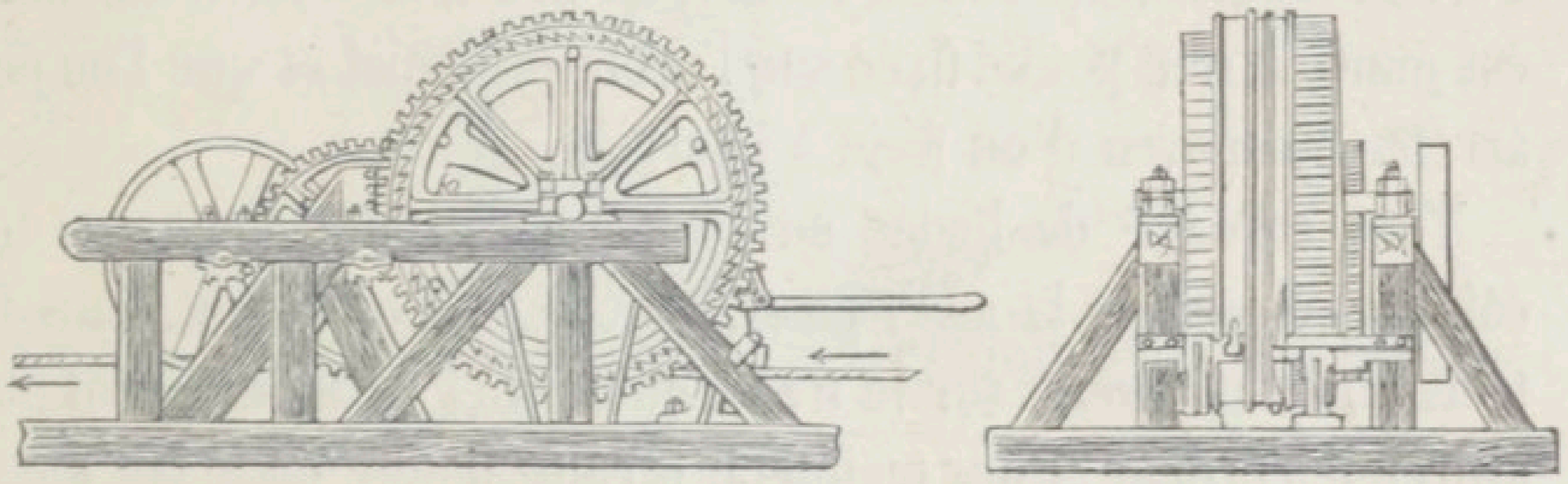


Fig. 116.

chine à vapeur de 10, 15 ou 20 chevaux, suivant le besoin. Cette machine consiste en un treuil, avec large tambour en fonte de 2 mètres à 2m.25 de diamètre et offrant une surface de 0m 22 à 0m.38 de bande, avec trois cloisons profondes qui divisent cette surface en deux partitions dont l'une, d'environ le quart de la largeur totale, sert à placer la courroie d'un frein, tandis que l'autre partition reçoit les 3, 4 ou 5 tours de câble ou de cordage qu'il s'agit de ramener à bord. Ce grand treuil est fixé sur un arbre de 0m.18 de diamètre, sur lequel s'adapte aussi une roue de champ s'engrenant dans une série d'autres roues dentées ou de roues et de courroies mises en mouvement par la machine d'entraînement. Parfois cette roue dentée principale est séparée du tambour; dans d'autres cas, elle est boulonnée au tambour, et parfois aussi les dents se trouvent sur la surface interne ou externe du tambour. C'est le cas de notre dessin, qui représente la machine que M. Webb avait installée à bord du *Monarch*. Souvent l'arbre du treuil est soutenu par des portées fixées toutes les deux sur le même côté du tambour, de façon que les tours de câble à prendre autour du treuil puissent être enroulés ou

(1) Cette figure est empruntée à un travail de M. Webb, publié en 1858, par l'*Institution of Civil Engineers de Londres*. Nous ne la reproduisons qu'au point de vue historique; les machines de relèvement actuelles diffèrent complètement de ce modèle, bien que leur action soit la même.

déroulés sans avoir à passer le bout ou à couper le câble, ce qui est un grand avantage. Dans certains cas, le tambour est muni d'un rochet permettant d'engrener ou de désengrener à volonté. Parfois encore cette roue à rochet, au lieu d'être fixée au cadre, est jointe à une poulie fixée sur l'arbre principal et que l'on peut arrêter au moyen d'un frein à courroie.

Tout cordage de bouée ou de grappin, toute chaîne ou tout câble à relever de la mer, passe sur la poulie d'avant, puis fait trois ou quatre tours sur le treuil qu'on met en mouvement pour attirer le cordage. Pour maintenir le câble tendu, on le fait passer dans une poulie à gorge profonde appelée *poulie de retrait*, ayant $0^m.65$ à $0^m.90$ de diamètre et placée à l'arrière du tambour. Le câble, en sortant du treuil, passe dans la gorge de cette poulie dans laquelle le presse fortement une poulie à jockey chargée de poids. Cette poulie est mise en connexion avec la machinerie de relèvement, et on la fait tourner à la vitesse convenable pour que le câble soit toujours maintenu avec une tension suffisante sur le treuil. Une pièce de fer forgé ou même en fonte, appelée *soc* ou *couteau*, est fixée contre le tambour, juste au-dessus de l'endroit ou le câble y pénètre. Ce soc fait continuellement glisser les tours par côté sur le tambour et les empêche de chevaucher les uns sur les autres, de façon qu'il y a toujours une partie de la surface du treuil prête à recevoir le câble qui s'enroule sur lui. Ce soc est ajustable et, qu'il soit en fer ou en fonte, sa surface est toujours durcie ou recouverte d'acier.

En outre de cette machinerie, il existe à l'arrière une seconde poulie à gorge semblable à celle de l'avant et un tambour avec freins pour la pose des sections de câble. Cette machinerie n'est que la contre-partie de celle de l'avant, et la planche 103, page 201, la fera suffisamment comprendre sans description.

On a autrefois employé avec avantage, et pour de courtes distances, un système au moyen duquel on pouvait filer sous le câble et l'examiner en l'amenant à fleur d'eau sur une poulie mouflée d'environ un mètre de diamètre descendue près de l'avant.

Cette poulie (fig. 117) (1), soutenue par un fort cadre en fer et maintenue éloignée des flancs du navire, pouvait pivoter sur

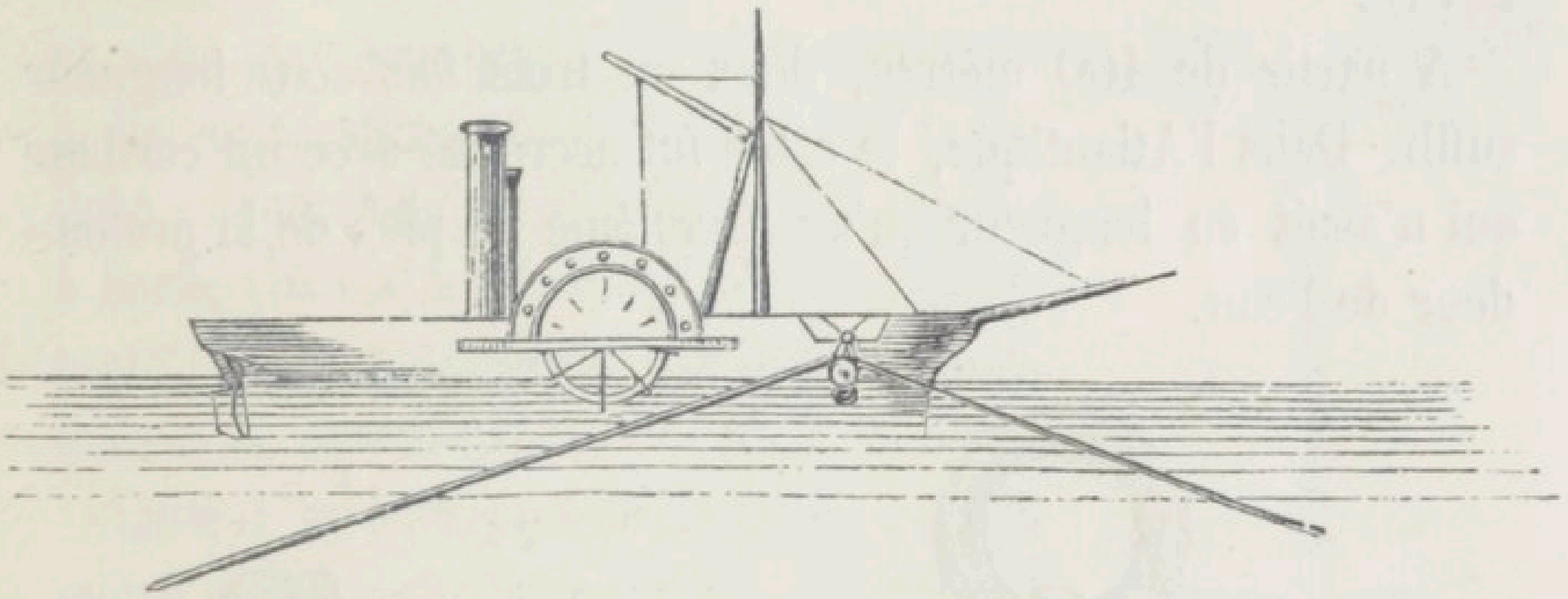


Fig. 117.

un anneau et était, d'ailleurs, maintenue en position par des chaînes. Le câble à visiter, après avoir été relevé au grappin, était passé sur la poulie par un des côtés du cadre qui pouvait s'ouvrir et se refermer, et l'on évitait de la sorte de couper le câble à l'endroit où on l'avait relevé, si cet endroit était peu éloigné de la faute. Le navire, marchant doucement, pouvait ainsi relever successivent chaque portion du câble, le laissant ensuite retomber dans sa position primitive.

Ce procédé ne peut être employé que dans des bas-fonds et là où le câble n'est pas enfoui sous le sable ou accroché à des rochers.

On y a, d'ailleurs, entièrement renoncé, les moyens actuels permettant de déterminer la faute avec précision.

On emploie, pour draguer les câbles, de forts grappins à trois ou quatre griffes (fig. 118), pesant de 15 à 20 kilos. Ils tombent naturellement sur le fond avec deux griffes pour appui. On les fixe à un morceau de chaîne de 20 à 30 brasses au moyen d'un anneau, et la chaîne est elle-même bouclée à un cordage de $0^m.10$, $0^m.15$ ou $0^m.20$ de diamètre, suivant le travail à exécuter. Ce cordage est fréquemment formé de torons de chanvre et de fils d'acier tordus ensemble, pour les très

(1) Figure empruntée au travail de M. Webb, déjà cité.

grands fonds. Dans les petits fonds, on file une longueur de cordage égale à trois ou quatre fois la profondeur d'eau sous le navire.

A partir de 400 mètres, deux ou trois fois cette longueur suffit. Dans l'Atlantique, le câble fut accroché avec un cordage qui n'avait en longueur qu'un cinquième en plus de la profondeur de l'eau.

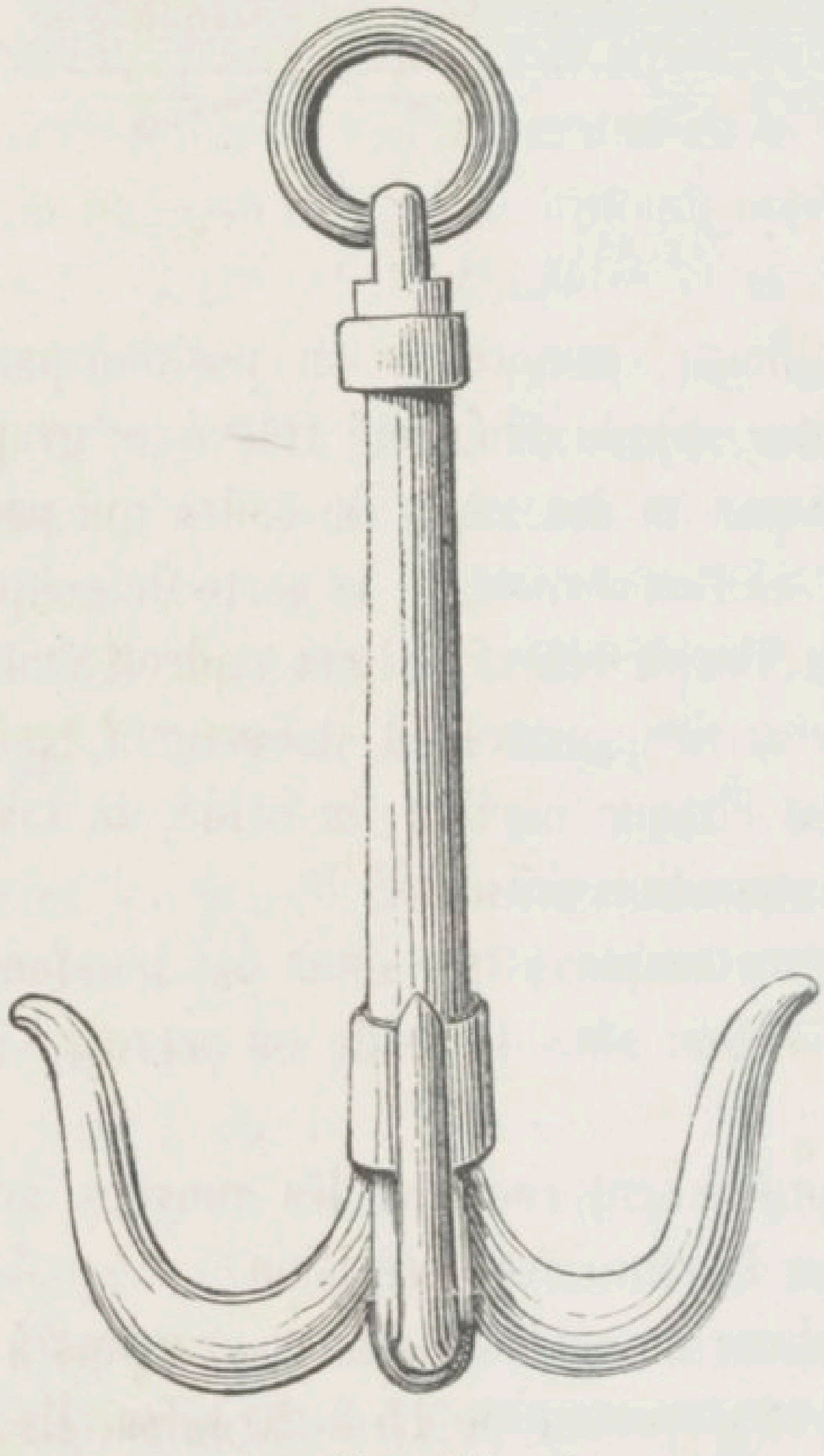


Fig. 118.

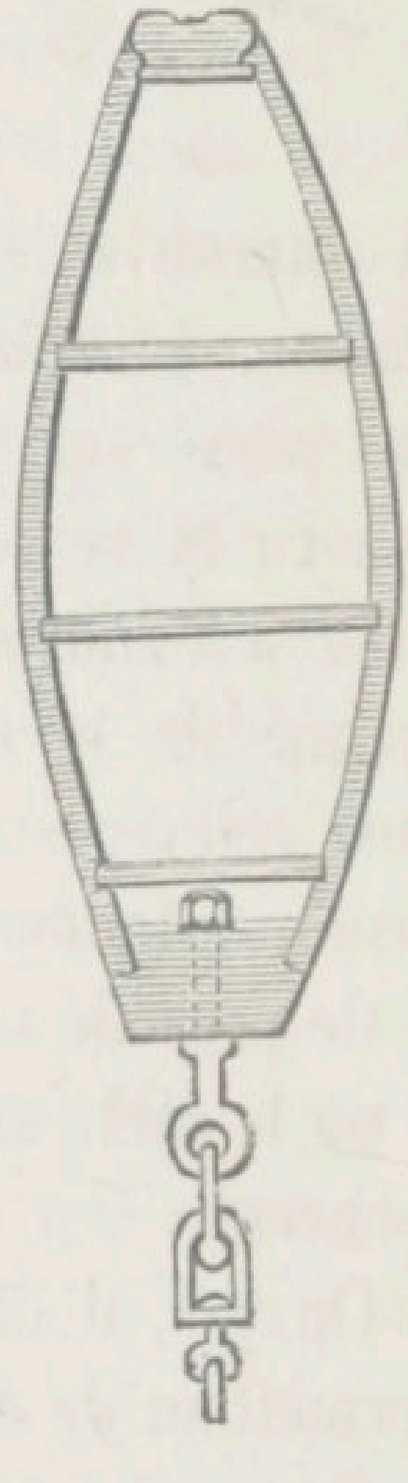


Fig. 119.

On emploie des bouées de deux sortes. Les bouées en baril ou biconiques sont celles qui servent à marquer les extrémités d'un câble brisé (fig. 119). On les amarre à une ancre de touée en forme de champignon (fig. 120). Cette ancre est elle-même attachée au câble par une chaîne. Ainsi, le câble repose entièrement sur le fond et n'est pas soulevé, comme on pourrait le

croire (fig. 121). La bouée est amarrée à une chaîne dans les bas-fonds et à un cordage dans les grands fonds.

Des bouées armées d'un mât (fig. 122) et d'un pavillon que l'on peut distinguer à distance, marquent la place de l'extrémité et sont mouillées auprès des bouées à baril. On les emploie aussi pour indiquer toute localité particulière qui doit être marquée avec précision.

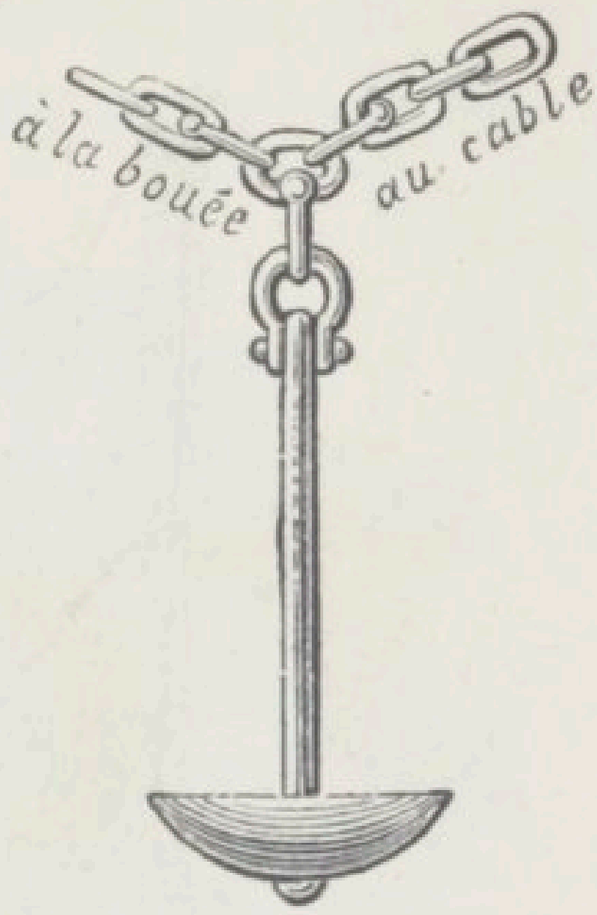


Fig. 120.

Quand on doit réparer un câble, la première opération à faire est de rechercher, par des épreuves électriques, la position exacte de la fracture ou de la faute. Cette opération délicate sera décrite plus loin. La distance et la position de la faute étant reconnues, le navire se dirige sur ce point, qu'il

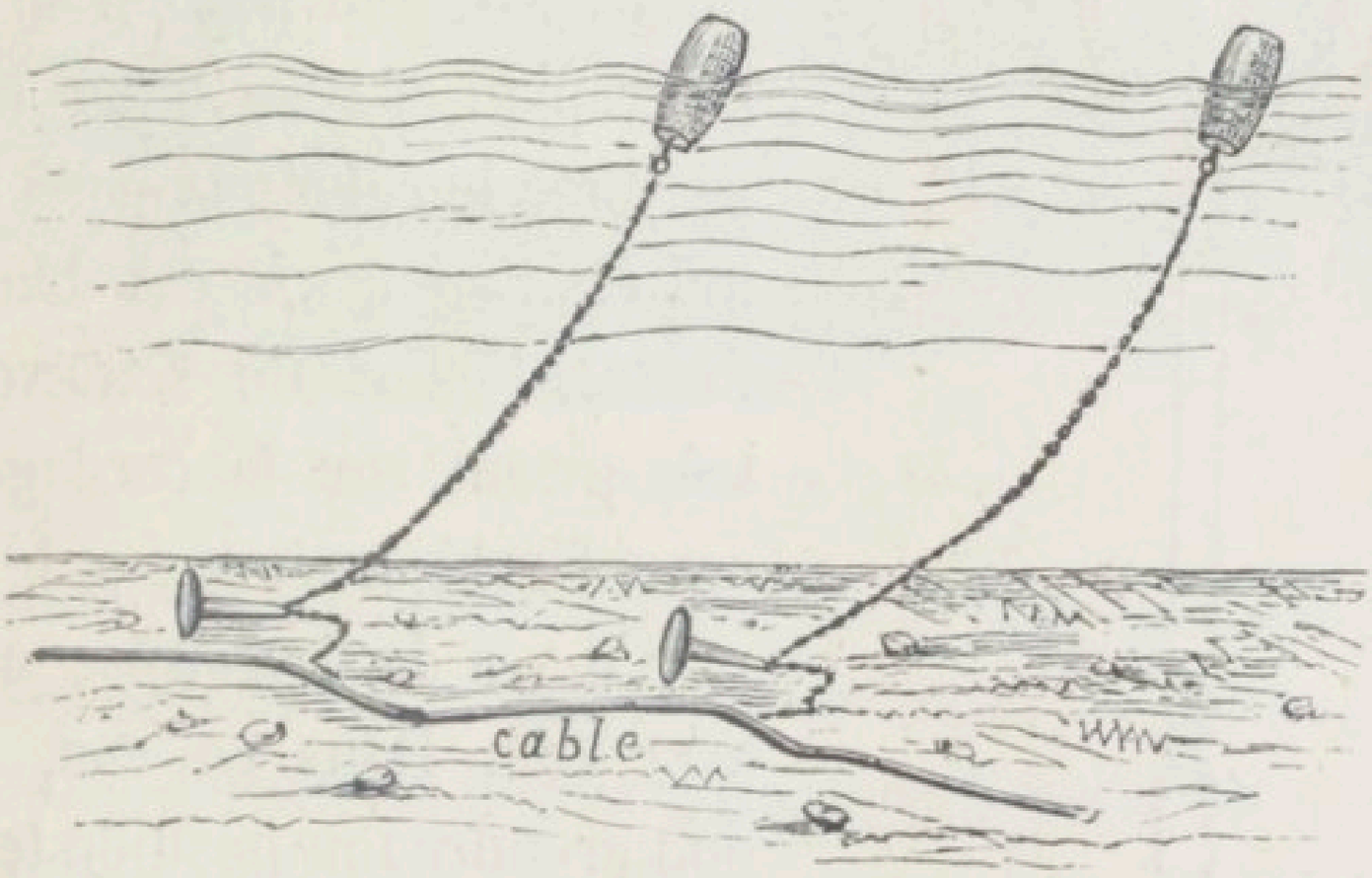


Fig. 121.

détermine au moyen d'angles horizontaux, si la côte est en vue, ou bien en suivant sa course aussi régulièrement que possible et au moyen du loch, à partir d'un point déterminé avec les mêmes angles de la côte, si la faute est située hors de vue de la terre. En pleine mer, il faut avoir recours aux observations nautiques habituelles, en y apportant la plus rigoureuse exactitude. Une fois arrivé sur le lieu présumé de la fracture, on mouille une bouée à pavillon,

comme point de repère des opérations à entreprendre. Puis, le navire mouille le grappin et procède à draguer le câble, s'efforçant de se maintenir à une distance suffisante de la faute pour que, le câble une fois accroché, il reste suffisamment de ballant sur le grappin pour maintenir le câble équilibré, en le relevant, ou encore pour que l'extrémité ne glisse pas avec le grappin sur le fond, sans fournir aucune indication de tension sur le dynamomètre.

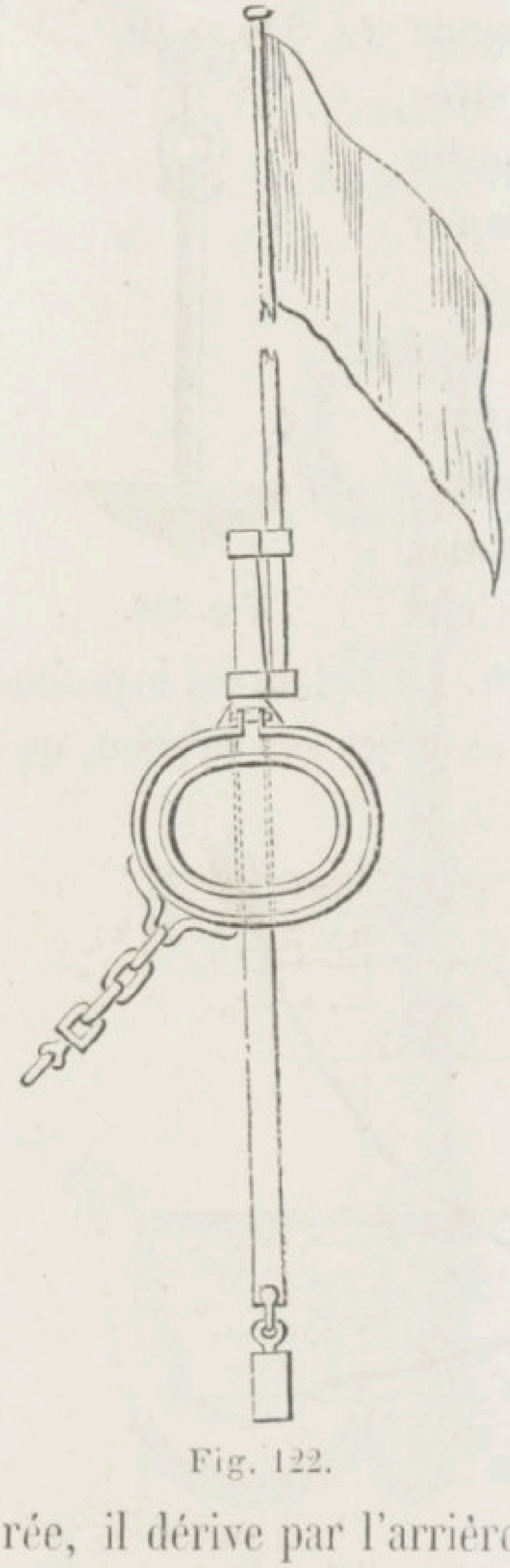


Fig. 122.

Si le grappin accroche loin de l'extrémité brisée, la partie de câble qui va du grappin à cette extrémité ne revient pas sur le fond vers le grappin et résiste par son poids. Si donc le câble est posé tendu (ce qui est toujours le cas dans les bas-fonds), l'effort du soulèvement est très-grand sur le cordage et plus considérable encore sur le câble.

S'il y a de la marée, on drague avec elle. Dans ce cas, le navire doit prendre une position telle, qu'en tenant compte du vent et de la marée, il dérive par l'arrière de façon à accrocher le câble au bon endroit. Un dynamomètre, sous lequel passe le cordage, indique les effets de la tension, et, dès que l'on observe un excès de la tension normale due à la simple friction du grappin sur le fond et au poids du cordage, c'est un indice que l'on a accroché. Si l'on a des présomptions que l'on a rencontré le câble, on fait de suite vapeur en avant pour réagir contre le courant de marée. Dès que la corde du grappin se détend, on

ramène vivement à bord toute la partie qui repose sur le fond, jusqu'à ce qu'elle redevienne tendue et d'aplomb. La machine est alors ralentie de manière à réagir uniquement contre le cou-

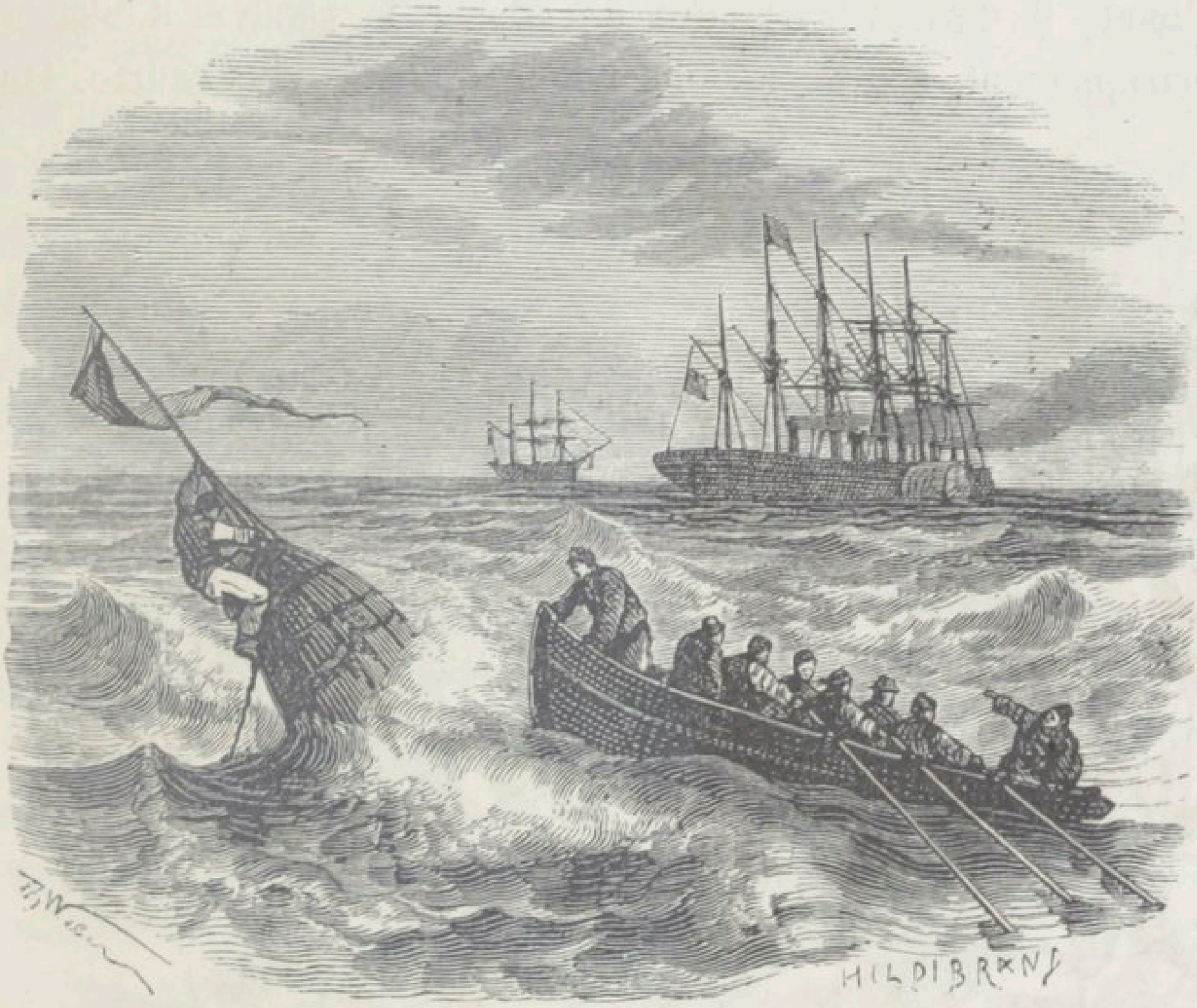


Fig. 123. — Relevage de la bouée.

rant de marée, et c'est alors surtout qu'il faut conduire la manœuvre avec précaution, employant en même temps la barre et les voiles, afin d'éviter la dérive du navire à droite ou à gauche. Trop peu d'aire causerait, toutefois, une tension considérable sur le cordage du grappin et pourrait occasionner la rupture d'un câble léger.

Quand le câble est halé à bord, le degré de tension du cordage suffit pour indiquer si l'extrémité rompue est proche, ce qui détermine les opérations qui doivent suivre. Si ce cordage est très relâché, le ballant peut être amené à bord en manœuvrant avec précaution. Il arrive, toutefois, très rarement que le grappin accroche le câble assez près de la faute pour permettre cette manœuvre. Il est presque toujours impossible, en dra-

guant, de préciser de quel côté de la fracture on accrochera le câble, et lorsqu'on le hale, le relâchement de la ligne de drague peut seul indiquer si la faute est voisine. Si donc il n'y a pas de mou, il devient nécessaire de couper le câble et d'essayer électriquement, afin de reconnaître la partie la plus courte. On

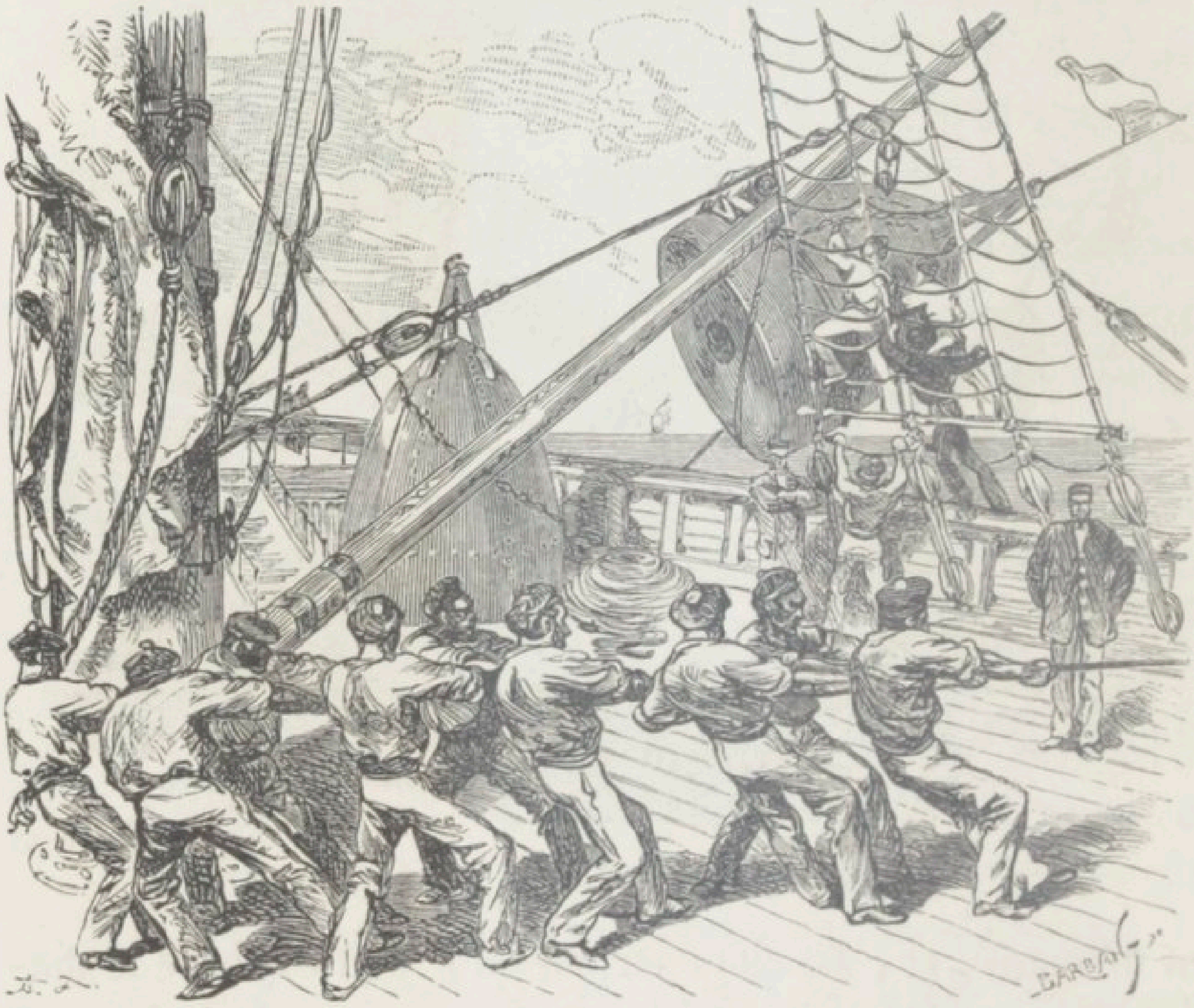


Fig. 124. — Descente de la bouée du câble.

comprendra facilement cette indécision, si l'on songe qu'à l'erreur électrique qui peut se produire en déterminant l'emplacement fautif, peut s'ajouter l'erreur nautique de la détermination de la position de cette faute.

La section du cable, quand il est gros et tendu, est une opération qui exige de grandes précautions afin d'éviter les accidents, surtout si la mer est forte. On attache une chaîne solide au câble, on la tend et on la fixe sur le pont. Une seconde chaîne est également fixée de l'autre côté du grappin et l'on en laisse couler une certaine longueur à la mer, fixant l'autre extrémité

sur le pont. Un homme solidement attaché descend par une des petites échelles en fer fixées aux côtés du bossoir d'avant, et lime successivement chacun des fils du câble jusqu'à ce qu'il devienne suffisamment affaibli pour rompre. La partie attachée à la chaîne molle retombe à la mer tout en restant disponible (fig. 125). Celle qui est fixée à la chaîne tendue est halée à bord au moyen du treuil. Les épreuves électriques font de suite connaître si cette extrémité conduit à la côte ou à la fracture. Si le bout conduit à terre, on communique avec la station, rendant parfois compte des opérations, et faisant au besoin des épreuves électriques tendant à déterminer avec précision la distance qui sépare le navire de la terre. Puis l'extrémité du conducteur est scellée avec soin, afin d'empêcher la pénétration de l'eau dans le câble ; on la mouille ensuite avec l'ancre et la bouée suivant le mode déjà décrit.

La chaîne attachée à la partie courte du câble est ensuite relevée, ainsi que le morceau de fil dont la longueur peut varier d'un quart de mille à cinq milles ou plus. On hale ce morceau à bord au moyen du treuil, prenant soin de diriger le navire de façon à ce que le câble ne subisse qu'une tension horizontale, car autrement il pourrait être endommagé en traînant sur le fond. Lorsqu'on arrive à la fracture, on mouille immédiatement une bouée et une ancre pour marquer la position de l'autre extrémité du câble rompu. Cette seconde extrémité peut, par conséquent, être draguée avec la plus grande précision, et on peut l'amener à bord sans couper le câble, même si on l'a accroché assez loin de la faute pour qu'il soit très tendu. On soude alors un morceau de câble neuf à cette extrémité et on le file à la mer. Si la distance est courte, cette opération peut se faire par la poulie d'avant. Sinon on mouille le câble par l'arrière, le filant jusqu'à ce que l'on ait atteint la première bouée, rattachée à la partie de la ligne aboutissant à terre. Cette bouée est ramenée à bord par l'avant, et l'extrémité du câble est conduite sur l'arrière où les deux bouts sont rejoints, de manière à éviter tout

embarras de cordage ou d'agrès. La jointure finale et l'épissure une fois terminées, on tranche l'attache avec une hache, et le câble reprend sa position au fond de la mer.

Telle est la description sommaire des opérations de réparation, telles qu'on les exécute dans les circonstances les plus favorables.

Les opérations que nous venons de décrire se rapportent principalement aux opérations à faire dans les profondeurs ordinaires. Nous procèderons maintenant à l'examen des moyens qui furent employés pour réparer un des câbles de l'Atlantique, par des fonds de 3 à 4 000 mètres. Ces opérations, accomplies en 1866, afin de retrouver et de compléter le câble perdu en 1865, offrent un intérêt trop grand pour que nous n'en parlions pas ici.

Fig. 125. — Great Eastern.

La route suivie par le *Great-Eastern* à travers l'Atlantique dans ses diverses expéditions, a toujours été déterminée et mar-

quée sur les cartes avec une précision mathématique, et le point de rupture du câble en 1865 était connu aussi exactement au point de vue électrique qu'au point de vue nautique.

Le *Great-Eastern* avait passé plusieurs semaines, en 1865, à essayer de retrouver le câble perdu. Il l'avait accroché plus d'une fois, et, bien qu'on dût abandonner l'entreprise, on n'avait pas perdu de temps puisqu'on avait acquis la certitude qu'il était non seulement possible d'accrocher le câble, mais encore de le relever de ces profondeurs immenses. Sir Jas-Anderson, commandant du *Great-Eastern*, avait, en effet, accompli cette tâche difficile de le faire dériver à travers la ligne du câble, et par trois fois, c'est-à-dire à chacune de ces tentatives, le câble avait été accroché. Il est vrai que, chaque fois, la ligne du grappin rompit; mais elle ne le fit, une fois, qu'alors que le câble était déjà presque entièrement ramené. Pendant des jours entiers, l'ingénieur en chef de l'expédition poursuivit son but avec la plus grande et la plus louable détermination, jusqu'à ce qu'il n'eût plus une brasse de cordage à bord et qu'il fût évident qu'on devait renoncer à l'espoir de réussir cette année.

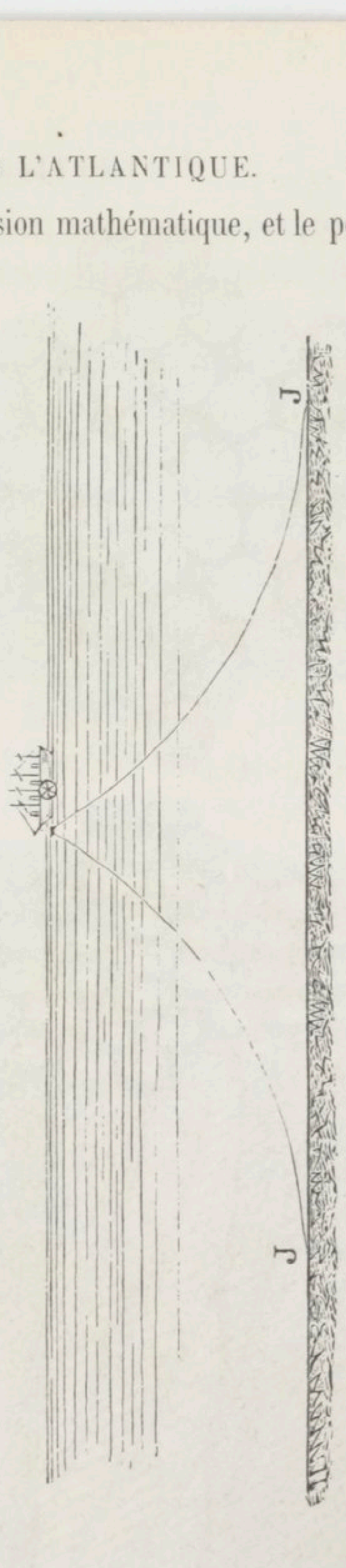


Fig. 106.

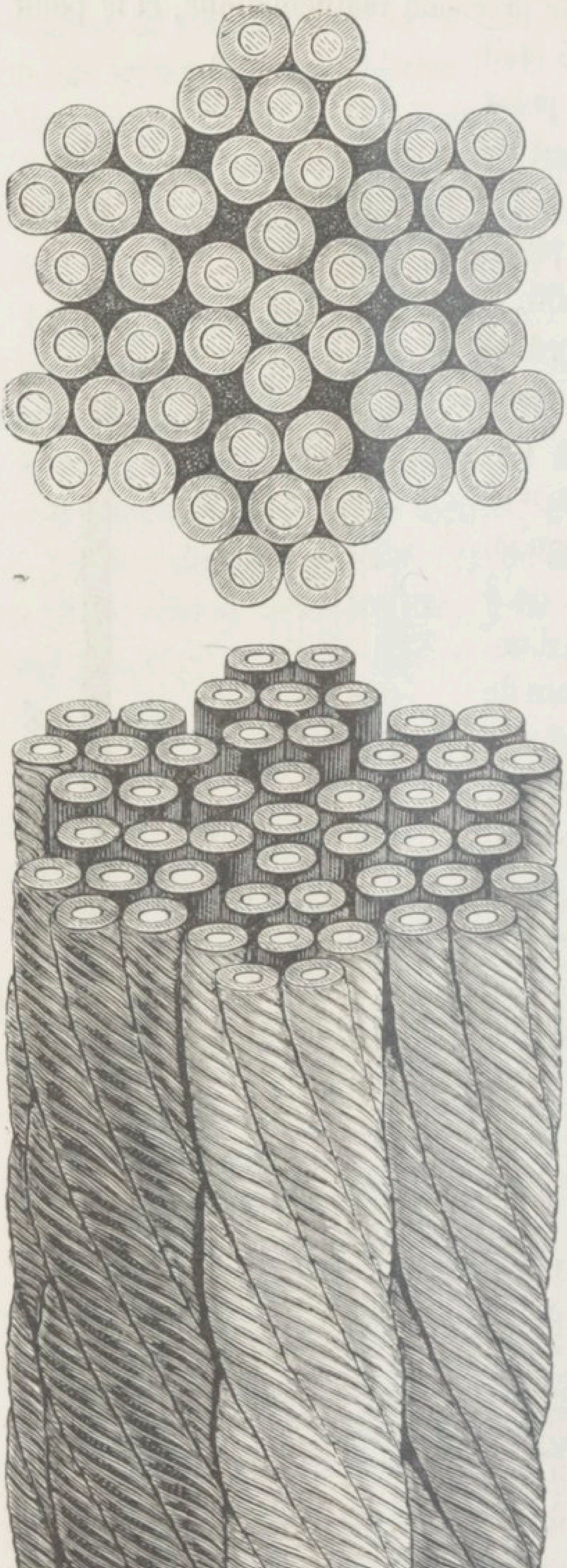


Fig. 127.

On y revint, l'année suivante, en employant les moyens que nous allons décrire, ainsi que la machinerie et les engins qui servirent en cette circonstance.

Le câble de 1865 avait été posé avec environ 15 pour 100 de coulage, et ce chiffre élevé était la base sur laquelle on fondait l'espoir d'un relèvement possible. On avait, en effet, calculé qu'en accrochant le câble en un seul point et en le soulevant à fleur d'eau, la double chaînette, ainsi maintenue en suspension dans l'eau, n'aurait pas moins de 9 1/4 milles nautiques (1) par des fonds de deux milles, et que la distance horizontale JJ (fig. 126), séparant les portions de câble restées sur le terrain, serait de 8 milles, donnant ainsi un excès de 15 pour

(1) Mille nautique ou nœud = 1854m.

100 dans la partie suspendue. Le résultat du relèvement prouve que ce calcul représentait assez exactement la courbe du câble suspendu.

Les dimensions du câble étaient : diamètre, 31mm.7; poids, 1 812 kilogrammes par nœud dans l'air, et 719 kilogrammes dans l'eau. Le poids total des 9.25 nœuds suspendus dans l'eau devait donc être 5 867 kilogrammes ; comme le module de rupture du câble était de 7 866 kilogrammes, il pouvait supporter environ onze nœuds de sa propre longueur dans l'eau avant de rompre. Toutefois, on écarta immédiatement l'idée de relever le câble en un seul point, et on s'arrêta à la résolution de le hisser à bord par degrés. Trois navires à vapeur, la *Medway*, le *Great-Eastern* et l'*Albany*, furent, par conséquent, armés de machines de relèvement, afin de pouvoir draguer simultanément le câble en trois points différents : la *Medway* à l'est et l'*Albany* à l'ouest du *Great-Eastern*.

La machinerie de relèvement de cette expédition était entièrement nouvelle, et on l'avait construite pour subir un effort bien supérieur à celui que pouvait supporter la machine de l'année précédente.

Le grappin, de fortes dimensions, avait cinq branches au lieu de trois. Sa hauteur était de 1m.20, son poids 114 kilogrammes. L'œil supérieur pivotait sur l'axe, et les branches pouvaient résister à un effort de 8 à 9 tonnes sans être même endommagées. Attachée au grappin, une chaîne de 28 millimètres, longue de 27 mètres, était ensuite reliée au cordage aboutissant à bord. Ce cordage (fig. 127) était formé d'un gros toron de sept brins, dont chacun était formé de sept brins plus fins ayant au centre un fil de fer galvanisé de 2mm.5, entouré de chanvre. L'ensemble du cordage avait 47 millimètres, et il ne cassa jamais sous un effort moindre de 30 tonnes dans les nombreuses épreuves auxquelles il fut soumis. Son poids dans l'air était de 5 000 kilogrammes, et, dans l'eau, de 3 750 par mille nautique.

Sur le gaillard d'avant étaient fixées quatre fortes poutres en fer supportant les poulies en fonte de 1m.15 de diamètre destinées à supporter la ligne du grappin. Ces poulies s'avançaient sur le bossoir de façon à éviter tout obstacle, et c'était sur celle du centre qu'on amenait le cordage à bord. Ce cordage aboutissait directement au treuil de relèvement, en passant sous un dynamomètre qui permettait de mesurer à chaque instant l'effort auquel la ligne était soumise.

La machine de relèvement était la plus puissante que l'on eût encore construite, et il devait en être ainsi puisqu'elle devait relever et casser, au besoin, un cordage dont le module de rupture dépassait trente tonnes. Cette machine est représentée en élévation et en plan dans la figure 128. Les deux grands tambours B, B, ayant chacun 1m.82 de diamètre, étaient fixés sur des arbres parallèles distants de 3m.25. La corde du grappin faisait quatre fois le tour de ces tambours, passant sur le côté opposé à celui où elle entrait.

Le glissement du cordage sur le tambour s'opérait au moyen des rouleaux ou disques C, C, placés sur des arbres entre les tambours ; quatre en haut, quatre en bas, et chaque partie du cordage était ainsi repoussée, après avoir quitté un tambour et avant d'entrer sur l'autre. De cette façon, chacune des parties de cordage enroulé était maintenue hors du chemin des suivantes. Ce glissement demandait beaucoup plus de soin avec cette machine qu'avec le treuil ordinaire, car les boucles en fer de chaque partie du cordage se renversaient souvent et retenaient le tour précédent sur le tambour. Quand ces boucles rentraient à bord, on avait soin d'espacer les quatre tours de cordage des tambours, afin d'éviter cet inconvénient.

Comme l'effort que pouvait subir cette machine était très grand, on crut convenable de ne pas communiquer le mouvement directement aux arbres B, B ; conséquemment, ces tambours reçurent des roues d'engrenage D, D, fixées de chaque côté, dans lesquelles engrenaient les pignons E, E. Par ce

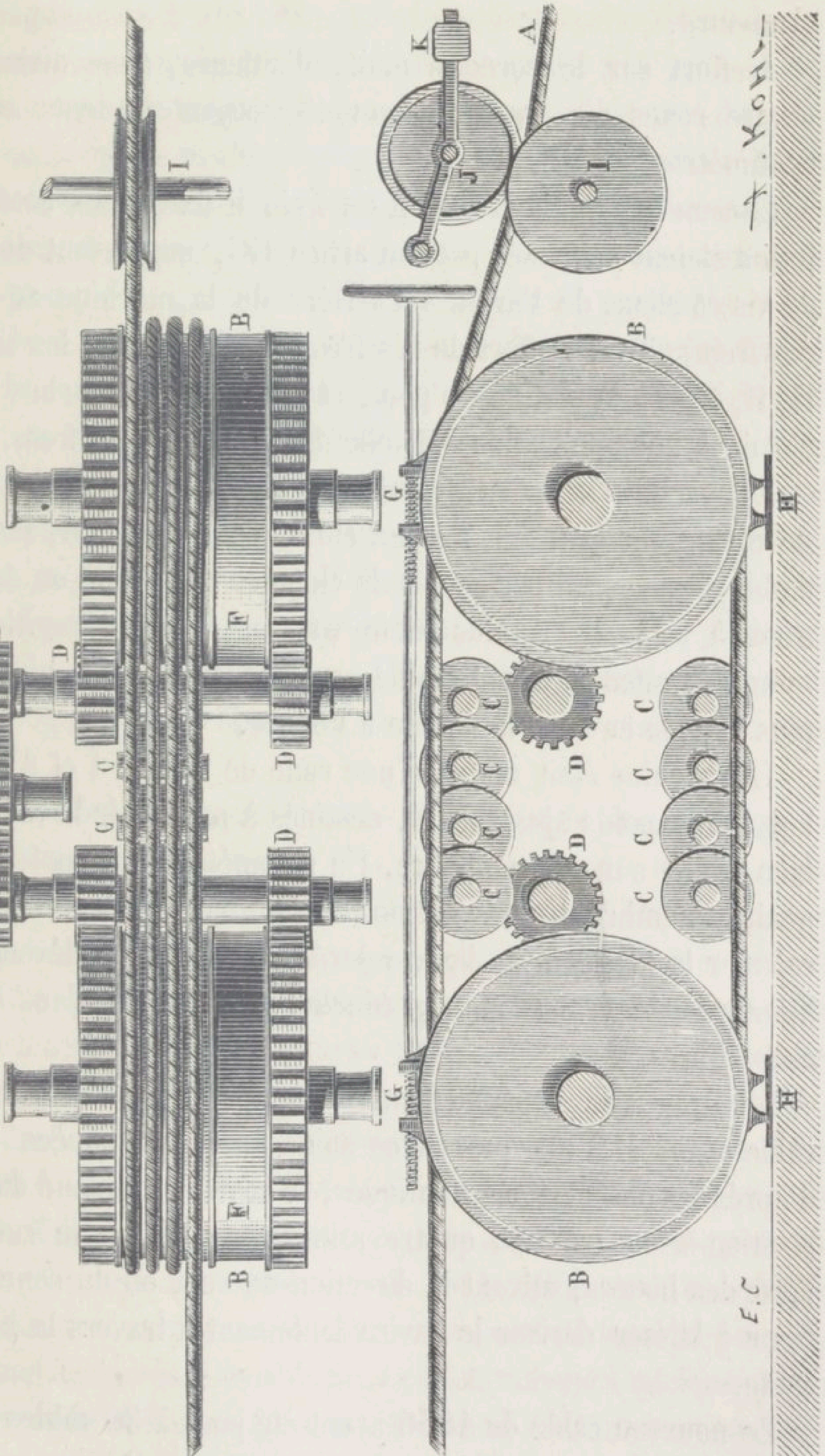


Fig. 128.

moyen, on n'infligea aucun effort de torsion aux arbres des tambours.

L'effort sur le cordage était, d'ailleurs, ainsi divisé entre quatre roues d'engrenage, dont l'épaisseur de dents avait dix centimètres.

Chacun des tambours avait un frein F fixé à ses côtés. Ces freins étaient actionnés par un arbre GG, supportant deux pas de vis et allant de l'avant à l'arrière de la machine au-dessus des freins. Tout l'effort de ces freins résidait dans les supports H, H, fixés à la platine du pont, et non pas dans l'arbre GG, et c'était là une application nouvelle de la courroie du frein.

La machinerie était entraînée par une paire de machines qui, de même que le treuil, avaient été fournies par MM. Penn. Un embrayage spécial permettait de changer de vitesse ou de puissance à volonté. La plus petite vitesse, de 80 révolutions par minute, ramenait 3/4 de mille nautique de ligne à bord, et la plus grande environ le double à l'heure.

La machine était munie d'une roue de tension I et d'un jockey J avec poids ajustable K, destinés à maintenir le cordage A bien tendu sur les tambours. Un rotomètre ou compteur indiquait le nombre des révolutions de la machine et permettait de calculer la longueur de ligne relevée. Pendant le relèvement, la ligne ramenée à bord était graduellement enroulée dans une des cuves libres.

Le draguage s'opéra comme il suit : la position exacte du câble ayant été marquée avec soin par deux bouées placées d'après les observations nautiques, le navire fut amené dans une position sise à trois ou quatre milles au nord ou au sud de la ligne des bouées, suivant la direction du vent ou du courant, de façon à laisser dériver le navire lentement à travers la ligne du câble.

Le nouveau câble de 1866 ayant été posé à 30 milles au sud de la ligne ancienne, il n'y avait aucun risque d'endommager ce câble.

Par des fonds de 1 900 brasses (près de deux nœuds), on fila une longueur de 2 200 brasses de ligne avec la chaîne et le grappin que nous avons décrits. Cette opération, faite avec soin, occupa de une heure à une heure et demie. Pendant la descente du grappin et de sa ligue, on observait scrupuleusement les indications du dynamomètre, et le moment où le grappin frappait le fond était immédiatement marqué au dynamomètre par une diminution de poids, puisque le grappin et sa chaîne pesaient ensemble un peu plus d'une demi-tonne. Environ 200 brasses de cordage additionnel furent encore filées, et, à partir de cet instant, le dynamomètre ne fut plus perdu de vue. Les moyennes des indications qu'il fournissait étaient enregistrées chaque minute, et il se passa fréquemment des heures entières sans que ces moyennes donnassent la moindre variation. Il était intéressant d'observer avec quelle régularité ces moyennes se maintenaient entre 8 1/2 tonnes et 9 1/2 tonnes. Ces variations légères dépendaient uniquement de la longueur de la ligne filée et de la force du vent et du courant.

L'indication d'un accroissement d'un quart de tonne était généralement considérée comme une preuve suffisante que le câble était accroché, et cette présomption fut rarement déçue. Aucune tentative de relèvement ne fut néanmoins faite avant que la tension s'élevât à 2 tonnes au-dessus des moyennes précédentes. Dès qu'une tension de 10 1/2 tonnes à 12 tonnes fut observée, le navire fut ramené par la machine de façon à alléger l'effort sur le câble, et l'opération du relèvement commença. La tension s'éleva à ce moment à 14 ou 15 tonnes et se maintint à ce chiffre, jusqu'à ce que le câble quitta le fond, après quoi cet effort diminua graduellement. On essaya une fois de relever le câble directement à la surface sans l'assistance des autres navires et cet essai fut presque couronné de succès. Le câble fut, en effet, ramené à quelques pieds au-dessus de la surface avec une tension de 6 1/2 tonnes environ. Toutefois, la houle assez forte du moment fit tanguer le navire et le câble rompu retomba à la mer.

Après de nombreux essais infructueux, le câble put enfin être repêché de la façon suivante. Il fut d'abord accroché par le *Great-Eastern* qui, l'après avoir élevé à 900 brasses du fond, le suspendit à une bouée B (fig. 129). Cette bouée avait les plus fortes dimensions, pesait 3 1/4 tonnes et pouvait supporter 13 tonnes. Le

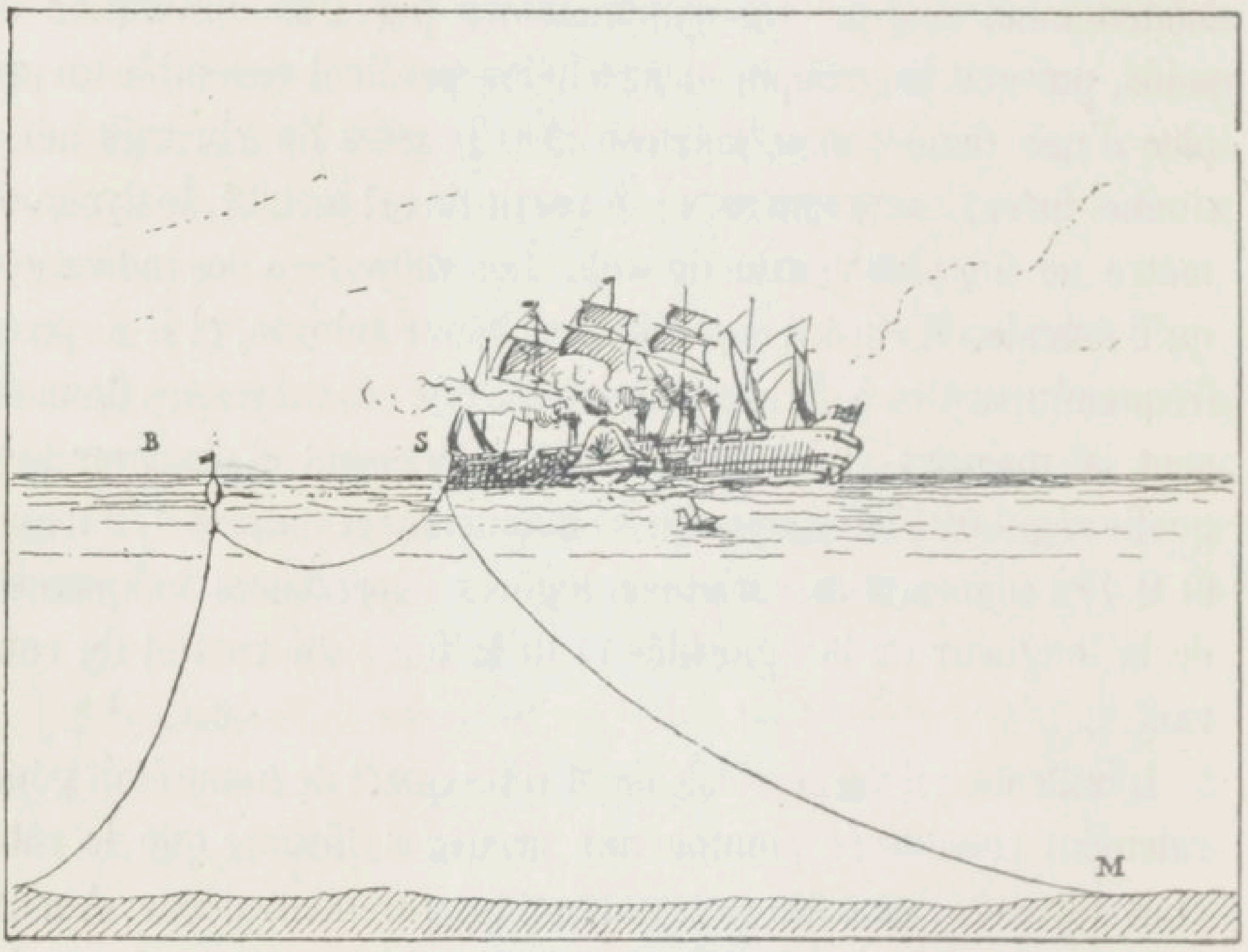


Fig. 129.

Great-Eastern alla de nouveau draguer à 3 ou 4 milles à l'ouest, au point S, et trouva encore une fois le câble. La *Medway* le trouva également en M, situé à environ 2 milles du *Great-Eastern*, et, sur le signal du *Great-Eastern*, commença à haler le câble, le grand steamer agissant de même. Les instructions données à la *Medway* consistaient à briser le câble, si elle ne pouvait le ramener à la surface. C'est ce qu'elle fit; le câble fut brisé par la *Medway* à environ 200 brasses du bord. Le *Great-Eastern* eut de cette façon une des extrémités du câble formant un balant relâché d'environ deux milles, et la tension sur la ligne du grappin

fut immédiatement soulagée d'une façon considérable. Finalement le câble fut heureusement amené à bord, et le circuit électrique avec Valentia ayant été vérifié, le bout repêché fut soudé au câble du grand navire, qui en compléta la pose par l'addition des 680 milles nécessaires pour atteindre Hearts Contents et rejoindre Terre-Neuve à l'Irlande.

CHAPITRE IV.

SOURCES D'ÉLECTRICITÉ.

Piles Daniell, Thomson, Siemens, Minotto. — Pile à auge de Thomson, piles Callaud, Meidinger, Bunsen, Grove et Leclanché. — Disposition des piles. — Electro-aimants.

Surgis, Volta ! dompte en ton aire
Les fluides, noir Phlégéton.
Viens, Franklin, voici le tonnerre,
Le flot gronde, parais Fulton.

V. Hugo.

La source d'électricité nécessaire au bon fonctionnement des appareils télégraphiques peut s'obtenir de plusieurs manières. Ohm a conclu à l'analogie de la chaleur et de l'électricité en observant le passage d'un courant dans un barreau chauffé à une extrémité et refroidi à l'autre. Aussi avons-nous des piles thermo-électriques aussi bien que des piles hydro-électriques. Il y a, d'ailleurs, d'autres sources d'électricité ; certaines machines, dont la machine Gramme est le type, produisent des effets analogues à la pile.

Nous n'examinerons ici que les piles adoptées dans la télégraphie pratique.

C'est à Volta qu'est due la découverte de la pile qui porte son nom. La pile à colonne date de 1800, et a servi longtemps à toutes les expériences faites au commencement du siècle. M. de la Rive, en observant les effets chimiques produits sur deux tiges de métal (zinc et platine) plongées dans l'eau acidulée, a pour ainsi dire établi la forme de nos piles actuelles. Bien que dirigées vers un but spécial (la galvanoplastie), les expériences

de MM. de la Rive, Jacobi et Moride ont donné à Daniell l'idée de sa pile, qui est elle-même un appareil galvanoplastique simple.

La première pile de Daniell était très compliquée (fig. 130). Préoccupé de l'idée de donner à cet appareil une constance parfaite, son auteur l'avait muni de siphons qui, en débarrassant la pile des liquides saturés de sel, lui fournissaient en échange de l'eau fraîche, ce qui permettait de maintenir constant le degré de saturation des liquides. Après avoir essayé des diaphragmes en vessie, en cuir et en toile à voile, Daniell s'arrêta aux vases poreux si bien connus des télégraphistes. Dans le modèle de Daniell, le zinc était à l'intérieur du vase poreux, et le cuivre à l'extérieur. M. Bréguet renversa cet ordre de choses et fixa définitivement le type de la pile télégraphique par excellence. Cette pile à deux liquides, dont nous donnons le dessin adopté par l'administration française dans la figure 131,

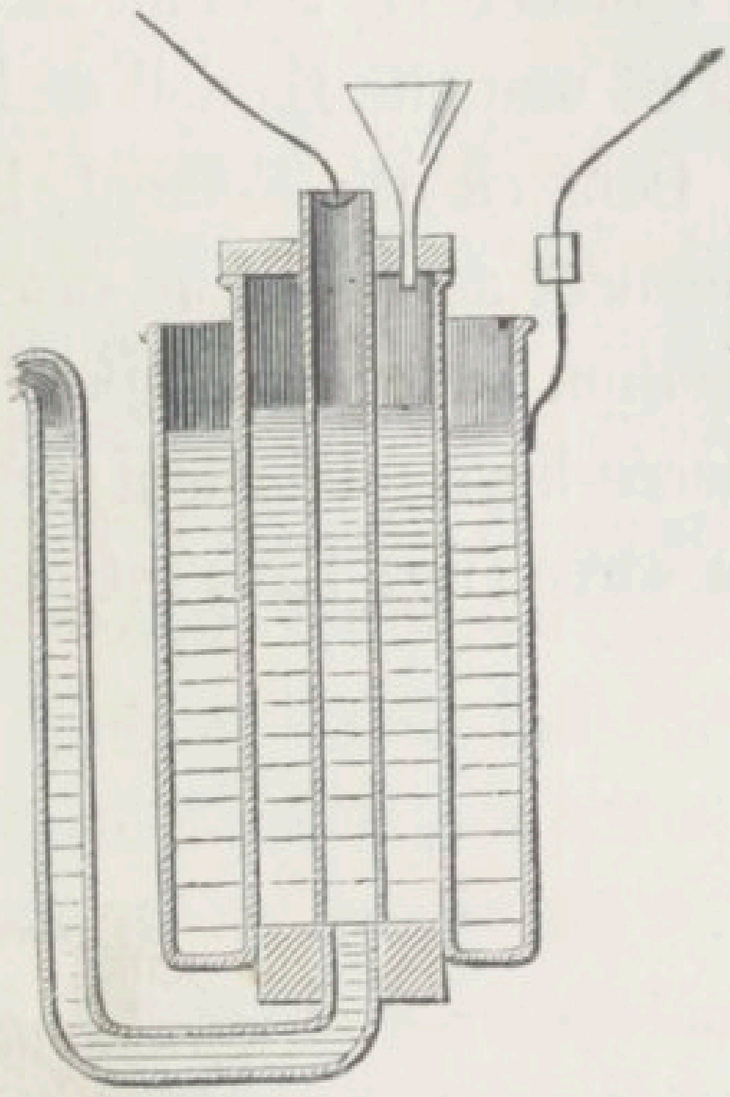


Fig. 130.

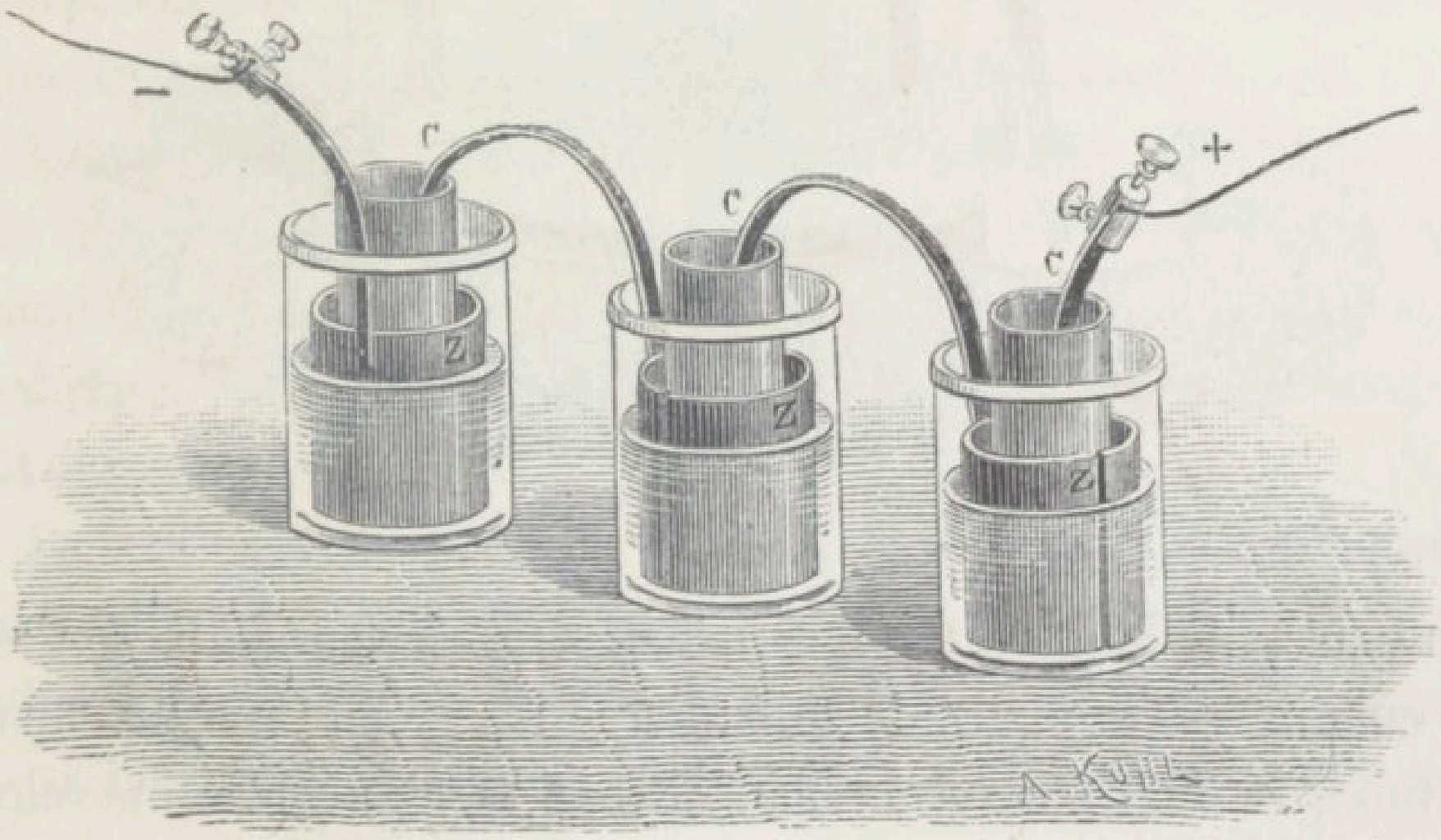


Fig. 131.

a des inconvénients que l'on a cherché à éviter, et dans les mo-

difications qui ont été apportées à la forme primitive, l'on a été amené à supprimer le diaphragme poreux.

Dans toutes les piles Daniell, le sulfate de cuivre finit toujours par atteindre le zinc, et gâte la pile. Daniell avait parfaitement raison de vouloir maintenir la première forme de pile qu'il avait produite, car elle évitait ce défaut. Sir William Thomson a cherché à retarder ce résultat fâcheux d'une façon indéfinie, et a construit une pile Daniell de la forme suivante : (1)

Dans chaque élément, la plaque de cuivre est placée horizontalement au fond d'un vase en verre, et l'on verse au-dessus une solution saturée de sulfate de zinc. Le zinc est formé d'une grille placée horizontalement près de la surface de la solution. Un tube en verre (fig. 132) est placé verticalement dans la solution avec

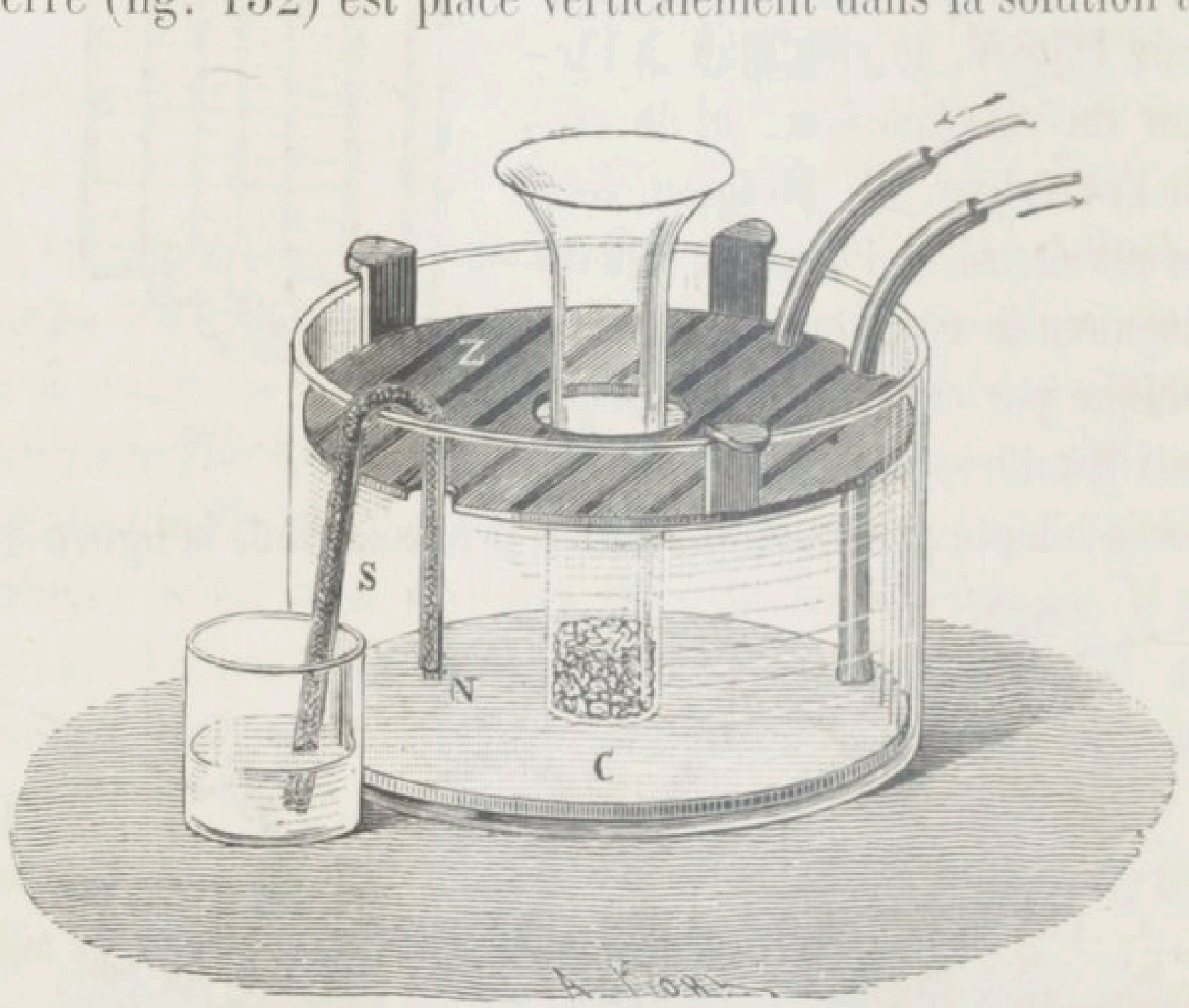


Fig. 132.

son extrémité inférieure immédiatement au-dessus de la surface du cuivre. Des cristaux de sulfate de cuivre sont descendus par ce tube, et, en se dissolvant dans le liquide, ils forment une solution de densité plus grande que celle du sulfate de zinc seul, de

(1) *Proceedings Royal Society*. 19 janvier 1871.

sorte qu'il ne peut arriver au zinc que par diffusion. Pour retarder cet effet, un siphon consistant en un tube de verre rempli d'une mèche de coton est placé avec une de ses extrémites à mi-chemin entre le zinc et le cuivre, l'autre extrémité déversant les liquides par la pression et la capillarité dans un vase extérieur, de telle sorte que le liquide intérieur est graduellement attiré et extrait vers la moitié de sa hauteur. De cette manière, la plus grande portion du sulfate de cuivre, s'élevant à travers le liquide par diffusion, est extraite par le syphon avant d'avoir atteint le zinc, qui n'est plus, dès lors, environné que d'un liquide presque libre de tout mélange de sulfate de cuivre, et ayant un mouvement inférieur très lent dans la pile, ce qui retarde d'autant le mouvement ascendant du sulfate de cuivre. Pendant l'action de la pile, du cuivre se dépose sur la plaque du fond, et l'acide sulfurique se dirige lentement à travers le liquide sur le zinc, avec lequel il se combine formant du sulfate de zinc. Pour empêcher cette action de changer l'ordre de densité des couches, et de produire de l'instabilité et des courants visibles dans le réservoir, il faut avoir soin de maintenir le tube central bien rempli de cristaux de sulfate de cuivre, et de remplir la pile par-dessus avec une solution de sulfate de zinc, suffisamment diluée pour qu'elle soit plus légère que toute autre couche de liquide dans la pile.

La pile Daniell n'est pas la plus puissante des piles en usage : les Grove et les Bunsen ont une force électro-motrice presque double; mais sa principale qualité est de rester constante, surtout dans les formes pratiques que MM. Minotto et Siemens lui ont données.

La résistance intérieure d'un élément Daniell est généralement plus forte que celle d'un Grove ou d'un Bunsen de la même dimension. Ce défaut est compensé par l'avantage qu'a cette pile de se maintenir longtemps en bon état de fonctionnement sans émettre aucun gaz.

La pile Siemens-Halske, qui est une modification de la pile Daniell, en diffère essentiellement dans la forme du diaphragme.

A est le vase de verre ou de terre vernie que l'on rencontre dans toutes les piles. C est le diaphragme ou vase poreux qui, au lieu d'être simplement cylindrique, s'évase à la base pour reposer sur le fond de A. Il est ouvert à ses deux extrémités. K est la plaque de cuivre qui, dans ce cas, forme deux S s'entre-croisant verticalement. On remplit *c* de sulfate de cuivre et d'eau; *g* est une masse de papier mâché réduit en pulpe, que l'on entasse au-dessus de la base du vase poreux. Enfin, Z est un anneau en zinc embrassant le vase poreux et se terminant par un écrou. On baigne le tout d'eau salée ou acidulée jusqu'à environ moitié hauteur du zinc. Ensuite, il suffit de maintenir le tube *c* rempli de cristaux de sulfate de cuivre et de renouveler de temps en temps l'eau du vase extérieur.

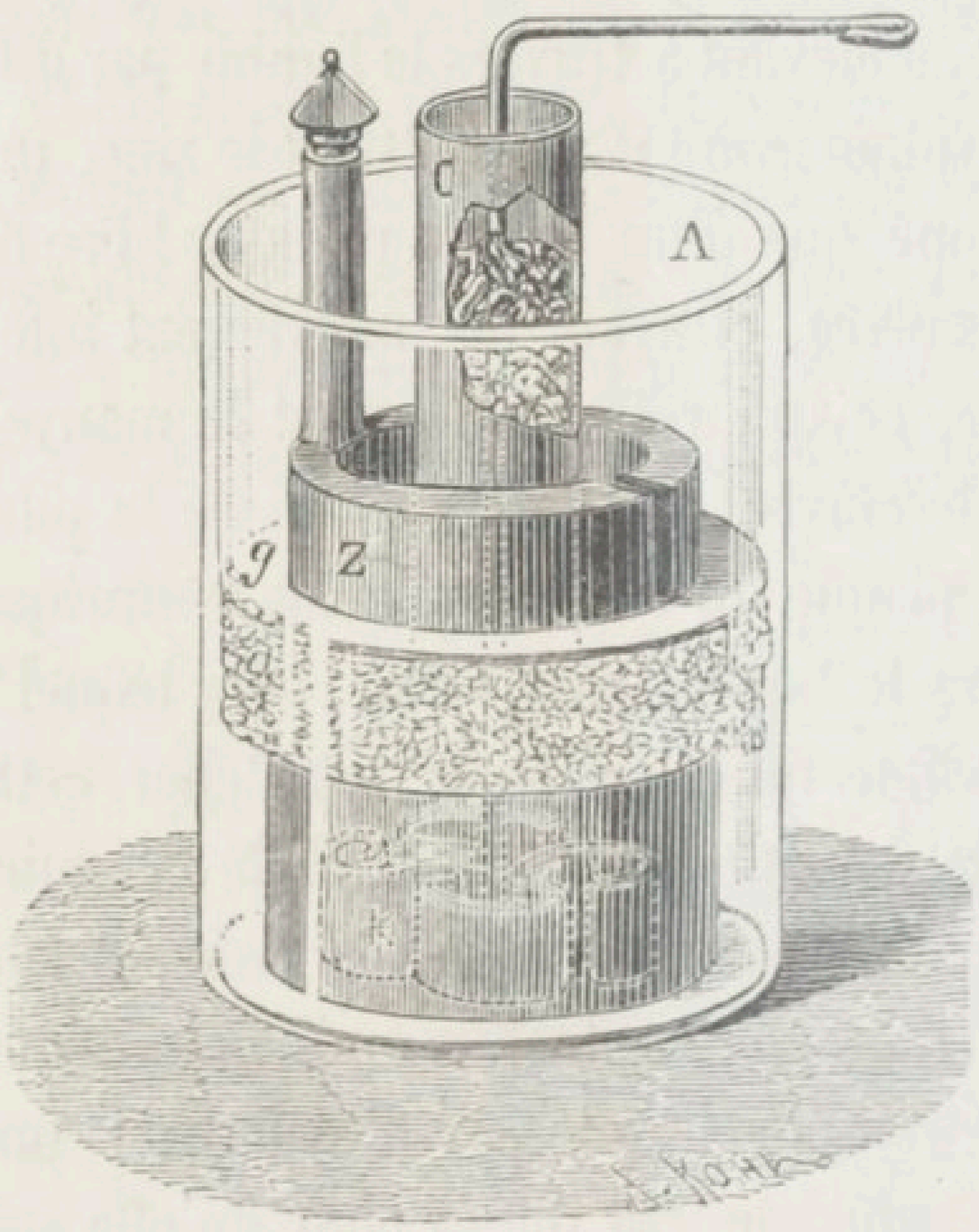


Fig. 133.

L'acide sulfurique nécessaire à la formation du sulfate de zinc est transporté par le courant lui-même à travers le diaphragme. Le zinc n'a pas besoin d'être amalgamé, et, afin d'empêcher le sulfate de zinc de se mélanger à la pulpe du papier, un séparateur en gros drap est placé sous lui.

Ces éléments ont trop de résistance pour être employés en pile locale; mais ils sont admirablement bien adaptés pour l'exploitation des longues lignes. Leur emploi est exclusif sur la ligne de l'Indo-Européen entre Londres et Téhéran.

La pile Minotto est aussi exclusivement employée dans les Indes anglaises et dans presque toutes les stations des compa-

gnies de câbles sous-marins. Elle se compose (fig. 134) d'un vase en gutta-percha, au fond duquel on dépose une rondelle plate en cuivre, à laquelle est attaché un fil recouvert de gutta-percha formant électrode. Sur la plaque de cuivre on dépose du sulfate de cuivre en cristaux, et par-dessus un séparateur, soit en papier buvard, soit en chiffon. Au-dessus du séparateur on met de la sciure de bois bien tassée et humide, au-dessus de laquelle vient poser le zinc muni de son électrode. Cette forme de pile est très-portative, et c'est pour cela qu'on l'expédie de préférence dans les stations lointaines. Elle se maintient constante avec peu de soins.

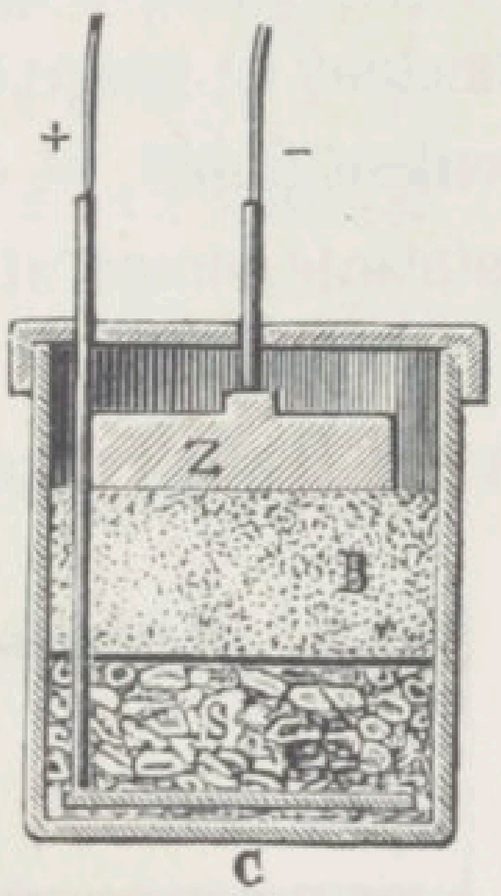


Fig. 134.

Sa résistance est d'environ 20 ohms, quand elle est en bonne condition. Elle est toujours employée pour les épreuves faites à la mer ou même à terre sur les câbles sous-marins. On com-

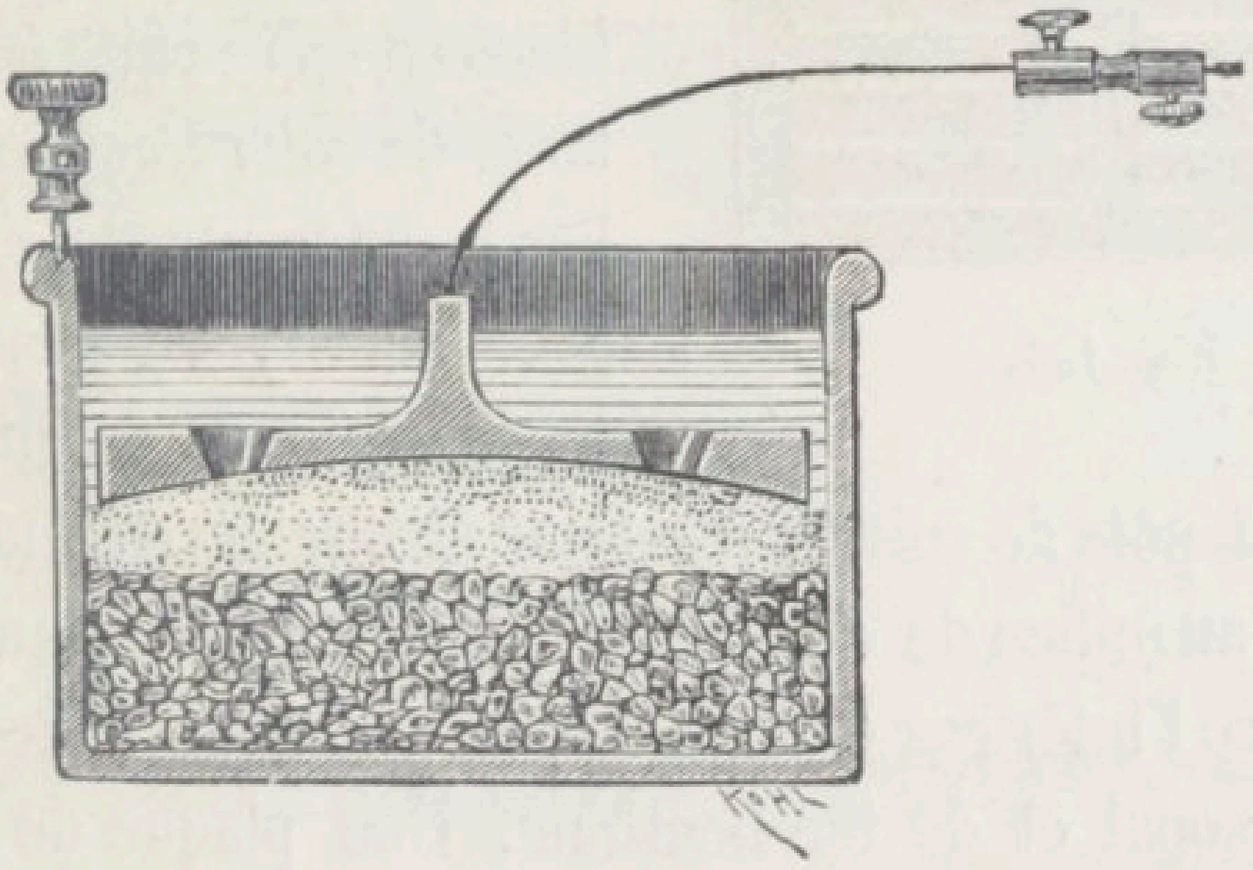


Fig. 135.

prend qu'à la mer cette forme de pile a l'avantage de ne pas être exposée aux effets de polarisation d'une pile à liquide.

Une autre forme de pile Minotto consiste en vases formés de cuivre en feuille, dans le fond desquels on dépose environ 3 kilogramme de sulfate de cuivre (fig. 135). On le recouvre de sciure de

bois de pin humide, et c'est sur cette couche que repose le zinc dans lequel on a ménagé quelques trous. Cette pile est si simple que l'employé le plus inexpérimenté peut la monter. Elle fonctionne de trois mois à un an, sans être touchée autrement qu'en l'humectant de temps à autre. Sa résistance intérieure est comparativement faible, et elle est très utile sur les circuits courts où des courants comparativement forts et continus sont nécessaires.

Sir W. Thomson a diminué encore la résistance intérieure de la pile Daniell et augmenté son énergie dans les éléments qui servent à faire fonctionner le moulin et à charger les bobines fixes de son *Recorder* à siphon. Ces piles sont formées d'auges ayant $0^m.40$ carrés à la base et évasées au sommet ; elles sont doublées de plomb intérieurement et contiennent des grilles en zinc (fig. 136 et 137), s'appuyant sur des blocs en terre cuite émaillée. Une lame de cuivre est soudée sur le bord extérieur de chaque auge pour servir, au besoin, d'électrode. Afin de faciliter l'enlèvement des dépôts de cuivre, une lame étroite de ce métal est soudée au fond et au milieu de chaque auge, et tout le restant du plomb, qui recouvre l'intérieur et les côtés, est enduit d'un vernis isolant, formé de copal et de térébenthine. Une plaque de cuivre très mince, aussi vernie sur une de ses faces, excepté au centre et aux coins, fait contact, par la pression des blocs de terre cuite et de la grille en zinc, avec le revêtement de plomb convenablement gratté dans les coins. La face supérieure de la plaque de cuivre reste décapée ; elle est, d'ailleurs, de la même dimension que l'intérieur des auges, $0^m.40$ carrés ; sur ses coins on place les blocs de terre cuite qui supportent le zinc en forme de grille. Cet

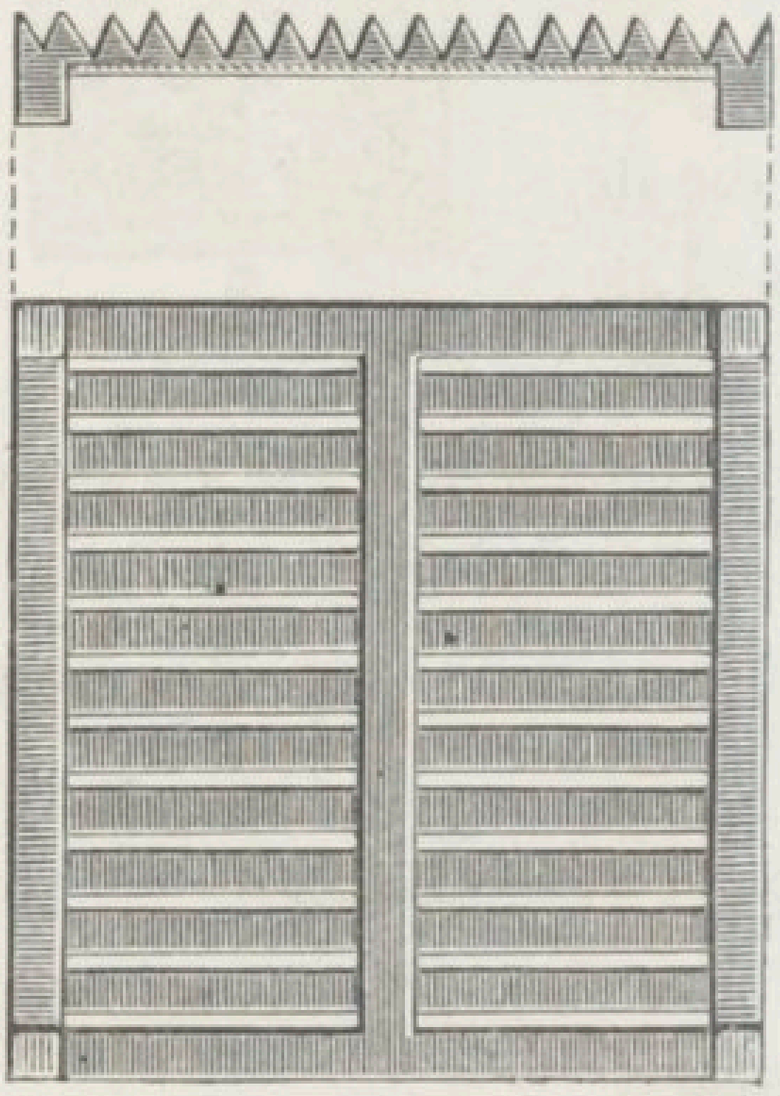


Fig. 136.

élément est enveloppé de papier parcheminé, plié avec soin sur les côtés, et fixé solidement par de la ficelle et de la cire à cacheter. Ce papier, une fois humecté, agit comme un diaphragme et retient, homogène, l'ensemble du grillage en zinc que le temps détériore. Pour supporter une de ces pièces à auge, on construit un bâti en bois, muni de quatre isolateurs en porcelaine, sur lesquels

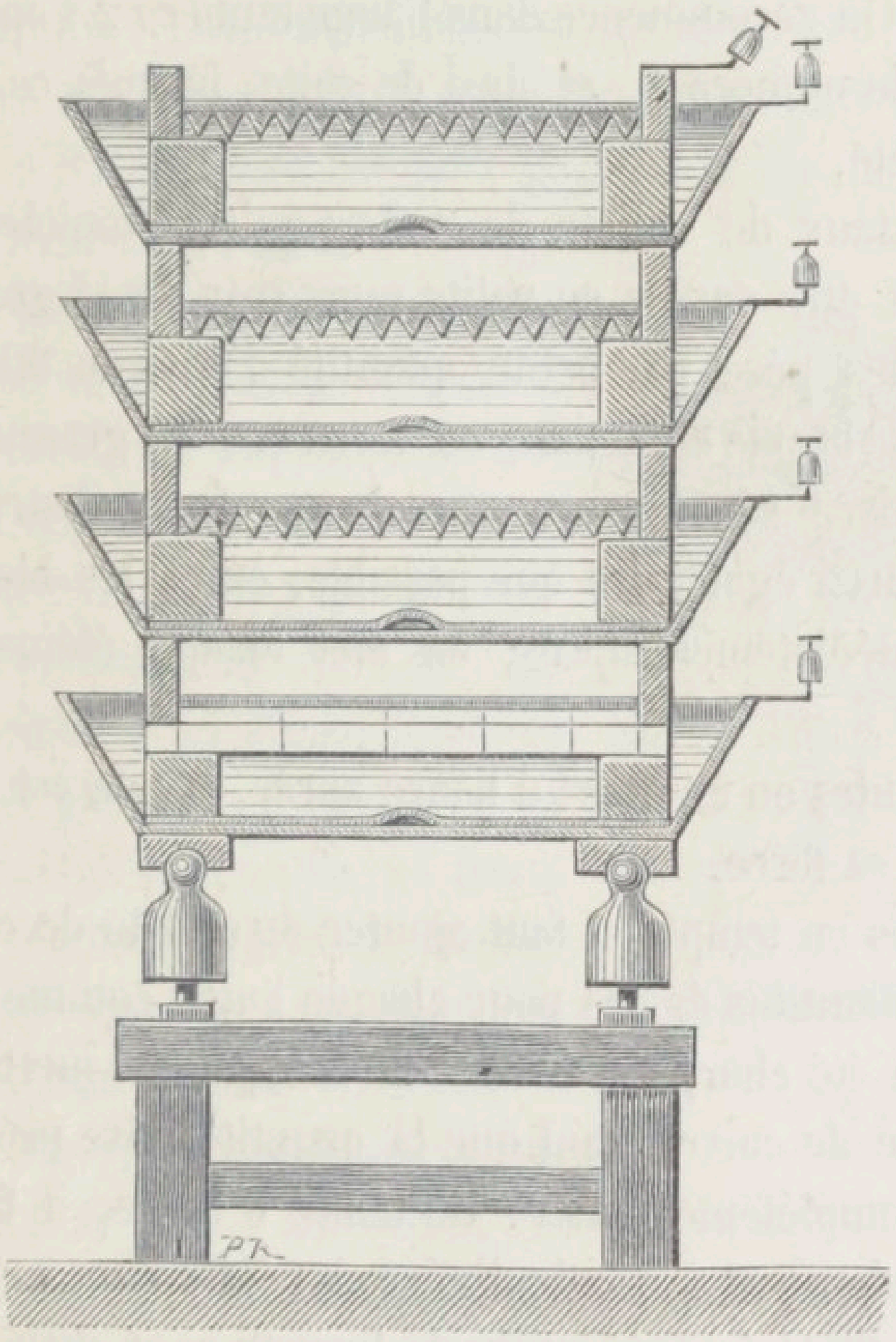


Fig. 137.

vient s'appuyer la première auge. Cette pile doit être disposée de façon à ce que l'on puisse tourner facilement autour. La première auge et le support doivent être soigneusement nivelés.

Au fond de la première auge, on place l'élément cuivre, dont on assure le contact métallique au centre et aux quatre coins ;

puis, on place sur ces coins les quatre blocs de terre vernie formant de petits cubes qui servent de support au grillage en zinc. On verse alors dans l'auge une solution de sulfate de zinc d'une densité de 1.1, humectant d'abord la grille et son enveloppe en parchemin. On s'assure ensuite que les quatre coins supérieurs du zinc et les quatre coins inférieurs en plomb de l'auge suivante sont propres et secs, et l'on appuie l'auge numéro 2 sur le zinc numéro 1. On recommence dans l'auge numéro 2 l'opération déjà faite dans le numéro 1, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la pile soit complète.

Les cristaux de sulfate de cuivre qu'on emploie dans cette pile doivent être cassés en petits morceaux de la grosseur d'un pois ; on les pèse par petite quantité d'environ 30 grammes. Pour mettre la pile en action, on verse ces 30 grammes de sulfate de cuivre séparément, sur chaque face, distribuant cette quantité, aussi également que possible, entre les blocs de terre cuite. Immédiatement après, on met chaque élément en court circuit.

Dix minutes ou un quart d'heure après, la pile est prête à agir avec toute sa force.

De temps en temps, il faut ajouter du sulfate de cuivre, toujours par quantités égales pour chaque auge, comme au moment où la pile a été chargée ; mais il ne faut jamais mettre du nouveau sulfate de cuivre, tant que la quantité mise précédemment n'est pas complètement usée. De temps à autre, il faut retirer, avec un siphon, et à partir d'un point inférieur au niveau extrême du sulfate de zinc, assez de liqueur pour abaisser son niveau d'environ 7 millimètres, puis rétablir ce niveau en versant de l'eau fraîche, jusqu'à ce qu'elle soit à la hauteur des grilles de zinc.

La résistance intérieure de ces éléments est très faible, tandis que leur force électro-motrice est considérable. On comprend que la consommation considérable de cuivre doit être maintenue constante pour atteindre un résultat permanent.

M. Callaud décrit lui-même, ainsi qu'il suit, la pile connue sous son nom dans l'*Essai sur les piles*, qu'il a publié il y a quelques années (1).

« L'objet que s'est proposé l'inventeur est la suppression du vase poreux de la pile Daniell.

» L'application en a été faite avec les agents Daniell ; la différence de densité des liquides est plus grande qu'avec les agents des autres piles. Cette invention est une de celles où l'auteur a trouvé plus et mieux qu'il n'attendait ; une sorte d'opposition électrique s'établit entre les deux liquides et les maintient séparés dans leur superposition, ce qui assure un très bon et très long service aux éléments chargés de cette manière. C'est une voie nouvelle ouverte à la science.

Le modèle qui est le type de cette pile est représenté figure 138. Le vase principal a les dimensions des piles de télégraphie ; il est percé en *a* et en *b* ; dans chacun de ces trous passe un soutien, sorte de boulon terminé par une tige taraudée, auquel est soudé le zinc en haut, le cuivre en bas ; une rondelle de caoutchouc sert de joint ; un écrou, vissé à l'extérieur, maintient le tout en place ; un serre-fil, vissé et serré par-dessus l'écrou, sert à recevoir les conducteurs. Un godet de verre, supporté par le zinc, plonge son petit tube inférieur au niveau de la lame de cuivre.

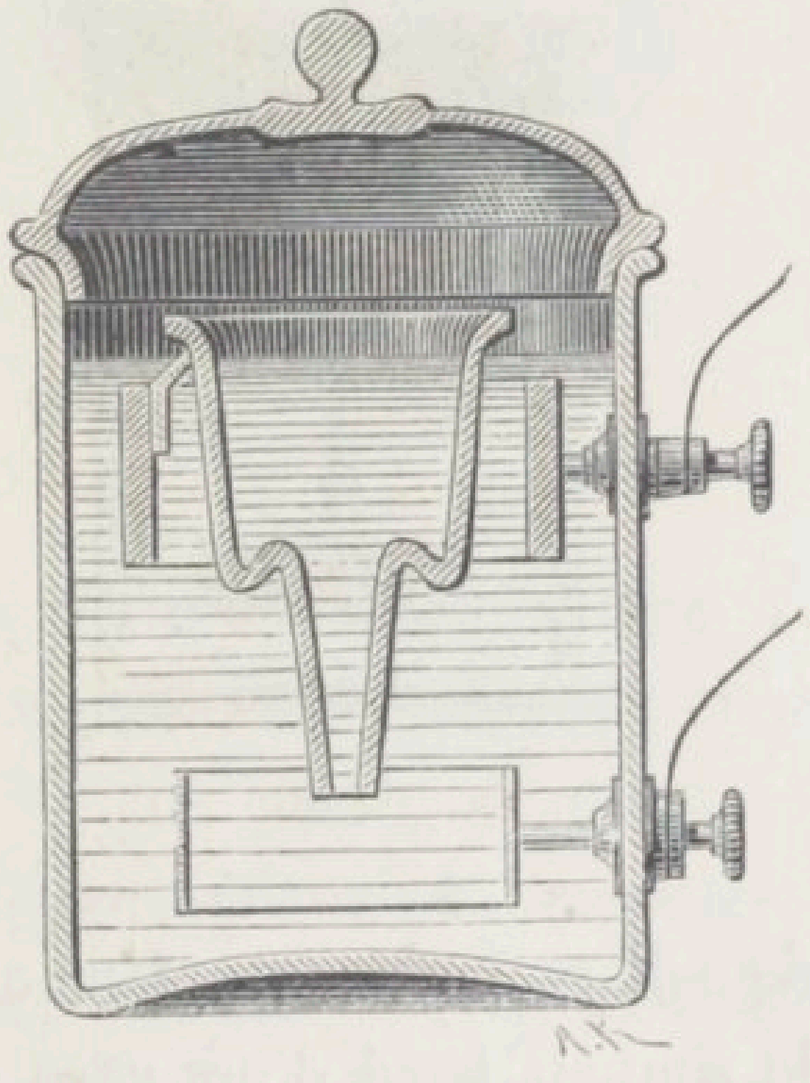


Fig. 138.

« On verse dans la pile de l'eau pure ou chargée d'une petite quantité de sulfate de zinc, de sel ou d'acide sulfurique, et, dans le godet, une solution de sulfate de cuivre ; cette solution,

(1) *Essai sur les Piles*, par A. Callaud, 2e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1875.

très dense, tombe au fond du vase et soulève, sans s'y mêler, le liquide supérieur, qui vient alors baigner le zinc.

» Le courant apparaît immédiatement. On jette dans le godet de verre des cristaux de sulfate de cuivre, qui entretiendront la solution saturée à mesure que le fonctionnement de la pile tendra à l'appauvrir. Cette pile joint à une grande facilité d'emploi l'avantage de pouvoir être couverte; elle évite tous les désagréments causés par les vases poreux et énumérés en parlant des Daniell. La télégraphie de l'État et celle des chemins de fer emploient ordinairement leurs piles en grand nombre et les renferment dans des caisses; les éléments Callaud, établis pour satisfaire à cette utilité, sont très simples et représentés figure 140.

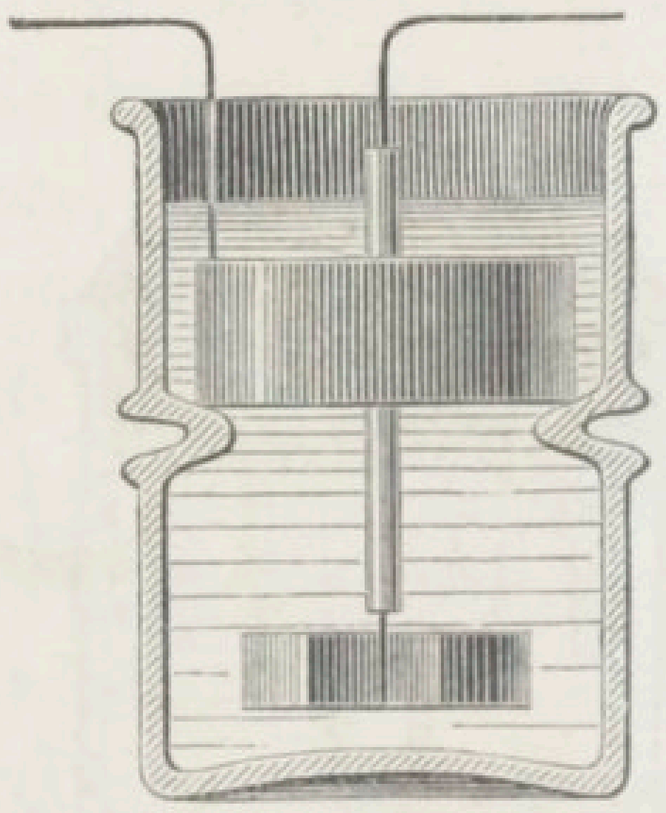


Fig. 139.

» On charge ces éléments de la même manière; mais, comme ils n'ont pas de godet de verre, on se sert d'un siphon ou d'un entonnoir pour ajouter la solution de sulfate de cuivre. Une autre disposition consiste à accrocher le zinc au bord d'un vase uni. Les piles Callaud réduisent de 60 pour 100 la dépense d'entretien des piles de télégraphie; cela est prouvé par les rapports que les inspecteurs des télégraphes ont adressés à leur administration, qui a adopté ce système; là est, croyons-nous, la solution du problème de l'électricité à bon marché; c'est, du moins, la source d'électricité connue qui est la plus économique (1).

» Des expériences de quinze ans de durée (1875) ont accru sa notoriété. Elle est adoptée exclusivement (?) par l'administration des lignes télégraphiques de France, d'Espagne, d'Italie,

(1) Cette prétention peut certainement être contestée, au point de vue de la consommation du sulfate de cuivre.

d'Allemagne et d'Angleterre. Les États-Unis d'Amérique l'emploient en très grande quantité. »

On a imaginé ailleurs qu'en France des piles à deux liquides de densité différente; nous avons vu combien celle de sir W. Thompson se rapproche de la pile Callaud. La pile de Meidinger (fig. 140), employée en Allemagne, rappelle par sa forme la pile à ballon, dont on s'est servi si longtemps en France.

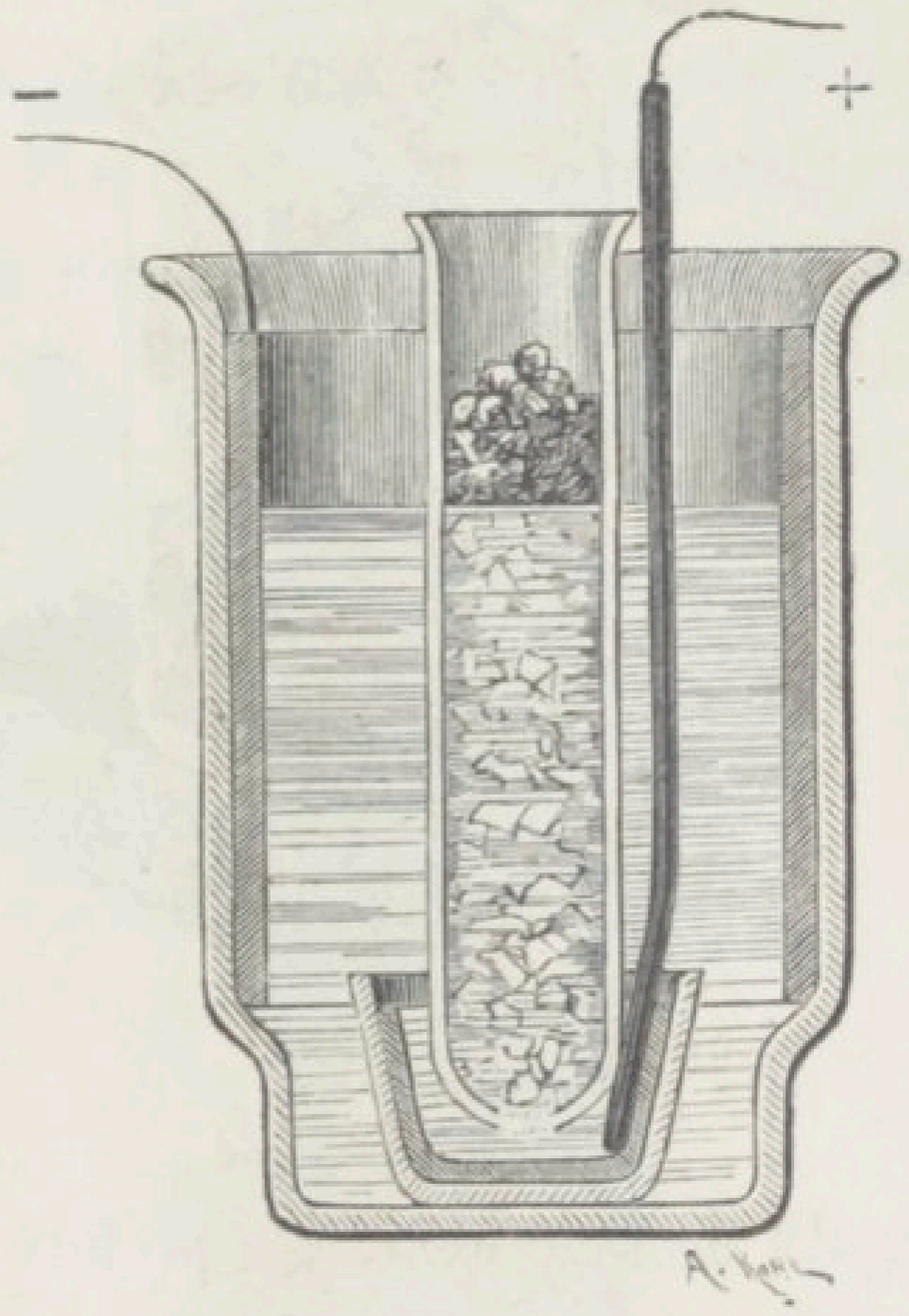


Fig. 140.

Le type de la pile Callaud, employé en Amérique, diffère sensiblement du type français. Les vases ont 25 centimètres de haut et 15 de diamètre. Le zinc fondu a la forme d'une roue d'horloge à quatre barrettes sans denture; il est soutenu au centre par une tige (fig. 141).

Il nous reste à examiner les piles télégraphiques hydro-électriques autres que le type Daniell et ses dérivés. La pile de Grove, qu'on emploie surtout en Allemagne et en Angleterre, est si peu répandue, qu'il nous suffira, de dire que le modèle le plus connu en télégraphie, est celui qu'a proposé M. Poggendorff. Le vase poreux est cylindrique; le platine, qui est l'électrode conductrice, est arrangé en S, de manière à présenter une grande surface; cette feuille de platine est supportée par un bouchon de porcelaine qu'elle traverse et qui ferme hermétiquement le vase poreux. Il paraît que, même en Allemagne, on préfère la pile Bunsen à celle de Grove.

La substitution du charbon de bois ou de cornue au platine, comme électrode conductrice, est une idée qui paraît due à

Grove, qui fit des essais publiés à Londres. Il abandonna toutefois cette idée, qui fut reprise par Bunsen en 1843.

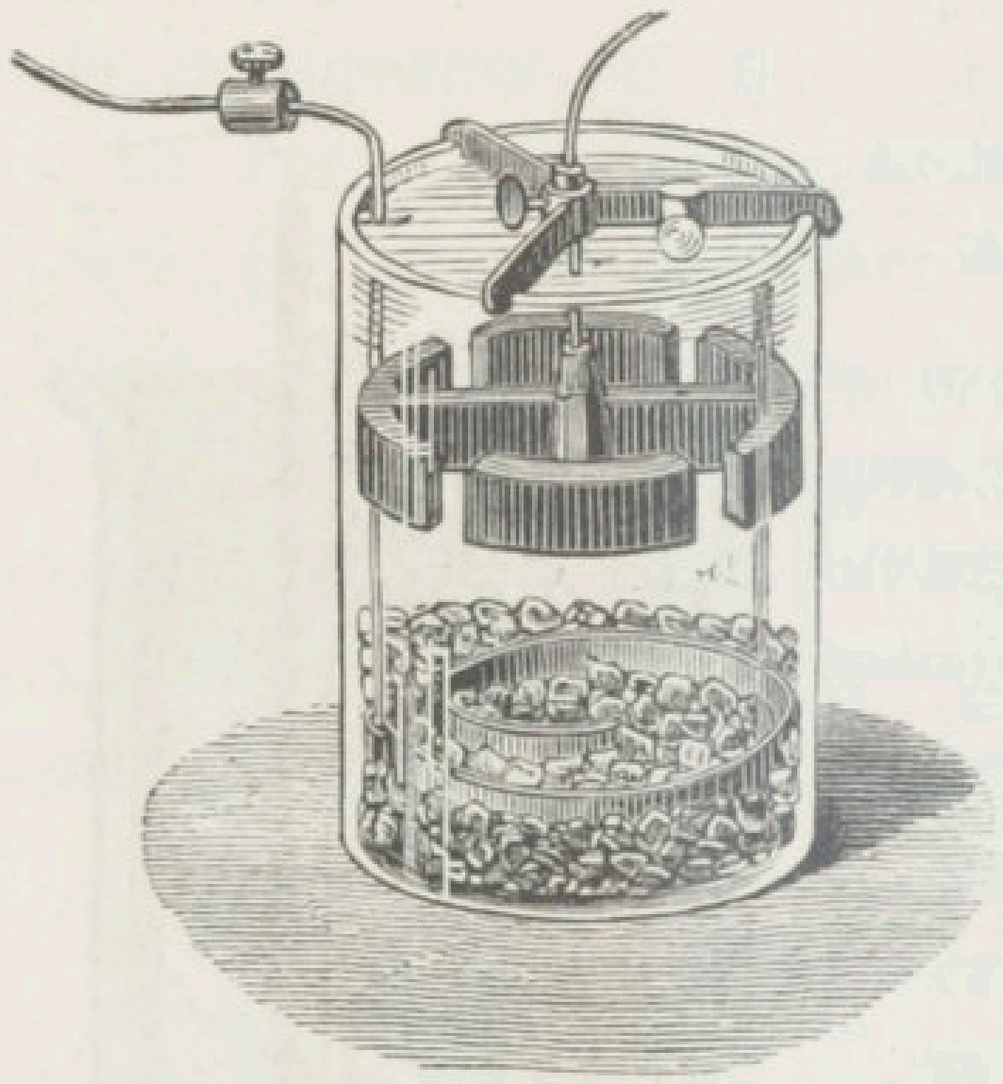


Fig. 141.

Le type de cette pile est représenté dans la figure 142. V est le vase extérieur en grès vernissé. Le zinc *z* est formé d'une feuille de 4 millimètres, roulée en cylindre. On l'amalgame avec soin, afin d'empêcher sa dissolution trop prompte. Une lame de cuivre rouge, rivée au cuivre, forme le réophore négatif de l'élément. On préfère à cette disposition l'emploi d'une pince à écrou serrant fortement le zinc. P est le vase poreux, dans lequel on place le prisme en charbon de cornue *c* à base quadrangulaire, auquel on fixe une lame de cuivre rouge, en le soudant à une tête de cuivre galvanoplastique déposée sur la partie supérieure du prisme. On charge le vase poreux d'acide azotique additionné d'eau, et l'on verse de l'eau chargée de 10 à 12 pour 100 d'acide sulfurique, en poids, dans le vase de grès contenant le zinc.

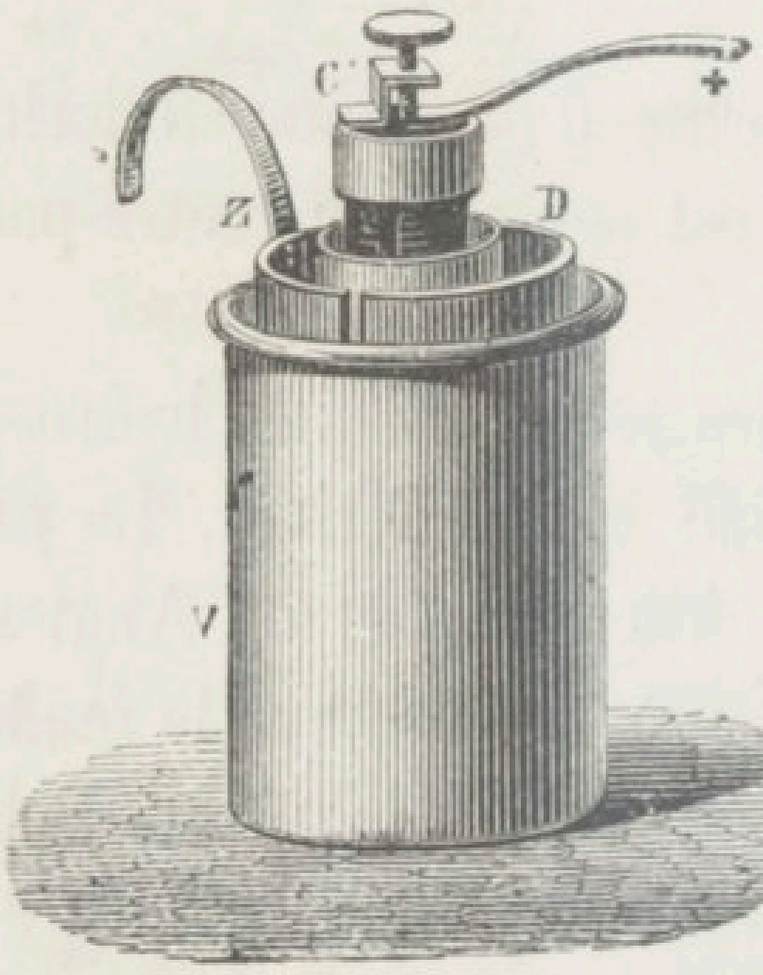


Fig. 142.

Dans la pile Leclanché, le vase extérieur est carré et possède un goulot auquel s'adapte le vase poreux, presque à frottement,

de façon à diminuer considérablement l'évaporation (fig. 143). Ce goulot a un renflement longitudinal qui donne passage au crayon de zinc et permet l'introduction des liquides. Le zinc est en métal étiré, et on soude à sa partie supérieure le réophore formé d'un fil de fer galvanisé. Le vase poreux contient, en quantités égales, du peroxyde de manganèse et du charbon de cornue. Au centre, une plaque de charbon, surmontée d'une

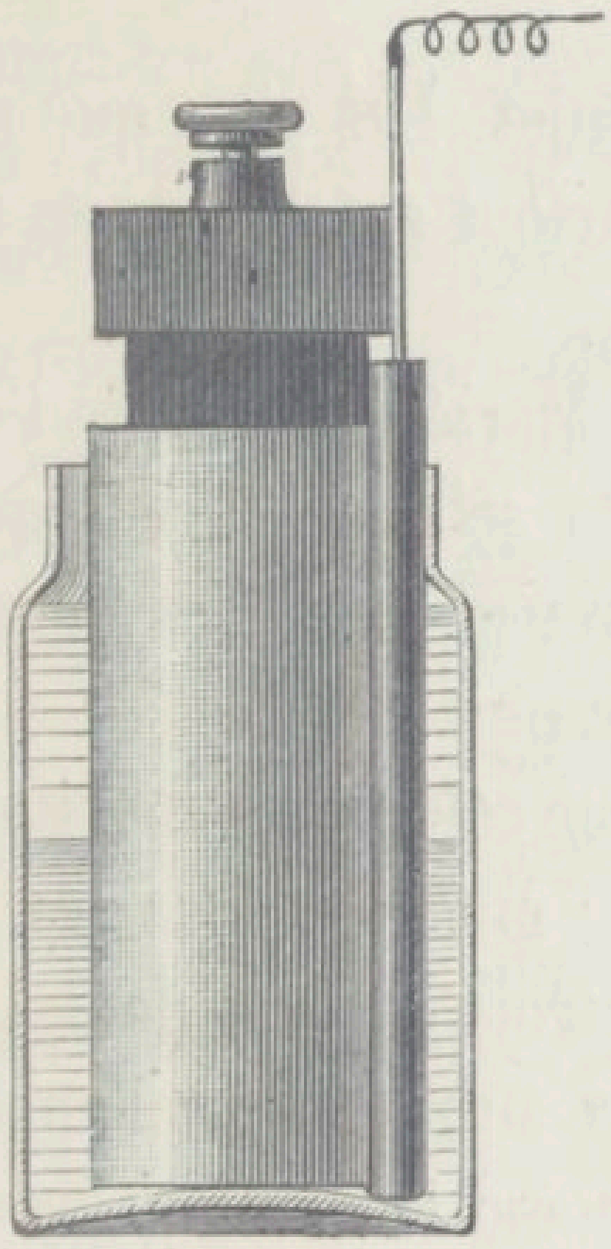


Fig. 143.

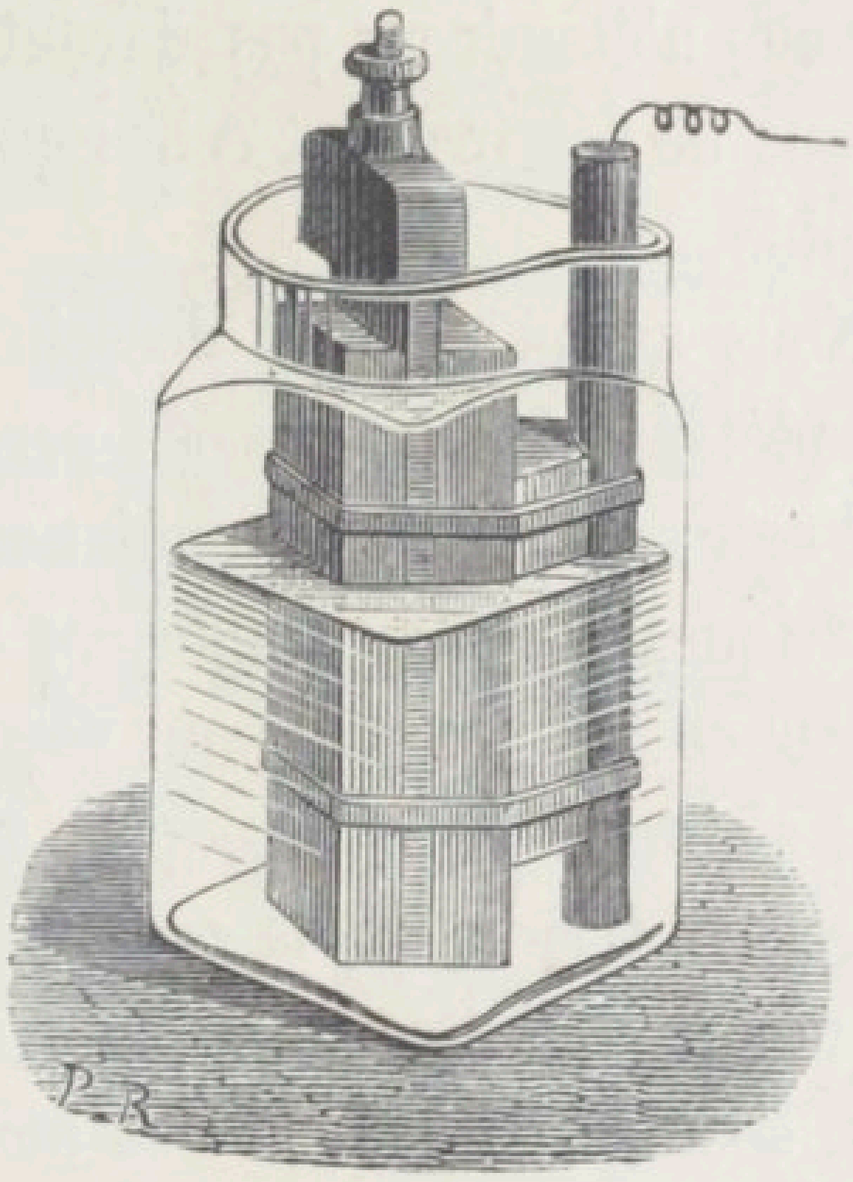


Fig. 144.

tête en plomb coulé, forme le réophore négatif de l'élément. On ne met qu'un peu d'eau dans le vase extérieur, environ la moitié, et l'on y ajoute du chlorhydrate d'ammoniaque.

M. Leclanché a apporté récemment des modifications à cette pile ; en tassant convenablement le mélange de peroxyde de manganèse et de charbon de cornue à la presse hydraulique, il a pu, avec de la résine gomme laque, agglomérer l'ensemble sous forme d'un cylindre contenant le bâton de charbon qui forme l'électrode conductrice. Le vase poreux est ainsi supprimé. Le zinc, dont la forme reste la même, est séparé du cylindre de

charbon par des morceaux de bois et maintenu en place par des bracelets en caoutchouc (fig. 144).

Cette pile est la plus propre et la plus commode que nous connaissions. Elle peut, d'ailleurs, durer très longtemps sans recevoir de soins, pourvu qu'on l'emploie aux usages auxquels elle est appropriée. Les grandes compagnies de chemins de fer en France s'en servent presque exclusivement, et l'on cite certaines stations où les mêmes piles fonctionnent encore parfaitement après *neuf années d'usage.*

Nous n'étendrons pas davantage ce sujet. Les piles que nous venons de décrire sont celles qui sont surtout employées en télégraphie.

Nous avons omis à dessein la pile Marié-Davy, que l'on a complètement abandonnée, parce que les sels mercuriels qui la font agir sont d'une manipulation dangereuse. Les piles thermo-électriques sont peu employées en télégraphie.

Par ce qui précède nous voyons qu'une combinaison voltaïque peut s'obtenir de beaucoup de manières; mais, en tous cas, elle exige une triade, ou la combinaison de trois choses, dont l'une au moins doit être un liquide; les deux autres, dans l'application, sont généralement des métaux. Quand la combinaison est bien faite, la force qu'elle engendre, et que l'on appelle généralement *force électro-motrice,* peut exister à l'état latent ou se manifester suivant que le rapport entre toutes les parties de la triade est complet ou interrompu. On nous comprendra mieux si nous considérons les trois éléments de la triade comme formant un triangle dont l'eau acidulée serait la base, et les deux métaux les deux autres côtés. Tant que le triangle reste complet, les côtés sont unis sans solution de continuité, et tous se touchent aux coins comme Δ; tant qu'il en est ainsi, la force électro-motrice se manifeste en se mouvant dans une course continue tout autour du triangle, en direction analogue à celle des aiguilles d'une montre dans leur mouvement ordinaire. Mais, dès que l'un ou l'autre des côtés du triangle est séparé, soit le zinc,

soit le cuivre, ou le liquide, ou que l'un d'eux se trouve supprimé, la force cesse d'agir. On peut toutefois rétablir cette action au moyen d'un fil, même de très grande longueur, qui réunirait les deux pôles de la pile, ou bien si l'un de ces pôles, le zinc par exemple, est mis en communication avec la terre, le fil continu qui est attaché à l'autre pôle sera doué de propriétés particulières si l'on met aussi à la terre son autre extrémité. Ces propriétés peuvent se manifester d'une manière sensible et se reconnaître par des moyens très ordinaires; mais en augmentant les proportions et en adoptant des dispositions qui multiplient ces effets, ils deviennent manifestes et très prononcés, et peuvent donner lieu à des mouvements mécaniques très accentués.

Un fil ainsi disposé acquiert des qualités magnétiques qui sont la base de la télégraphie. Enroulé autour d'un noyau de fer doux, il l'aimante chaque fois que le courant passe, et cette aimantation sert à attirer une pièce de fer doux susceptible d'imprimer son mouvement à un mécanisme. Si d'ailleurs ce fil est placé auprès ou autour d'une aiguille aimantée, le courant qui le parcourt imprime à l'aiguille des mouvements qui peuvent être alternés à droite et à gauche, et former les signes visibles d'un langage convenu.

Nous allons voir comment on doit employer le fil, et de quelle manière on peut multiplier ou augmenter la force qu'il possède, afin de produire d'une manière pratique ces effets qui, en réalité, sont les deux effets qui se produisent dans les télégraphes électriques. Le fil acquiert ces propriétés, quelle que soit sa longueur, mais les effets varient en raison de cette longueur. En tout cas, il faut (ce qui est un fait) considérer le fil comme un obstacle à vaincre; plus il est long et aussi plus il est fin, plus l'obstacle est grand. Cet obstacle ou cette résistance n'influe pas du tout sur la rapidité effective avec laquelle la force se transmet, et c'est un point important à noter, il ne fait que réduire la quantité qui se meut et diminue ainsi l'effet. En outre, quelle que soit la valeur de la force dans une partie quelconque

du circuit, elle est la même dans toutes les autres ; de telle sorte que si le fil est plus gros dans un endroit quelconque du circuit, la résistance générale est diminuée, et il passe plus de force dans chaque partie du circuit dans un temps donné. Si le fil qui joint les deux métaux était plié comme le représente cette petite figure A, la force monterait d'un côté jusqu'au sommet, et puis redescendrait de l'autre ; mais si on ajoutait en travers, de cette manière A, un autre fil de même grosseur, il ne passerait qu'une portion de la force par le sommet, le reste prendrait le plus court chemin ; et, en somme, il en passerait plus dans cette position que dans l'autre. Si le bout qui traverse formait avec les autres un triangle équilatéral, deux tiers passeraient par là, et un tiers par le sommet. C'est le principe des dérivations ou shunts que nous mentionnerons seulement ici. Pour produire un certain travail, un seul élément de pile ne suffit pas, et il faut accoupler plusieurs de ces éléments pour obtenir des effets marqués. Ces effets varient suivant la manière dont on les accouple. Les piles ont, comme les conducteurs, une résistance propre que l'on peut diminuer en augmentant leur surface d'une manière factice. Considérons, par exemple, six couples, et admettons la règle de représentation d'une pile où les gros traits (fig. 145) désignent le zinc, et les traits allongés et fins le cuivre.

Dans A de la figure 145, ils sont associés en tension, et si E désigne la force électro-motrice de chaque élément, et R, sa résistance, il est clair que la pile de six couples en tension aura une force électro-motrice de 6E et une résistance de 6R.

On peut les associer tous en quantité comme en B. La force électro-motrice de cette pile sera E, et sa résistance $\frac{R}{6}$. On peut les associer par deux en tension et par trois en quantité, comme en C ; la force électro-motrice sera alors 2E, et la résistance $\frac{2}{3}$R.

On peut enfin les associer comme en D, par trois en tension

et deux en quantité; la force électro-motrice sera 3B, et la résistance $\frac{3R}{2}$.

On voit donc qu'avec un nombre suffisant d'éléments on peut toujours réaliser une pile qui ait autant de force électro-motrice

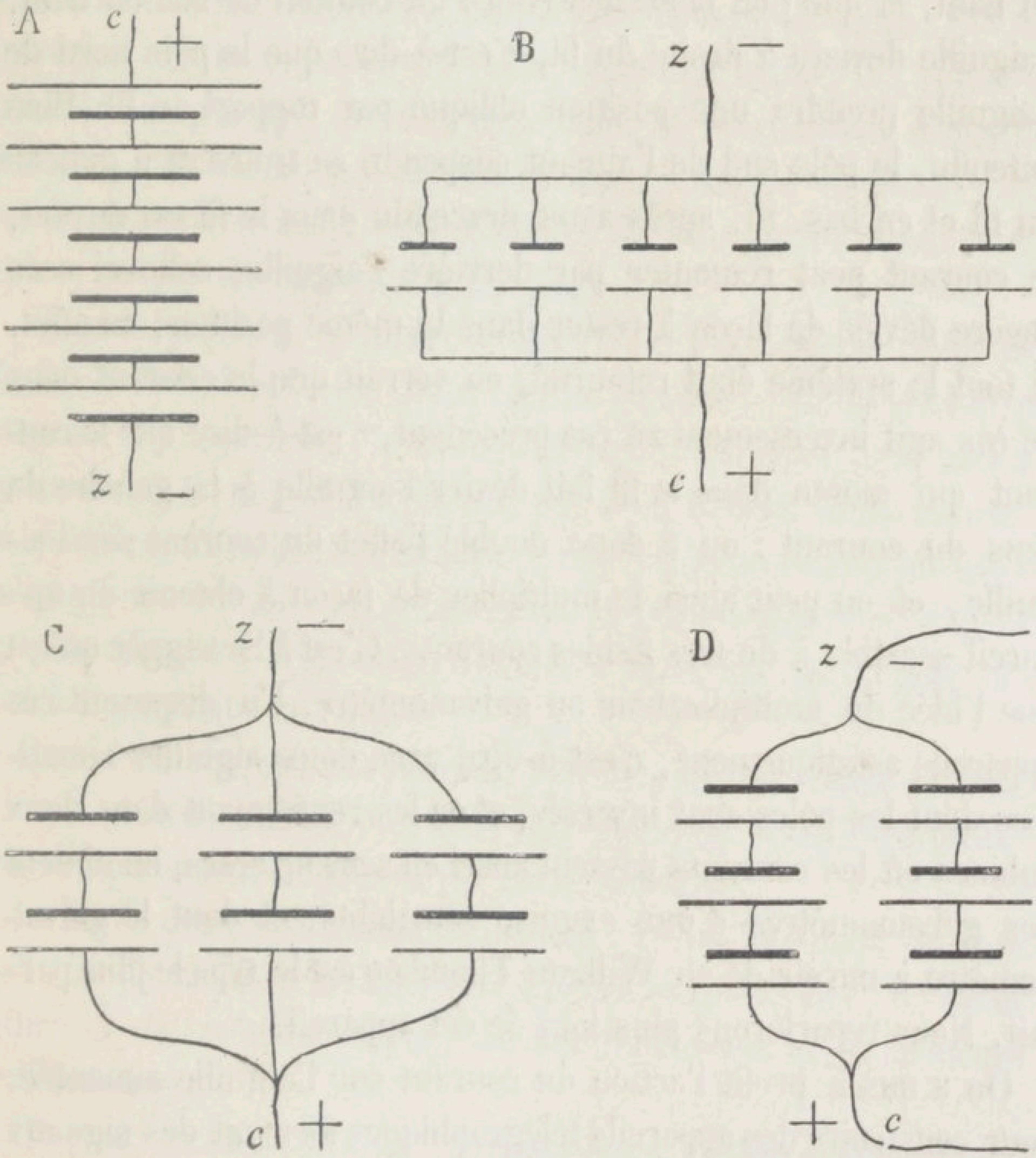


Fig. 143.

et aussi peu de résistance qu'on veut. Dans la pratique de la télégraphie électrique, on n'a besoin que d'augmenter la force électro-motrice sans se préoccuper de la résistance. On peut

d'ailleurs diminuer sûrement celle ci, en augmentant les dimensions des éléments qui la composent.

Nous avons dit que l'effet d'un courant de pile sur le fil qui joint ses électrodes pouvait dévier une aiguille aimantée. Si l'aiguille suspendue par son centre et le fil qui l'environne sont perpendiculaires, c'est-à-dire si l'aimant a son pôle N pointant en haut, et que l'on fasse descendre un courant de bas en haut, l'aiguille déviera à droite du fil, c'est-à-dire que le pôle nord de l'aiguille prendra une position oblique par rapport au fil. Bien entendu, le pôle sud de l'aimant suspendu se trouvera à gauche du fil et en bas. Si, après avoir descendu dans le fil par devant, le courant peut remonter par derrière l'aiguille, celle-ci sera encore déviée de façon à rester dans la même position; en effet, si tout le système était retourné, on verrait que le courant dans ce cas agit inversement au cas précédent, c'est-à-dire que le courant qui monte dans le fil fait dévier l'aiguille à la gauche du sens du courant : on a donc doublé l'effet du courant sur l'aiguille, et on peut ainsi le multiplier de façon à obtenir un appareil sensible à de très faibles courants. C'est à Sweigger qu'est due l'idée du multiplicateur ou galvanomètre. En disposant ces appareils astatiquement, c'est-à-dire avec deux aiguilles aimantées dont les pôles sont inversés, et en les renfermant dans deux bobines où les courants passent aussi en sens inverses, on obtient des galvanomètres d'une exquise sensibilité, et dont le galvanomètre à miroir de sir William Thomson est le type le plus parfait. Nous reparlerons plus loin de cet appareil.

On a mis à profit l'action du courant sur l'aiguille aimantée, pour construire des appareils télégraphiques formant des signaux au moyen de déviations de l'aiguille à droite ou à gauche; ces variations de direction s'obtiennent en changeant le sens du passage du courant.

Comme l'action exercée par le courant ou par les aimants puissants sur les solénoïdes est la même que celle du courant sur l'aiguille aimantée, on a aussi construit des appareils basés sur

ce principe (le siphon recorder de sir William Thomson, par exemple).

Enfin, les effets mécaniques les plus puissants sont surtout obtenus au moyen des électro-aimants.

Arago observa un des premiers que le fer doux se transforme en aimant sous l'influence d'un courant électrique voisin. Si l'on introduit un barreau de fer doux dans une hélice, il s'aimante pendant le passage du courant; mais le magnétisme disparaît aussitôt que le courant est interrompu. L'hélice se forme avec un fil de cuivre isolé, auquel on fait faire un grand nombre de spires autour du barreau de fer doux.

Dans la pratique, le morceau de fer doux est recourbé en forme de fer à cheval ou toute autre forme similaire; le fil peut être enroulé sur les deux branches de façon à former une hélice dextrorsum et une sinistrorsum, ou deux hélices sinistrorsum, ou encore deux hélices dextrorsum, pourvu qu'en reliant les deux hélices l'une à l'autre on remplisse la condition rigoureuse d'avoir un pôle austral à l'extrémité d'une des branches, et un pôle boréal à l'extrémité de l'autre.

Quand on supprime le courant, l'électro-aimant rentre de suite à l'état neutre; mais il faut pour cela que le fer dont il est formé soit complètement dépourvu de force coërcitive.

La force des électro-aimants dépend : 1° de l'intensité du courant; 2° du nombre de spires de l'hélice magnétisante; 3° de la nature et de la forme du fer; 4° des dimensions et de la forme de l'armature.

On peut encore dire que, toutes choses égales d'ailleurs, un électro-aimant est d'autant plus puissant que le diamètre du fer est plus fort; que, dans des conditions identiques, l'intensité magnétique d'un même électro-aimant est proportionnelle à l'intensité du courant; que sa puissance paraît proportionnelle au nombre des tours de l'hélice.

Les données ci-dessus seront, sans doute, suffisantes pour faire comprendre à nos lecteurs le jeu des appareils que nous allons

décrire dans le prochain chapitre. Nous n'avons pas voulu entrer dans plus de détails sur la théorie des électro-aimants; il y a d'ailleurs sur la matière d'excellents traités (1) que l'on pourra consulter avec fruit, dans le cas où la lecture de notre travail engagerait à approfondir ces intéressantes questions.

(1) M. le Cte Dumoncel. *Etude du Magnétisme* et de *l'Electro-Magnétisme*. Paris, Hachette, 1858.

CHAPITRE V

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES.

Wheatstone et Cooke. — Miroir de Thomson. — Commutateurs. — Condensateurs. — Siphon-recorder. — Morse. — Relais. — Appareil automatique de Wheatstone. — Hughes, Duplex. — Plaques de terre, paratonnerres.

Oui, nous sommes rois de la terre,
Notre fief s'étend plus loin que nos yeux.

SOULARY.

Nous avons vu, dans l'historique des premiers essais de la télégraphie, qu'après avoir introduit en Angleterre une copie du télégraphe de Schilling, M. Cooke l'avait, d'accord avec Wheatstone, d'abord transformé en appareil à cinq aiguilles exigeant cinq fils, puis à deux aiguilles avec deux fils de ligne. Wheatstone réduisit l'appareil plus tard à une seule aiguille fonctionnant sur un seul fil de ligne. Cet appareil a été conservé en Angleterre par toutes les compagnies de chemins de fer et sur des lignes peu importantes du réseau du Post-Office.

Le *single needle* est basé sur le fait fondamental que nous avons exposé dans le chapitre précédent; c'est-à-dire qu'une aiguille aimantée, placée dans le centre d'une bobine de fils l'enveloppant de ses circonvolutions, déviera à droite ou à gauche, suivant que le courant entrera d'une façon ou de l'autre dans le fil de la bobine. Il y a deux formes de *single needle*; l'une à manette (fig. 146), l'autre à pédales (fig. 148). Les principes de ces appareils sont exactement les mêmes, la seule différence se trouvant dans le manipulateur. La figure 147 montre l'appareil découvert. A est le récepteur. Il consiste en deux bobines de fil de cuivre recouvert de soie et placées symé-

triquement par rapport à l'aiguille aimantée qui se meut dans leur foyer magnétique. Une extrémité de ces bobines communique à la ligne, et l'autre aboutit à la terre. Sur le même axe que l'aiguille aimantée, on a fixé un indicateur se projetant sur un cadran extérieur. Les mouvements de cet indicateur sont

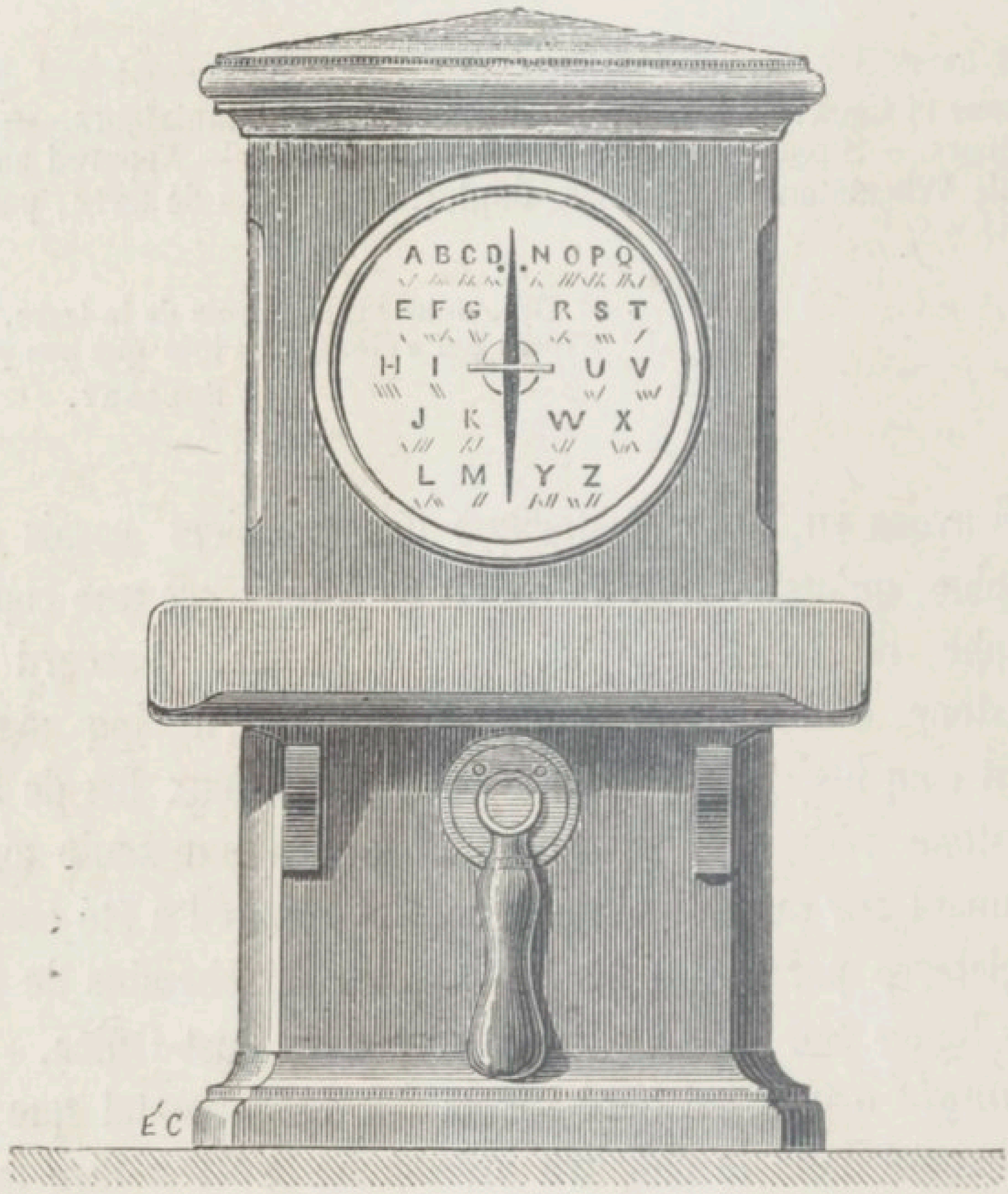


Fig. 146.

réglés par deux petites bornes en ivoire, qui en limitent le jeu. Quand un courant traverse les bobines, l'aiguille et l'indicateur sont déviés, et la direction de cette déviation dépend uniquement de la manière dont le courant passe. Bien que séparées apparemment, les deux bobines ne forment qu'un seul et même circuit, étant toutes les deux rattachées à un cadre métallique

qui permet l'action isolée d'une des deux bobines au cas où le fil de l'autre viendrait à être brûlé par la foudre.

Pour faire passer le courant de manière à faire dévier l'aiguille à droite ou à gauche à volonté, il suffit donc d'un arrangement qui permette de renverser le sens du courant dans les bobines. L'examen du manipulateur nous montrera comment cela s'effectue. Les fils de la pile sont amenés à *z* et *c*, où *z* reçoit le pôle zinc, et *c* le pôle cuivre. Le fil de ligne est amené en A, et de B part un fil aboutissant à la terre (fig. 149). L'arbre DF (fig. 150), qui se termine par la manette du manipulateur, est formé de deux parties D et F, en bronze, et séparées l'une de l'autre par une matière isolante ; à D se rattache le pôle cuivre, et à F le pôle zinc. Deux ressorts en acier *p*, *p'*, rattachés séparément aux pièces *b*, *b'*, mettent en communication *bp* avec A, c'est-à-dire les bobines, et *b'p'* avec B, c'est-à-dire la terre. Ces deux ressorts pressent fortement contre les parties D et F; ce qui maintient la continuité de la ligne. La moitié de l'arbre F porte un goujon métallique *m* (fig. 147), qui reste entre les deux ressorts *p* et *p'*, sans les toucher tant que le manipulateur est au repos; une pièce semblable *m'* se trouve sur D entre les deux pièces *b* et *b'*, qu'elle ne touche pas tant que le manipulateur reste fixe. Nous savons que *bp* et *b'p'*

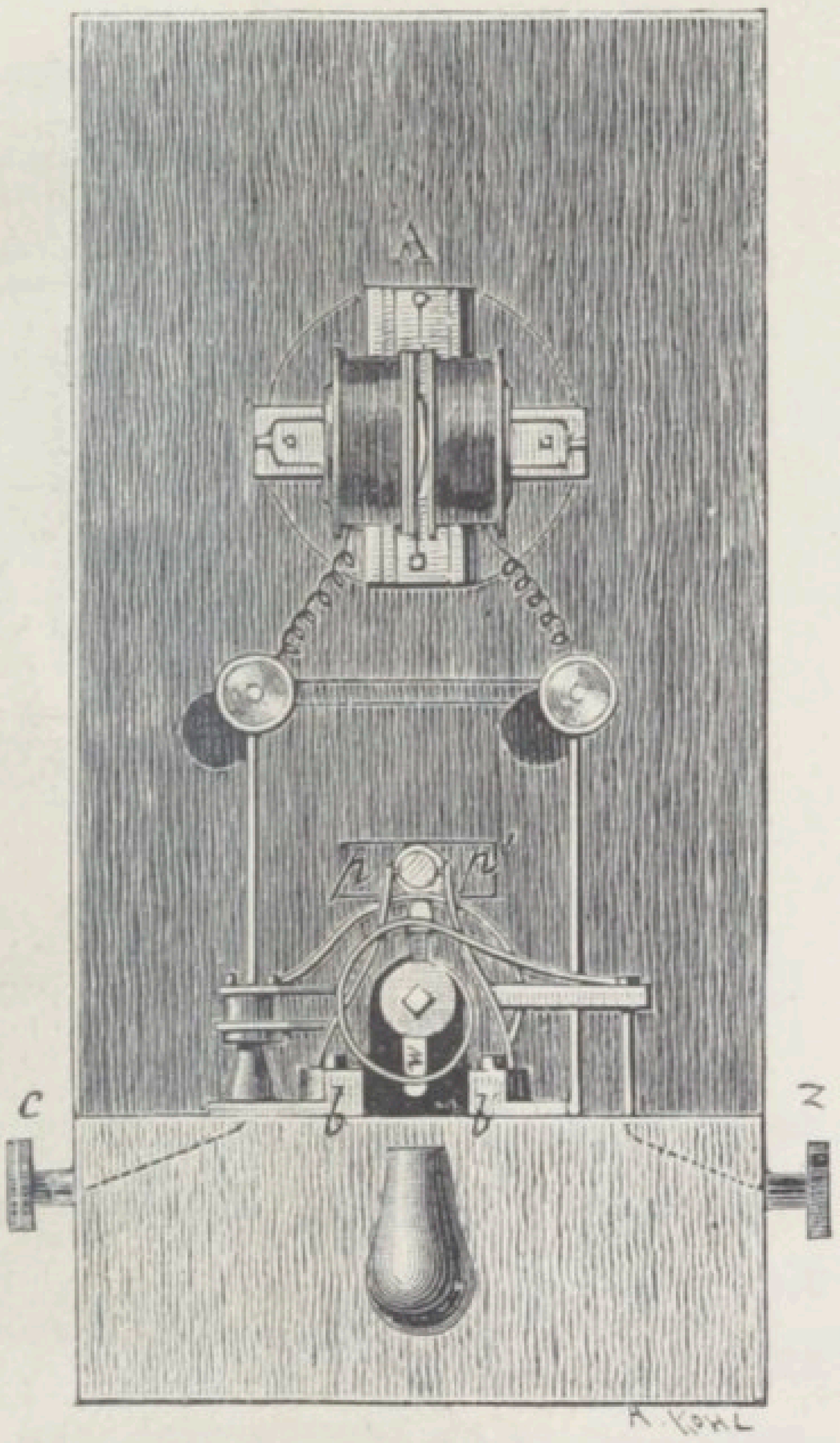


Fig. 147.

sont en contact métallique. Si, maintenant, la manette du manipulateur est tournée à gauche, m' suit le mouvement, et, pressant contre b (qui par p est en communication avec A), il met en communication le cuivre de la pile avec la ligne; au même instant, le goujon m est amené à droite, et, pressant contre le ressort p', il met b', et par conséquent B et z, en

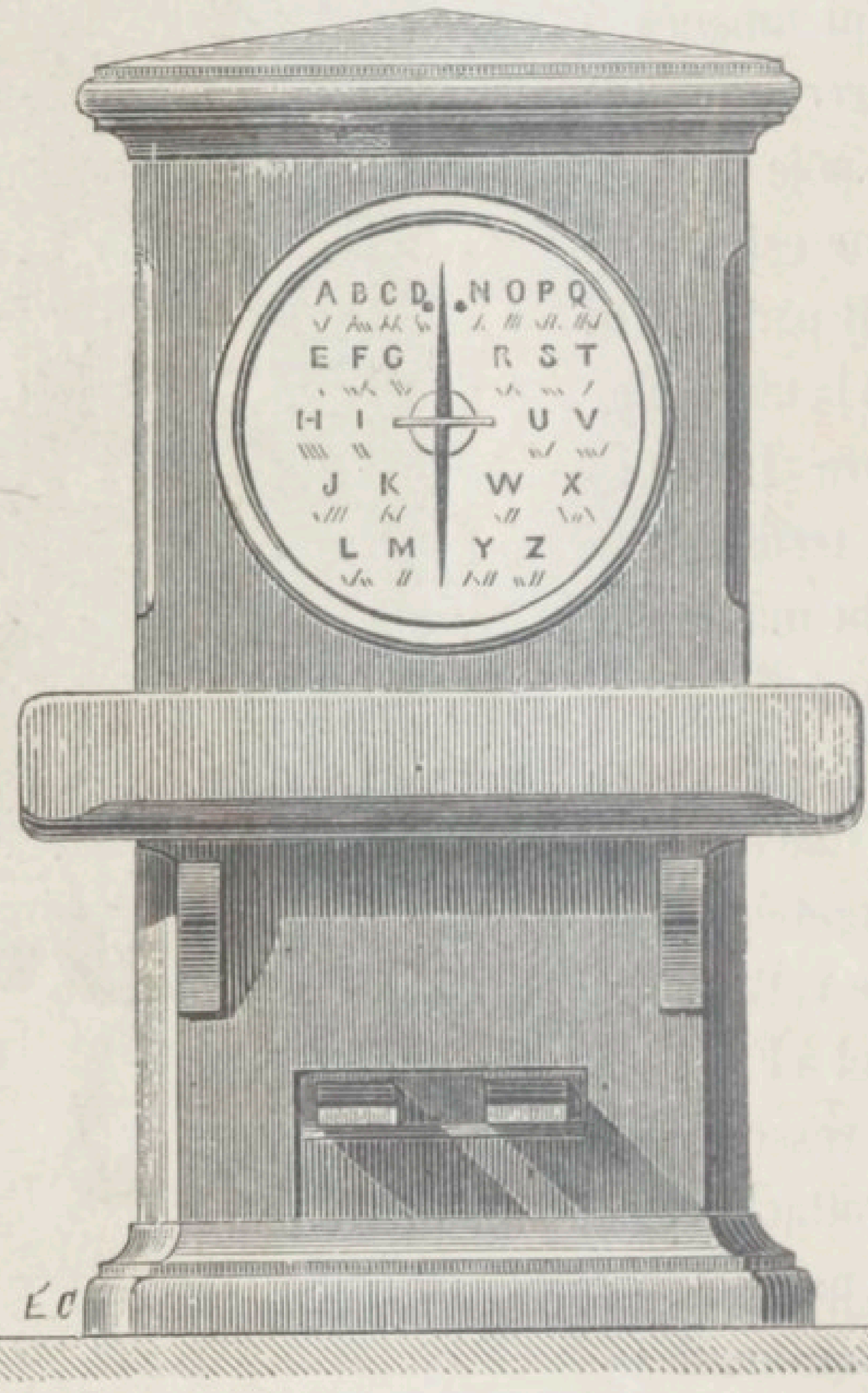


Fig. 148.

communication; ce qui fait passer le courant zinc à la terre. Si, maintenant, la manette est tournée à droite, tous les mouvements sont renversés; le goujon m' est mis en contact avec b' et met par conséquent le cuivre à la terre; tandis que m, en pressant contre p, envoie le courant zinc à la ligne. Le courant peut alors être considéré comme passant par la terre pour arriver

aux bobines de la station correspondante, déviant l'aiguille en direction opposée à celle qu'elle recevait précédemment; puis retournant par la ligne à A, où elle rejoint le zinc de la pile.

Dans la forme à pédale, le principe d'émission des courants est différent.

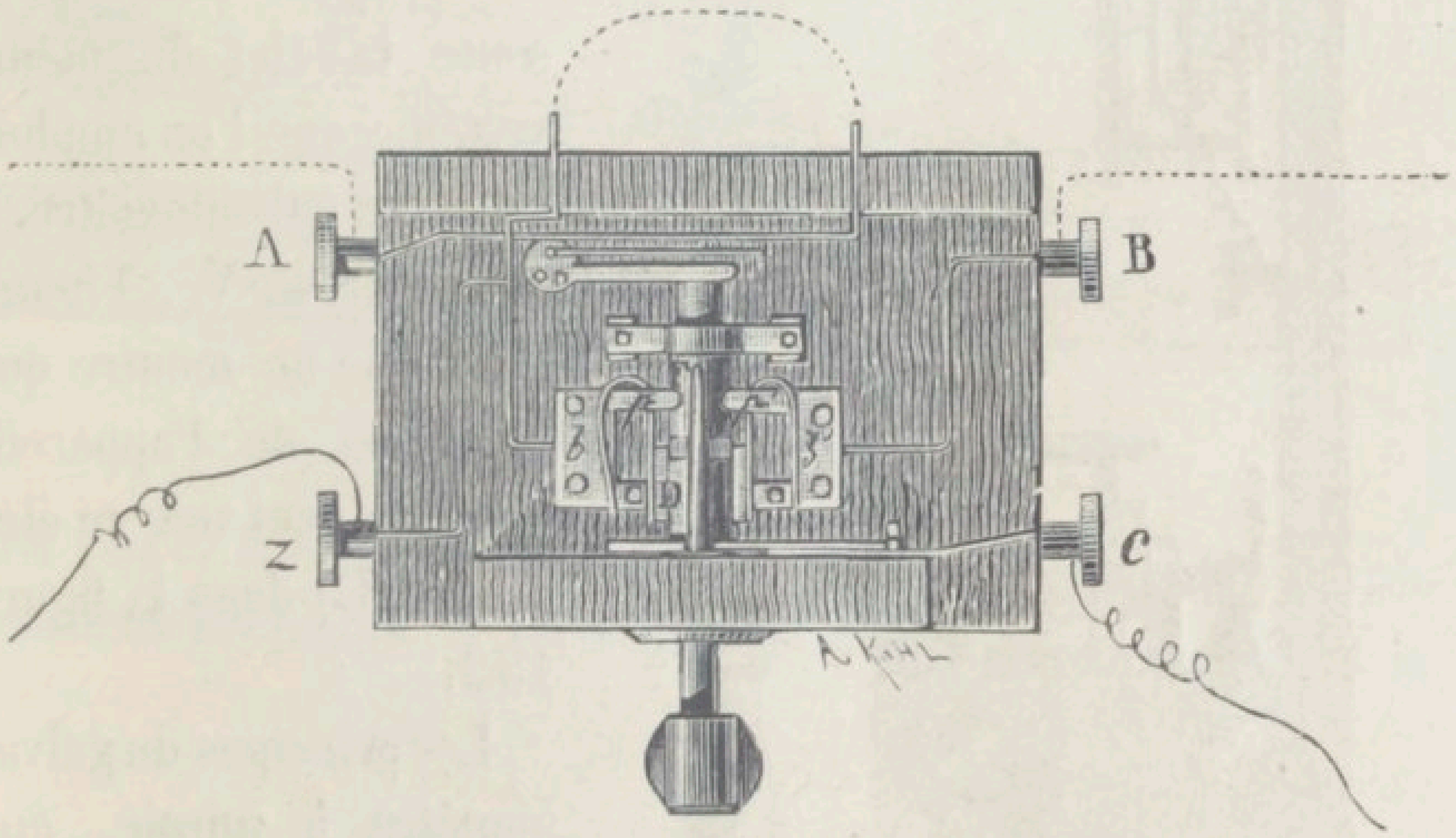


Fig. 149.

Dans la clef page 268, *z* et *c* (fig. 151 et 152), auxquels se rattachent les pôles de la pile, sont des bandes de métal. E et L représentent deux bandes métalliques rigides, mais pouvant s'abaisser sous la pression de la main. Elles restent toutes les deux en contact avec la bande *z*, quand elles sont au repos. L'une d'elles est en contact avec le fil de ligne L, et l'autre avec E, la terre. Si nous prenons L, il touchera C et complètera le circuit; en effet, le courant cuivre part alors sur la ligne, tandis que *z* est mis à la terre. La ligne et les bobines de la station correspondante seront donc traversées par le courant cuivre, qui reviendra par la terre rejoindre *z* et la pile.

Si, d'un autre côté, c'est la clef E que l'on presse après que L a repris sa position normale, la direction du courant est renversée; c'est le cuivre de la pile qui est maintenant à la terre,

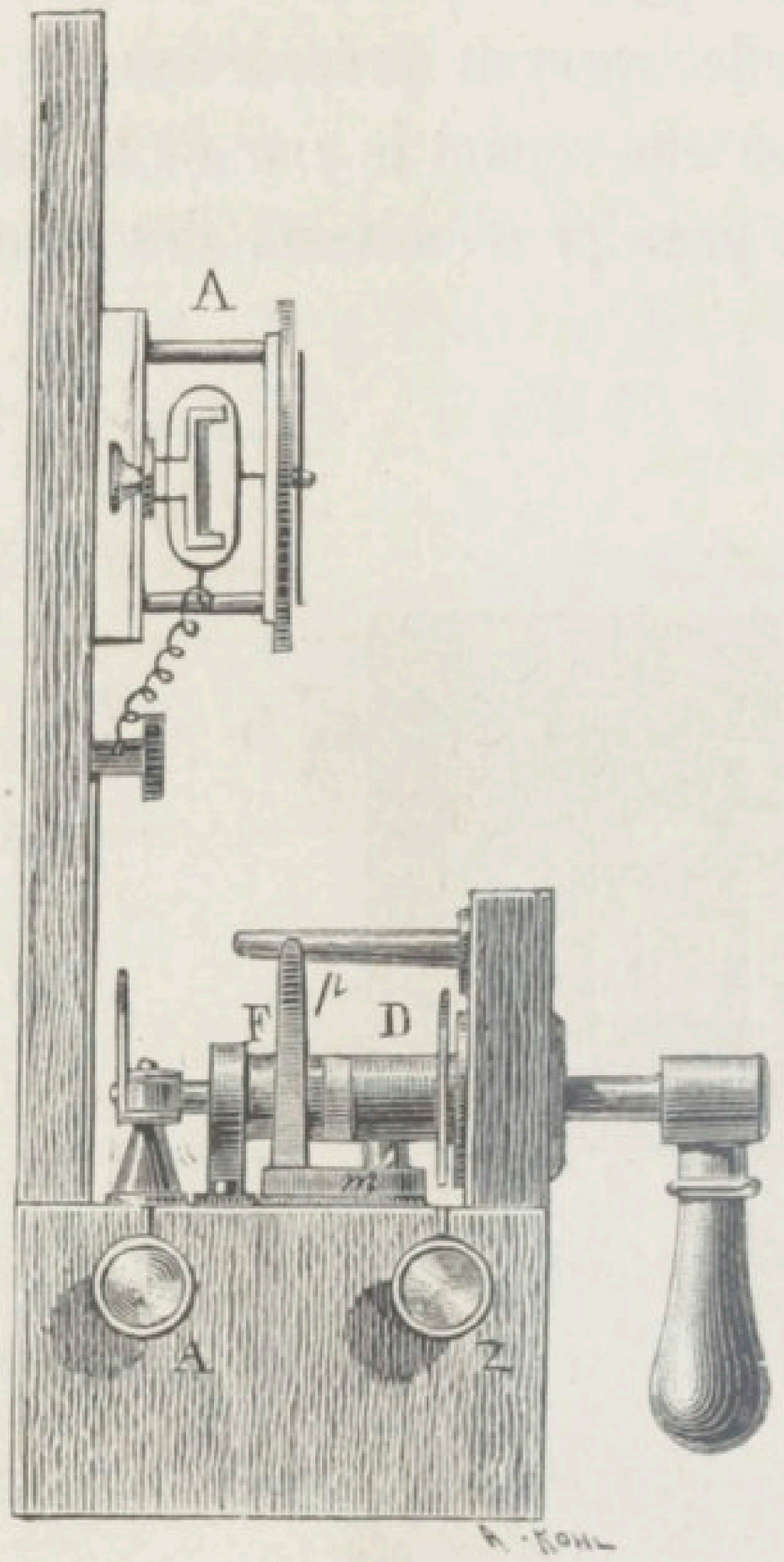


Fig. 150.

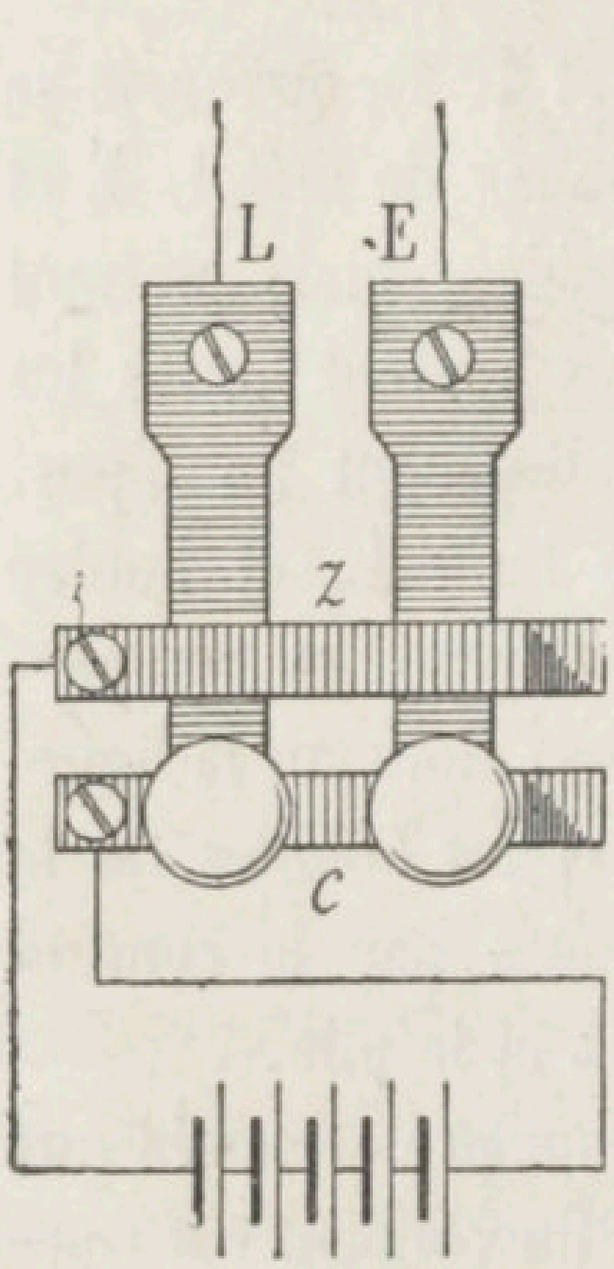


Fig. 151.

et le zinc à la ligne ; l'aiguille de la station correspondante est alors déviée dans une direction opposée.

La figure 152 représente la clef du même système que l'on emploie avec le galvanomètre à miroir de sir W. Thomson. Elle ne montre que la coupe de l'appareil, que l'on peut voir en élévation (C) dans la figure 153.

Les principes du galvanomètre à miroir, que l'on emploie sur les câbles sous-marins, sont absolument les mêmes que ceux de l'appareil Wheatstone « single-needle ». La figure 154 indique l'ensemble de cet appareil. A est le galvanomètre, C la clef des transmissions, telle que nous l'avons décrite précédemment, L la lampe, munie d'un obturateur avec verres convergents, dont le rayon lumineux est dirigé sur le miroir du galvanomètre, pour être ensuite réfléchi sur l'écran R. Le petit miroir (dont notre dessin donne les dimensions exactes) est suspendu dans un tube qui glisse dans l'axe du galvanomètre ; il est fixé par le haut et par le bas au

moyen d'une fibre de soie de cocon, qui se soude au miroir et au tube au moyen de gomme laque. L'action directrice d'un fort aimant maintient le miroir parallèle au plan de l'appareil. La lumière de la lampe, projetée sur l'écran sous la forme d'une languette de feu, représente l'aiguille du système.

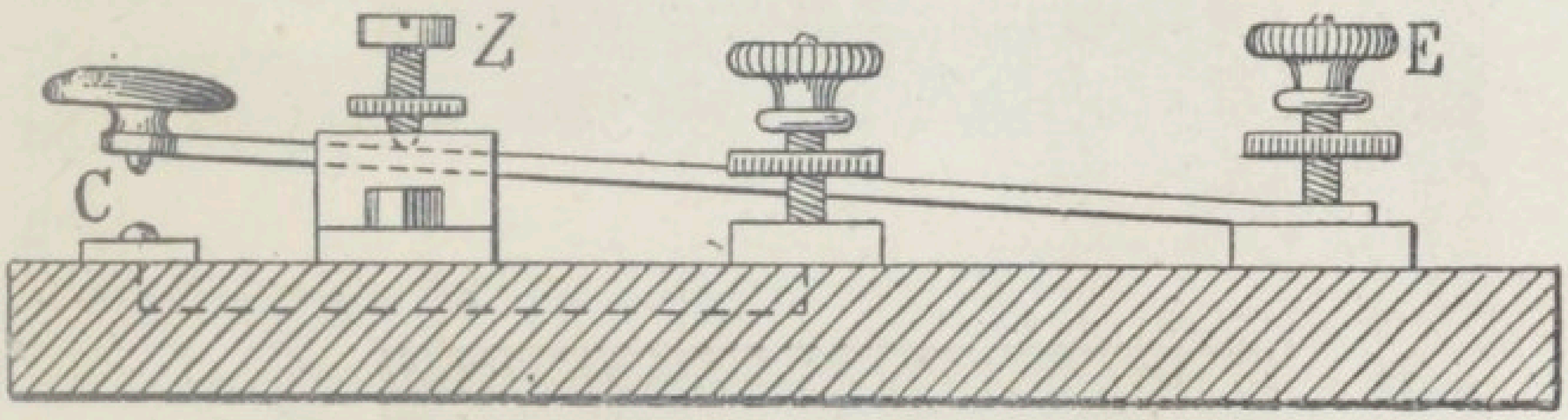


Fig. 152.

La clef *C* donne des signaux de gauche et de droite qui représentent les points et les traits du code Morse, et qui ont la

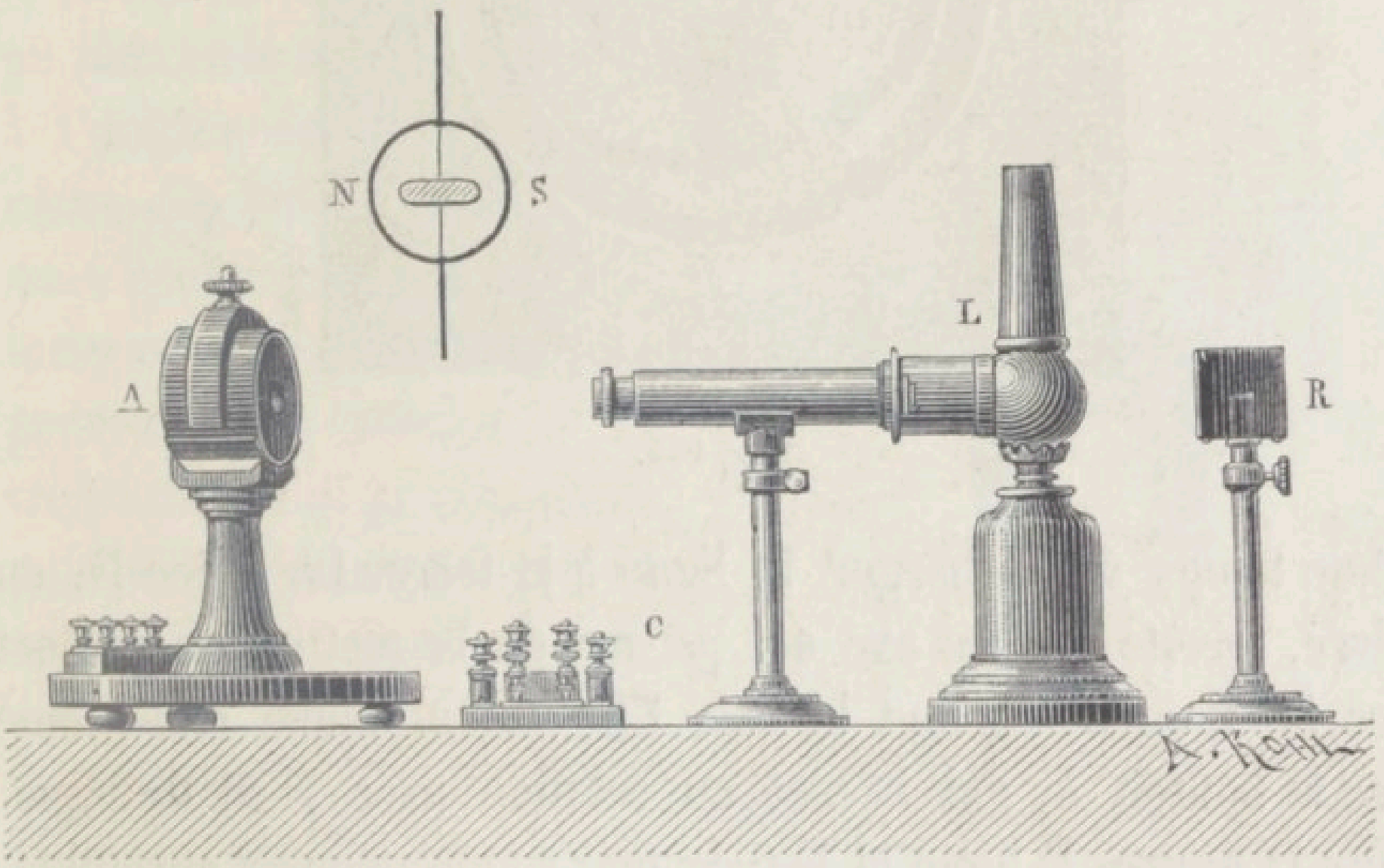


Fig. 153.

même valeur que ceux qui sont représentés sur les appareils Wheatstone. L'appareil est parfois complété par un commutateur ou distributeur, qui n'est pas représenté dans la figure 153.

Au moyen de ce distributeur (fig. 154), la ligne peut être

mise alternativement en contact avec le récepteur (3) ou la clet des transmissions (1). Un contact de passage (2) permet en

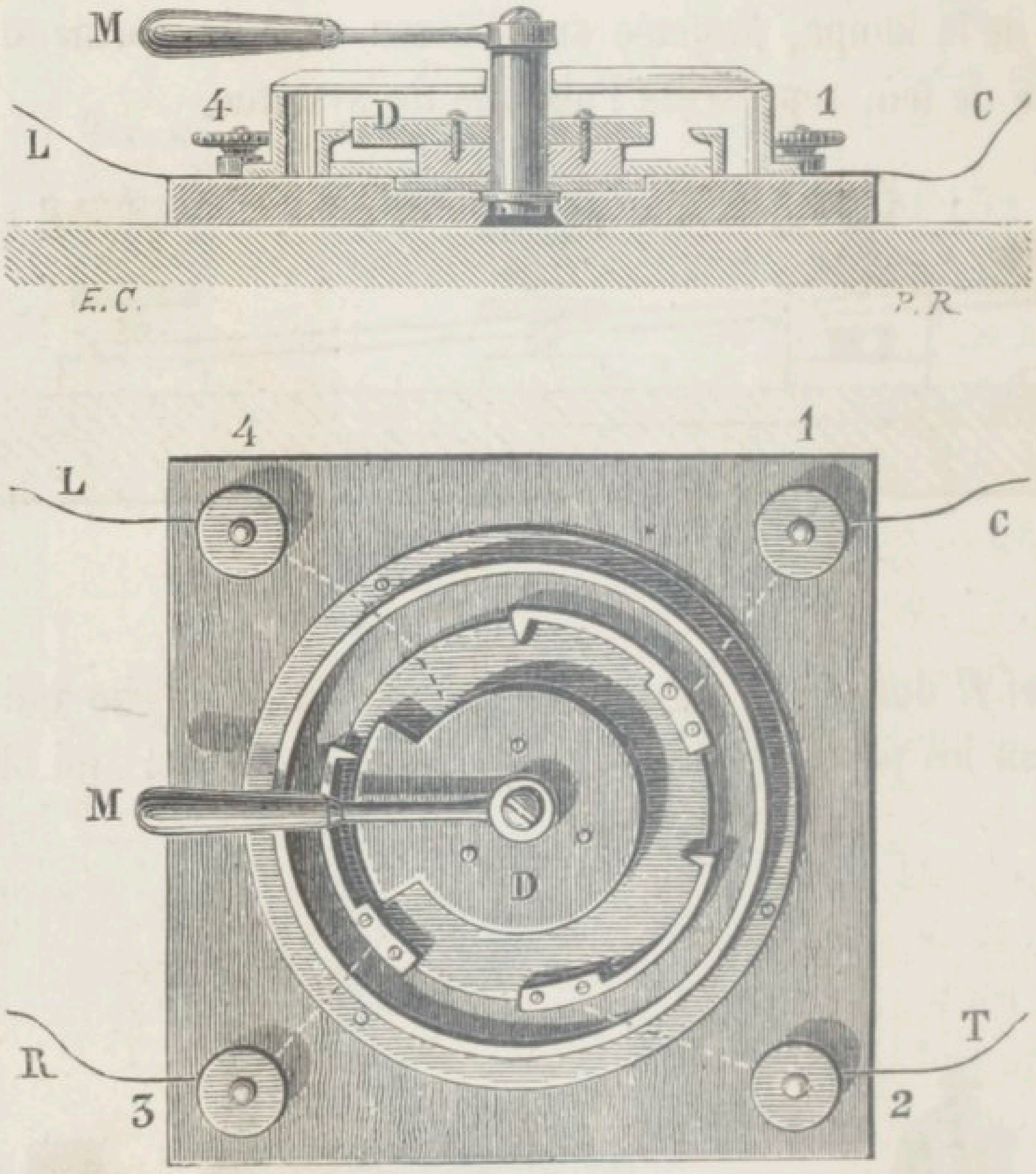


Fig. 154.

même temps de décharger la ligne à la terre. La pièce D, en cuivre, pivote sur un axe qui permet de la mettre en contact avec 1, 2 ou 3, suivant le cas. Elle communique elle-même avec le bouton 4, qui la met en relation avec le fil de ligne. Dans la figure, la ligne et le récepteur communiquent ensemble. Les signaux ont parfois besoin d'être réduits de manière à ne pas dépasser les limites de l'écran. On introduit alors, dans le circuit du récepteur, une résistance d'eau formée de deux tubes (fig. 155), dans lesquels glisse un fil de gutta-percha recourbé et muni à ses deux extrémités de bouchons d'ébonite, terminés par des pièces de platine en contact avec le fil ; suivant qu'on hausse

ou baisse ces fils, on augmente ou diminue la résistance du circuit de l'appareil, et l'on peut de la sorte limiter à volonté l'étendue des signaux. Certains employés les aiment très petits, d'autres les préfèrent plus amples ; ils trouvent ainsi le moyen de satisfaire leur goût.

Sur les grandes lignes, il est nécessaire de faire intervenir un condensateur dans le circuit, afin d'annihiler les effets d'induction. Ce condensateur se place soit sur le circuit de l'appareil seul, ou bien on le met simplement à l'origine de la ligne, qui reste, dès lors, isolée par les deux bouts. Les courants telluriques qui la traversent ne peuvent alors affecter ni la transmission ni la réception, puisqu'ils sont arrêtés par le condensateur. Dans ce cas,

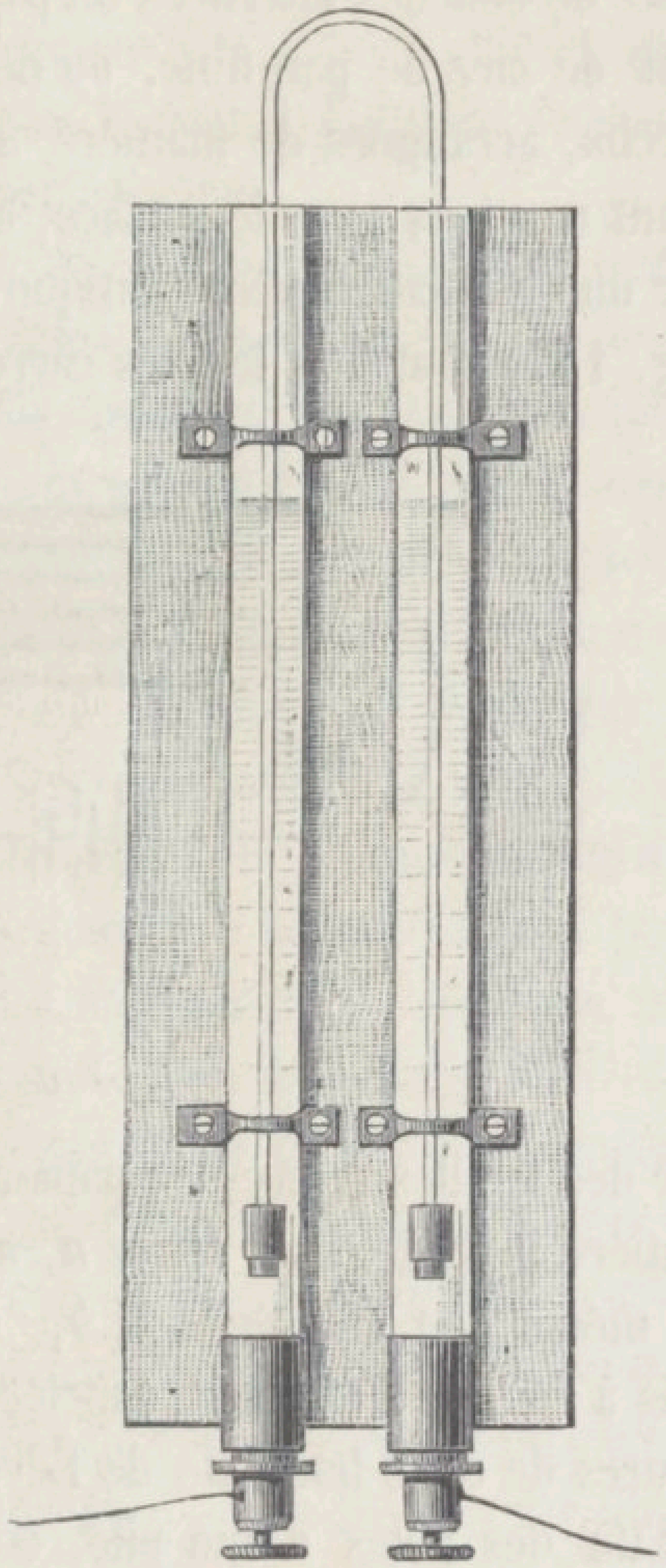


Fig. 155.

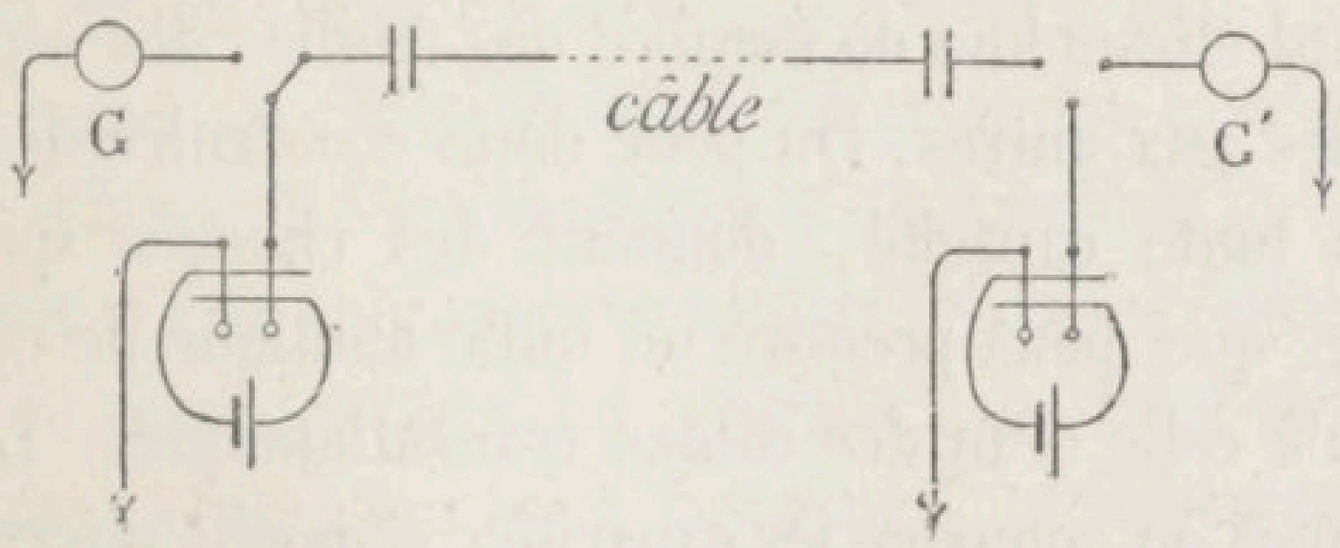


Fig. 156.

les attaches des appareils sont représentées par la figure 156,

On appelle *condensateur* ou *accumulateur* un appareil composé de couches alternées de papier métallique et de papier enduit de cire de paraffine, ou de feuilles de mica ou de gutta-percha, arrangées de manière à former une bouteille de Leyde ayant une très grande surface, et construit de manière à donner une capacité électro-statique déterminée. a, a_1, a_2. b, b_1, b_2 (fig. 157) sont des feuilles carrées de papier d'étain, séparées

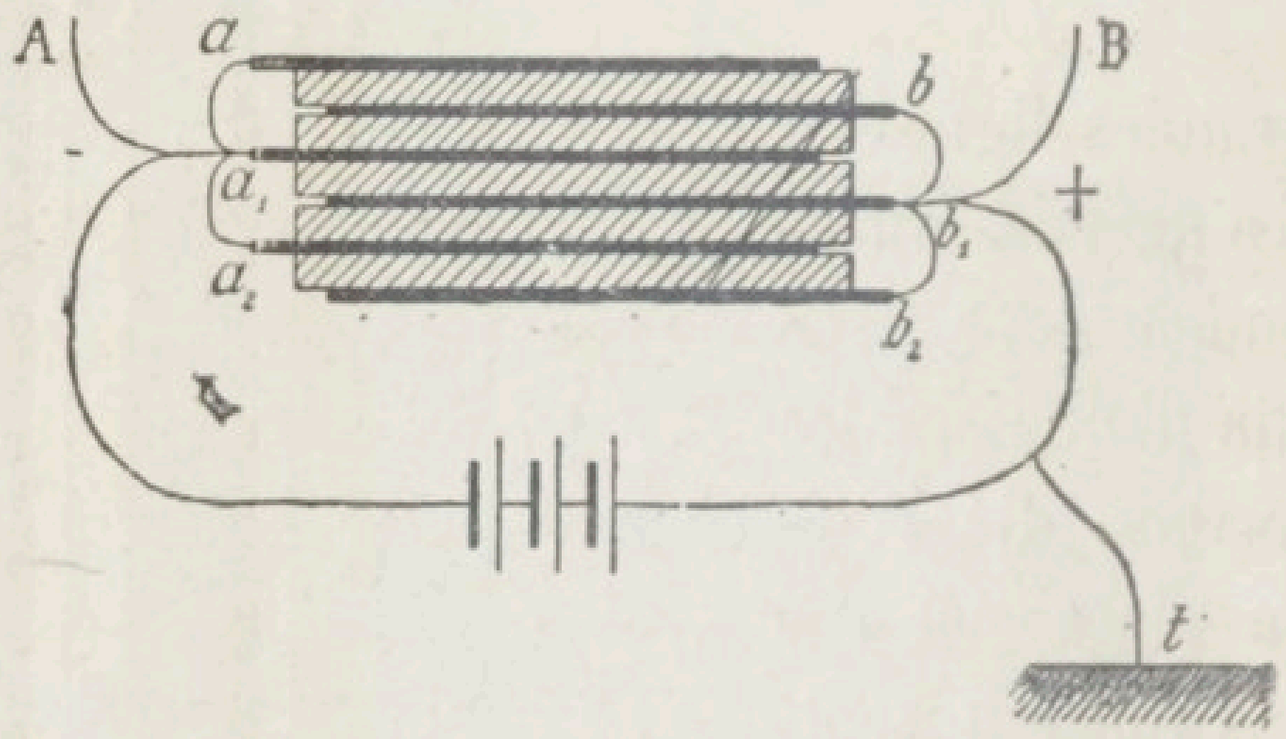


Fig. 157.

par des feuilles minces de papier imbibé de paraffine ou d'autre matière isolante. Les séries a, a_1, a_2 sont réunies entre elles, de même que les séries b, b_1, b_2. A et B sont, de la sorte, unis à ce que l'on peut appeler les parties intérieures et extérieures de cette bouteille de Leyde : en mettant B à la terre ou à l'un des pôles d'une pile, on peut communiquer à A une charge électro-statique, dont la quantité dépend du nombre des éléments de la pile et de la surface du condensateur ; cette dernière dépend elle-même du nombre des feuilles des séries opposées les unes aux autres. On peut donc construire des condensateurs de toute capacité, donnant des charges qui varient depuis celle que peut prendre un mille nautique de câble ordinaire jusqu'à celle d'un des câbles transatlantiques. L'unité ou étalon, auquel on compare les capacités, s'appelle *microfarad*, et le condensateur de cette contenance prend une charge égale à celle que prendraient trois milles nautiques de câble sous-marin.

Les signaux du miroir, ne laissant aucune trace de leur pas-

sage, offrent l'inconvénient de tous les appareils à signaux fugitifs, et si on l'emploie de préférence à tout autre, sur les grands câbles, c'est qu'il est à peu près le seul qui puisse fonctionner sur ces grands circuits sans perturbation.

Le *siphon recorder* de sir W. Thomson fonctionne toutefois sur les grands câbles de l'*Eastern-Telegraph*. On peut donc espérer qu'on pourra s'en servir aussi un jour sur les câbles de l'Atlantique. Dans cet appareil, la principale difficulté à surmonter était celle qu'il fallait vaincre pour obtenir des marques parfaites d'un corps très léger mis en mouvement rapide. Ce résultat est atteint au moyen d'un siphon capillaire en verre, par l'extrémité duquel une solution légère d'aniline bleue est crachée sur la bande de papier, par l'effet d'une décharge continue d'étincelles électriques, engendrées dans une petite machine produisant l'électricité statique par un mouvement de rotation, et que l'on désigne dans le service sous le nom de *Mouse-Mill*. Ce siphon reçoit son mouvement d'une petite bobine ou écheveau de fils fins, placé dans un foyer magnétique intense. De forts électro-aimants constamment parcourus par un courant, fourni par une pile spéciale d'une grande intensité, produisent l'aimantation du foyer. L'écheveau de fil se meut librement, entre les pôles de l'électro-aimant, et autour d'un noyau fixe en fer doux. Il communique son mouvement au siphon, au moyen de fils de cocon convenablement tendus.

Sir William Thomson rend son appareil plus efficace et plus facile à régler par l'application de dérivations graduées, qui permettent d'amortir les mouvements de la bobine qui sert de guide au siphon. Cette bobine, avec son centre de fer doux, les attaches du siphon, etc., forment un système fixé à une pièce isolée entièrement mobile, qui peut facilement se déplacer lorsqu'il est nécessaire de l'ajuster. Le réglage de la bobine des signaux se fait au moyen de l'élasticité de torsion de fils tendus, qui permettent d'obtenir une force directrice suivant qu'on les raccourcit ou les allonge (fig. 158).

La forme du siphon permettrait sans doute d'obtenir l'écoulement du fluide destiné à former la ligne continue du zéro par la simple pression atmosphérique. Toutefois, dans l'appareil que nous décrivons, l'encre est entraînée par la force de l'électricité statique d'une petite machine d'induction, mise en jeu par un engin électro-magnétique de construction nouvelle.

L'appareil d'induction est construit de telle sorte que l'accumulateur seul est utilisé, et que l'on se dispense de l'électrophore.

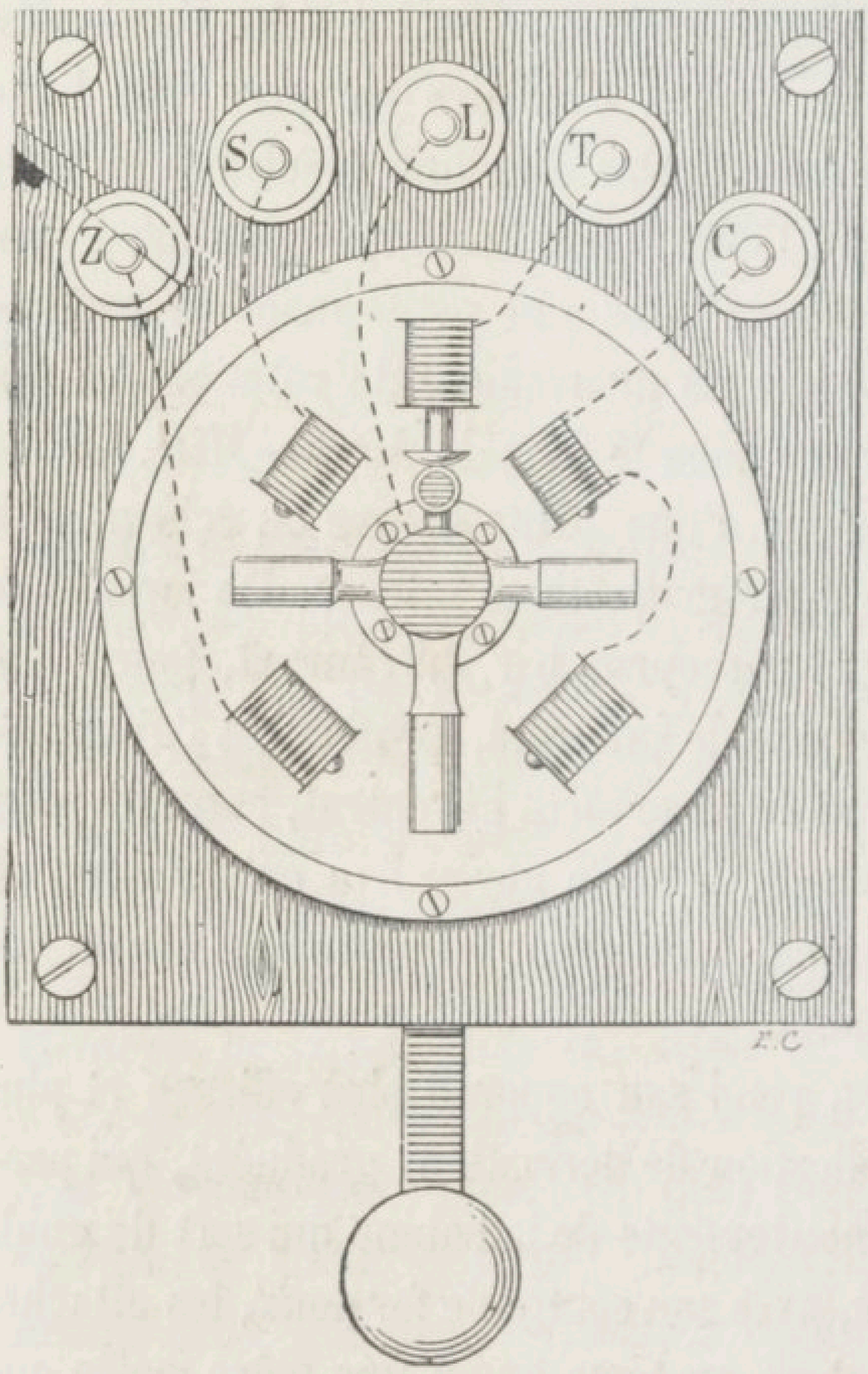


Fig. 159.

Les armatures du *Mouse-Mill* sont disposées comme les douves d'une barrique et fournissent aussi les accumulateurs de l'appareil inducteur. Le mouvement du moulin est communiqué, par un arbre et des poulies, à l'appareil de déroulement du papier enregistreur. L'arbre est maintenu en place par des guides verticaux, qui sont mis en mouvement par de la châsse ou corde à fouet, de façon à ne pas transmettre de vibrations.

Un commutateur de forme spéciale (fig. 159) permet de changer les connexions de la transmission à la réception, et l'appareil enregistreur peut, au moyen de dérivations convenables, noter aussi bien les signaux transmis que les signaux reçus.

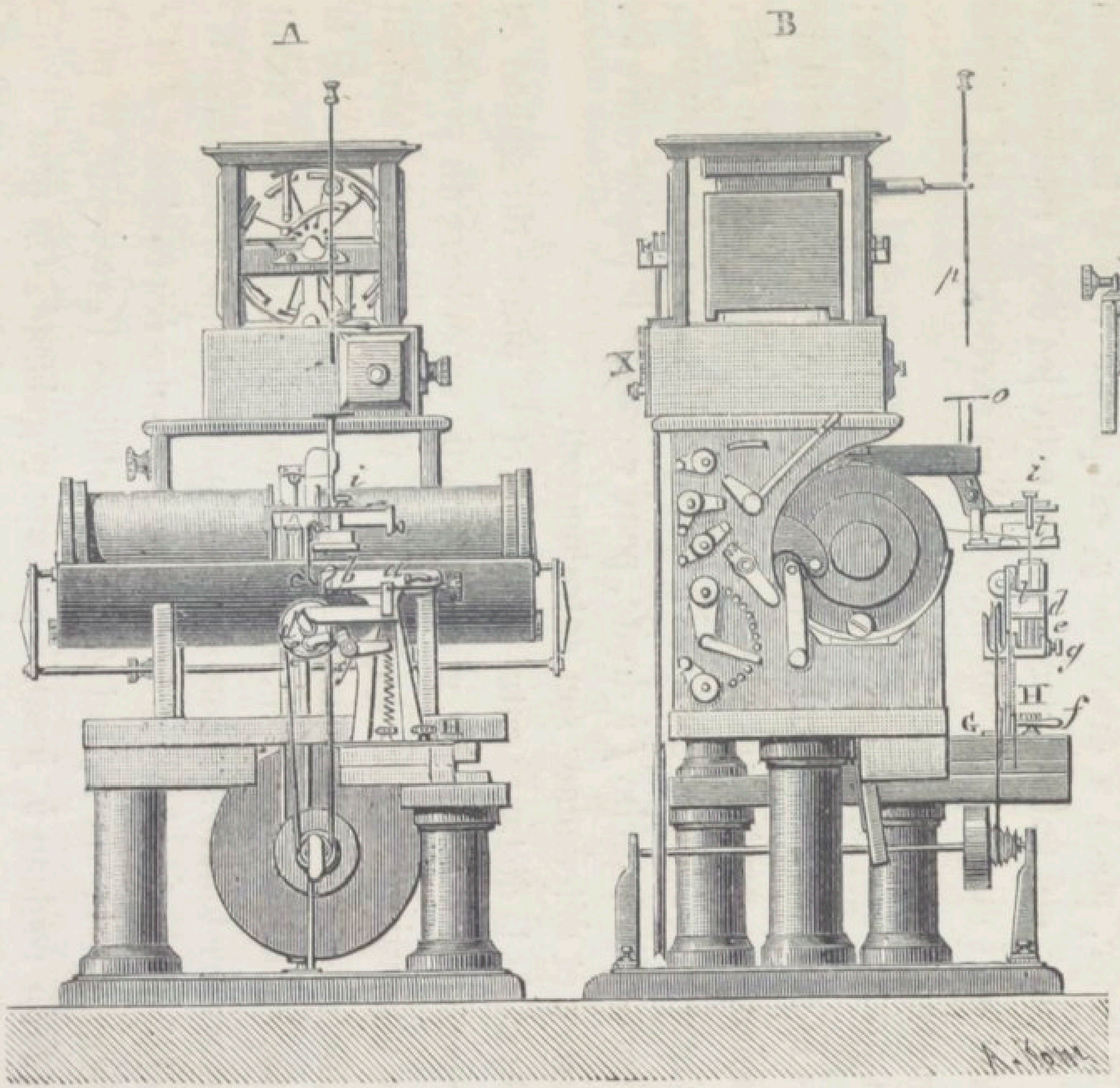


Fig. 158.

Fig. 158 bis.

La figure 158 donne l'aspect général de l'appareil.

Réglage du papier. — Le papier entre à droite et arrive sous le ressort *a*, qui le tient tendu ; puis sur le rouleau *b*, d'où il passe sur une plaque à guide légèrement convexe, *c*, qui lui donne une direction verticale vers le bas et le place immédiatement sous la pointe du siphon *tt*, jusqu'à ce qu'il atteigne le rouleau d'entraînement *d*. Il fait un quart de tour sur ce rouleau et se décharge horizontalement à gauche. Un second rouleau *e* presse le papier suffisamment pour déterminer l'entraînement contre les bords du rouleau *d*. Ce rouleau est comprimé, par ses supports, contre le rouleau d'entraînement ; les supports sont eux-mêmes fixés à un cadre en cuivre pivotant sur une forte tige horizontale *g*.

Un levier, placé à droite de *g*, est pressé vers le bas par un fort ressort, qui fait gripper le papier entre les deux rouleaux. Ce ressort peut être relâché au moyen d'un excentrique qui tourne au moyen du petit manche *f*.

Pour dégager le papier, il faut tourner le manche *f* à gauche ; alors le rouleau *e* descend de trois ou quatre millimètres et lâche le papier, qui peut alors glisser aisément et ne se déroule plus, bien que le cylindre *d* continue à tourner. Il suffira, au contraire, de tourner le manche *f* à droite, pour ressaisir le papier entre les rouleaux et déterminer son entraînement.

On règle la distance entre le papier et la pointe du siphon en tournant la vis *i*, qui fait glisser la partie supérieure du système dans une rainure. La ligne du zéro, formée par le crachement continu de l'encre, peut aussi se ramener au milieu même de la bande, en desserrant la vis H, qui permet de rapporter en avant ou en arrière tout le système supporté par la plaque triangulaire G.

On obtient un écoulement égal du papier entre les rouleaux *d* et *e* en tournant la vis *k*, qui élève ou abaisse l'extrémité la plus proche du rouleau *b*, jusqu'à parfaite régularité. On peut d'ailleurs activer ou ralentir l'écoulement du papier en transférant la courroie en châsse d'une poulie à l'autre. La vitesse d'écoule-

ment du papier peut aussi se régler au moyen du commutateur X, qui détermine la vitesse des révolutions du *Mouse-Mill*.

Réglage du siphon et de la bobine des signaux. — Les siphons se construisent aisément de la manière suivante : Prenez un tube de verre d'environ 7 millimètres de diamètre, dont l'épaisseur soit d'environ le sixième de ce diamètre ; ramollissez environ 25 à 30 millimètres près du milieu, à la lumière du gaz ordinaire, en le tournant doucement. Lorsque le verre est suffisamment ramolli, éloignez le tube de la flamme et étirez ses extrémités jusqu'à ce qu'il soit réduit au diamètre voulu. Coupez le tube fin ainsi obtenu en longueurs de 10 à 11 centimètres. Pour former un de ces tubes en siphon, il suffit d'en approcher, au point convenable, une allumette enflammée, jusqu'à ce que les parties recourbées tombent, par leur propre poids et à angles droits, avec la partie tenue en main. On peut ainsi le courber dans la forme indiquée en E (fig. 158), laissant à la grande branche une longueur d'environ 5 à 6 centimètres.

Le siphon ainsi préparé se met en position sur la selle en aluminium qui le supporte ; on l'y fixe au moyen d'un peu de cire, avec une spatule chauffée à la flamme. Cette selle S est indiquée en E dans la figure 158.

Pour fixer ou détacher le siphon, il faut soulever la pièce *mm* (B, fig. 158), qui supporte le pont du siphon *ii* et possède un guide courbé en forme de V, qui permet de le mouvoir sans déranger la bobine des signaux. Lorsque le siphon est sorti de l'encrier, on applique la spatule chaude au dos de la sellle d'aluminium : la cire fond, et l'on peut retirer le siphon endommagé pour le remplacer.

Pour régler la position relative du siphon et de la bobine des signaux. — 1° Il faut s'assurer que l'écheveau est suspendu librement autour de l'inducteur magnétique de fer doux SS, autour duquel il doit osciller ; 2° que toutes les fibres de cocon sont suffisamment tendues ; 3° que la position normale du siphon est verticale.

Quelques ajustements sont nécessaires en montant l'appareil : une fois obtenue, cette partie du réglage ne demande plus aucun changement.

L'encre la plus convenable pour le siphon est le bleu d'aniline, soluble dans l'eau. En faisant dissoudre dans un demi-verre d'eau la quantité de cristaux qui peut tenir sur la pointe d'un canif, on obtiendra une encre parfaitement fluide, d'un beau bleu foncé. Cette encre est supérieure à toute autre, parce qu'elle n'épaissit pas et ne se précipite pas, et qu'elle peut se produire par petites quantités, qui la rendent très-maniable.

Ajustement du moulin électrique. — Cet appareil est à la fois un engin électro-magnétique et une machine d'induction électro-statique. Par son premier effet, il entraîne le papier au devant du siphon ; par le second, il électrifie l'encre, qu'il projette en une ligne continue. Sur les grands câbles et avec un siphon fin, cette dernière fonction est la plus importante ; tandis que sur les câbles plus courts, où le bras de levier n'a pas besoin d'être si long et où l'on peut atteindre une plus grande vitesse, la première fonction est surtout mise à réquisition.

Si le moulin ne tourne pas assez vite, il faudra changer la pièce de contact x, de façon à diminuer la résistance introduite dans le circuit, ce qui donnera de suite une plus grande vitesse. L'ajustement des points de contact à ressort qui se forment en arrière de l'appareil, au moyen de la roue à quatre pans, devra être très précis, et les deux petites coupes dans lesquelles fonctionnent les rouleaux de friction, qui supportent l'arbre du moulin, devront être maintenues pleines d'huile fine d'horloger. Si, malgré ces précautions, le moulin tourne encore lentement, il conviendra d'augmenter la pile qui le fait fonctionner.

Trois des éléments à grande surface de Sir W. Thomson, décrits page 249 de ce volume, suffisent à cet entraînement.

L'interrupteur du contact électro-magnétique consiste en deux pointes de platine, dont l'une est fixe, tandis que l'autre est soulevée et abaissée alternativement par un ressort en acier, qui est

déplacé par un des coins de la roue à quatre pans. On verra aisément si ces pointes de platine sont trop séparées l'une de l'autre ; dans ce cas, l'électro-aimant n'agira pas successivement sur les accumulateurs aussi longtemps qu'il le faudrait, et il en résultera une diminution de force. D'un autre côté, si les contacts sont trop prolongés, l'électro-aimant continuera d'agir sur les accumulateurs après qu'ils auront dépassé ses pôles, et tendra de la sorte à retarder ou à arrêter leur mouvement. Par conséquent, le réglage de ce ressort est un des points importants de l'appareil. Il peut se faire facilement en tournant l'écrou qui élève ou abaisse le contact inférieur fixe, et une fois ajusté, il l'est définitivement.

Lorsque l'encre n'est pas suffisamment électrisée, bien que le moulin, tournant convenablement, paraisse engendrer une quantité convenable d'électricité, il faut d'abord rapprocher la baguette P du plateau O. La distance ordinaire est de 5 à 8 centimètres ; parfois on introduit, entre le plateau et la baguette, un morceau de papier-bande qui facilite l'électrification de l'encre. Cela dépend, bien entendu, de l'état hygrométrique de l'atmosphère. Il faut aussi s'assurer que l'isolement de l'appareil portant le siphon est parfait, et pour cela on nettoie avec un pinceau en blaireau, ou avec une plume, la poussière qui pourrait s'être déposée sur les guides en fil de cocon. La pièce d'ébonite, qui soutient l'ensemble, est toujours recouverte de cire de paraffine pour maintenir cet isolement parfait. Il suffit quelquefois de l'essuyer avec soin pour la rendre parfaitement isolante. La pièce de paraffine solide, qui soutient la baguette P et l'isole de l'inducteur isolé, demande aussi de l'attention : la poussière qui se dépose sur elle rend parfois sa surface suffisamment conductrice pour occasionner une déperdition d'électricité.

Lorsque le moulin n'engendre pas d'électricité, et tourne néanmoins facilement, il faut : 1° enlever le couvercle et déplacer avec soin l'inducteur recouvert de cire de paraffine, afin de s'assurer que son isolement est parfait ; 2° vérifier si les quatre contacts,

formés de lamelles d'or, s'appuient convenablement et en succession sur les pièces de cuivre.

Si le moulin fournit trop d'électricité, le siphon, au lieu de donner une ligne de zéro droite, vacillera latéralement par suite des vibrations causées par l'électricité surabondante ; les signaux pourraient en être dénaturés. On rectifie cet excès en dérivant le surplus au moyen d'une pointe métallique mise en contact avec l'extérieur du moulin, et dirigée vers la baguette P.

Les communications du siphon enregistreur sont en général établies comme l'indique la figure 161. Le courant venant de la

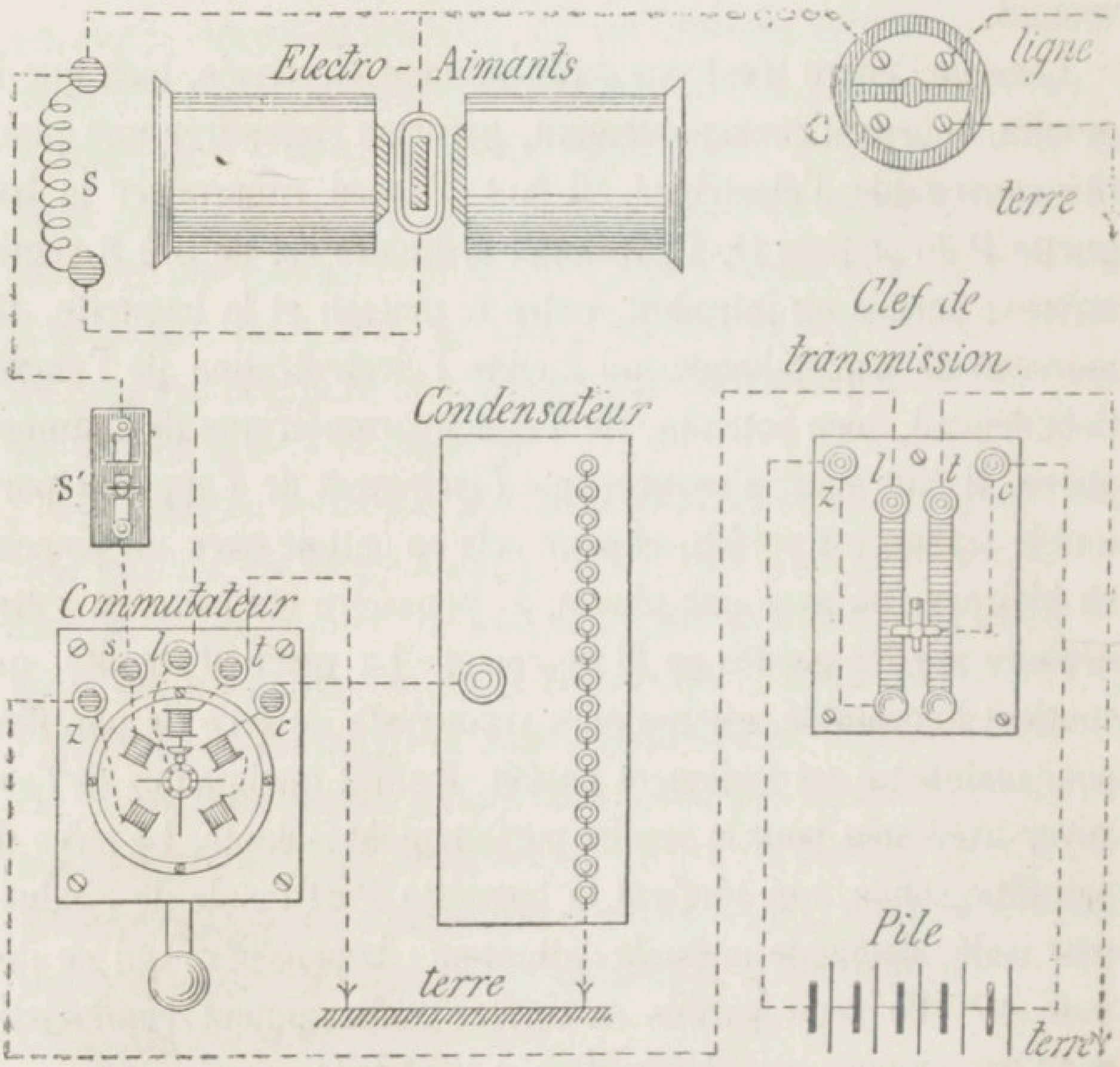


Fig. 160.

ligne, après avoir traversé la bobine des signaux et une dérivation S, convenablement ajustée, se rend à la terre à travers un

condensateur d'environ deux à trois microfarads par chaque centaine de mille de câble. Un commutateur de forme nouvelle (fig. 159), imaginé par M. B. Smith (1), conduit le courant de la ligne à la terre, lorsqu'il est tourné à droite, et permet de transmettre quand il est tourné à gauche. Dans la position intermédiaire du dessin, le fil de ligne serait mis directement à la terre pour le décharger. Dans quelques stations, le condensateur est placé entre la ligne et l'appareil. et non pas entre l'appareil et la terre, comme dans notre dessin. Dans ce cas, les signaux transmis, de même que les signaux reçus, passent à travers le condensateur, tandis que dans l'arrangement de la figure 160, les signaux reçus sont seuls admis au condensateur. Il en résulte l'effet maximum, et la pratique démontre que, par cet arrangement, le câble et le condensateur conservent une tension à peu près égale, qui facilite les transmissions.

En tournant le commutateur à gauche, les signaux émis par la clef de transmission passent dans la ligne en traversant l'appareil, où ils s'enregistrent. Une dérivation S′, ajustée convenablement, n'admet dans l'appareil qu'une quantité infinitésimale des courants dirigés sur la ligne.

L'appareil a donc cet avantage d'enregistrer les signaux transmis aussi bien que ceux que l'on reçoit.

Un petit commutateur C placé en tête de la ligne permet de la mettre directement à la terre, en cas d'orage ou d'autres nécessités.

Le nombre d'éléments employés aux transmissions varie suivant la longueur de la ligne. Entre Marseille et Malte, pour une distance de 834 milles, quatre ou cinq éléments suffisent. On en emploie de huit à dix sur la section de Malte à Alexandrie, qui a 927 milles nautiques (1).

(1) Le commutateur à levier de Sir W. Thomson contient absolument les mêmes communications, mais il est infiniment moins élégant.

(2) Lorsqu'un condensateur intervient aux deux bouts du câble, il devient nécessaire d'augmenter la force électro-motrice.

Le nombre des éléments à auge nécessaires pour faire fonctionner le *Mouse-Mill* est de trois, et neuf éléments suffisent à aimanter convenablement les électro-aimants disposés en série.

Les transmissions peuvent atteindre une vitesse de 25 mots par minute, lorsque les signaux sont bien formés et que l'appareil est convenablement ajusté. La lecture de ces signaux est d'ailleurs facile à acquérir, et l'on forme plus vite les employés à cette lecture qu'à celle du miroir, qui n'offre, d'ailleurs, que des signaux fugitifs et exige un écrivain, deux sources d'erreurs.

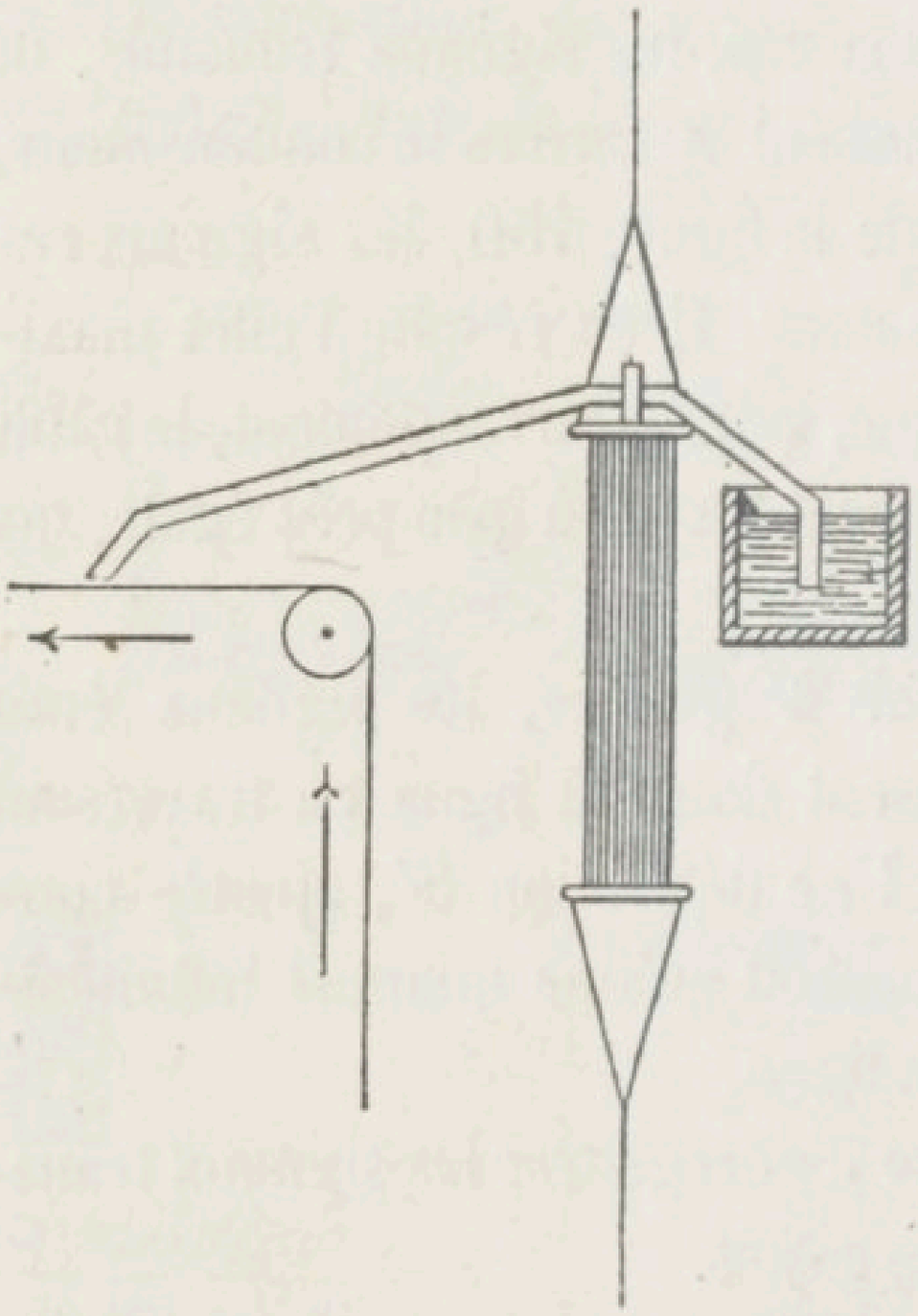


Fig. 161.

Certains appareils évitent les suspensions à fil de cocon, et font mouvoir le siphon en l'attachant directement à la bobine (fig. 161). On écarte, par cet arrangement, les difficultés de l'électrification, et la pression de l'air suffit à tracer une ligne très nette sur le papier, si l'on a soin de préparer la pointe du siphon de manière à éviter qu'il accroche. On peut, d'ailleurs, enduire la bande de substances savonneuses qui facilitent le glissement du siphon sur sa surface.

Appareil Morse. — En raison de son adoption par les différents États de l'Europe et par les compagnies télégraphiques d'Amérique, le Morse a été celui de tous les télégraphes qui a le plus exercé la sagacité des mécaniciens et des inventeurs. De nombreux systèmes perfectionnés ont été mis au jour, et un volume intéressant, malgré sa longueur, pourrait être écrit sur ce sujet seulement. Nous nous bornerons à décrire les appareils en

usage sur les lignes aériennes et sous-marines, et les formes de cet appareil où le mécanisme est le plus perfectionné.

L'appareil construit par Vail gauffrait sur une bande de papier, et au moyen d'un style, les signaux bien connus du code Morse. Tous les appareils en usage aujourd'hui impriment les signaux à l'encre par le moyen qu'indique la figure 162. Soit M le manipulateur, L la ligne s'étendant d'une station à l'autre. Le conducteur est relié à une extrémité d'un électro-aimant dont l'autre

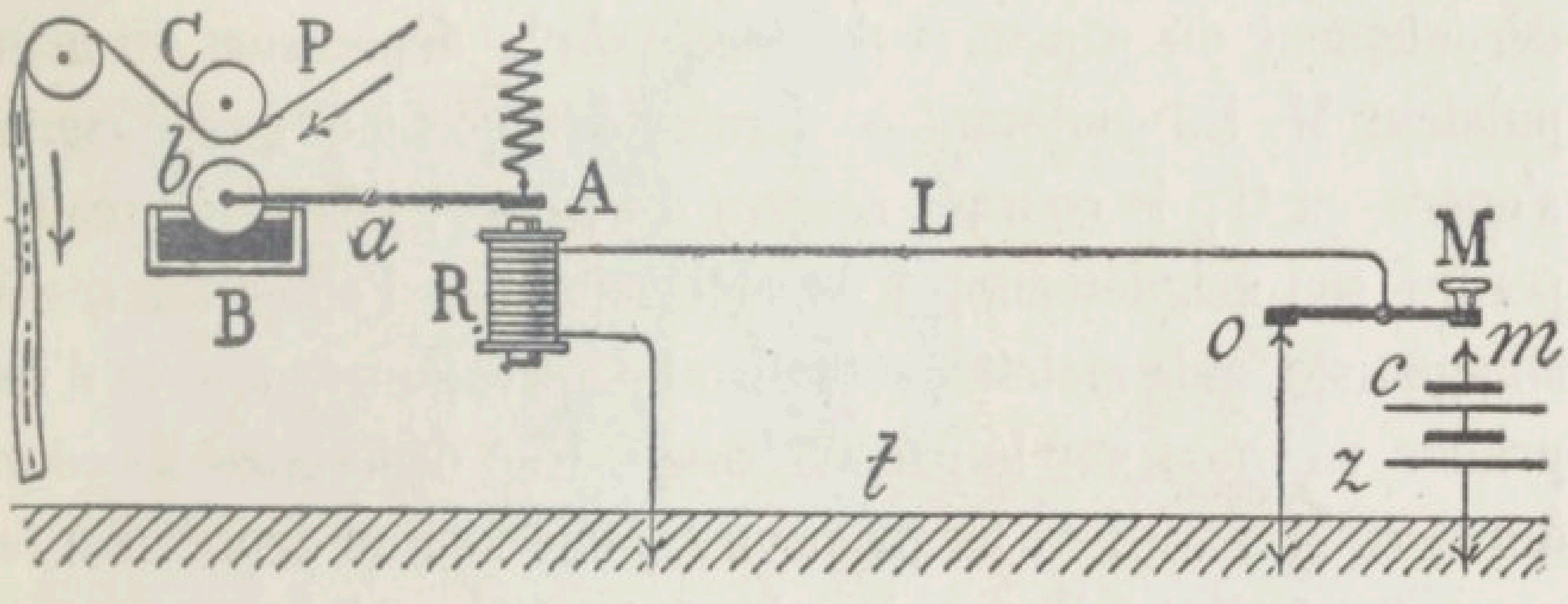


Fig. 162.

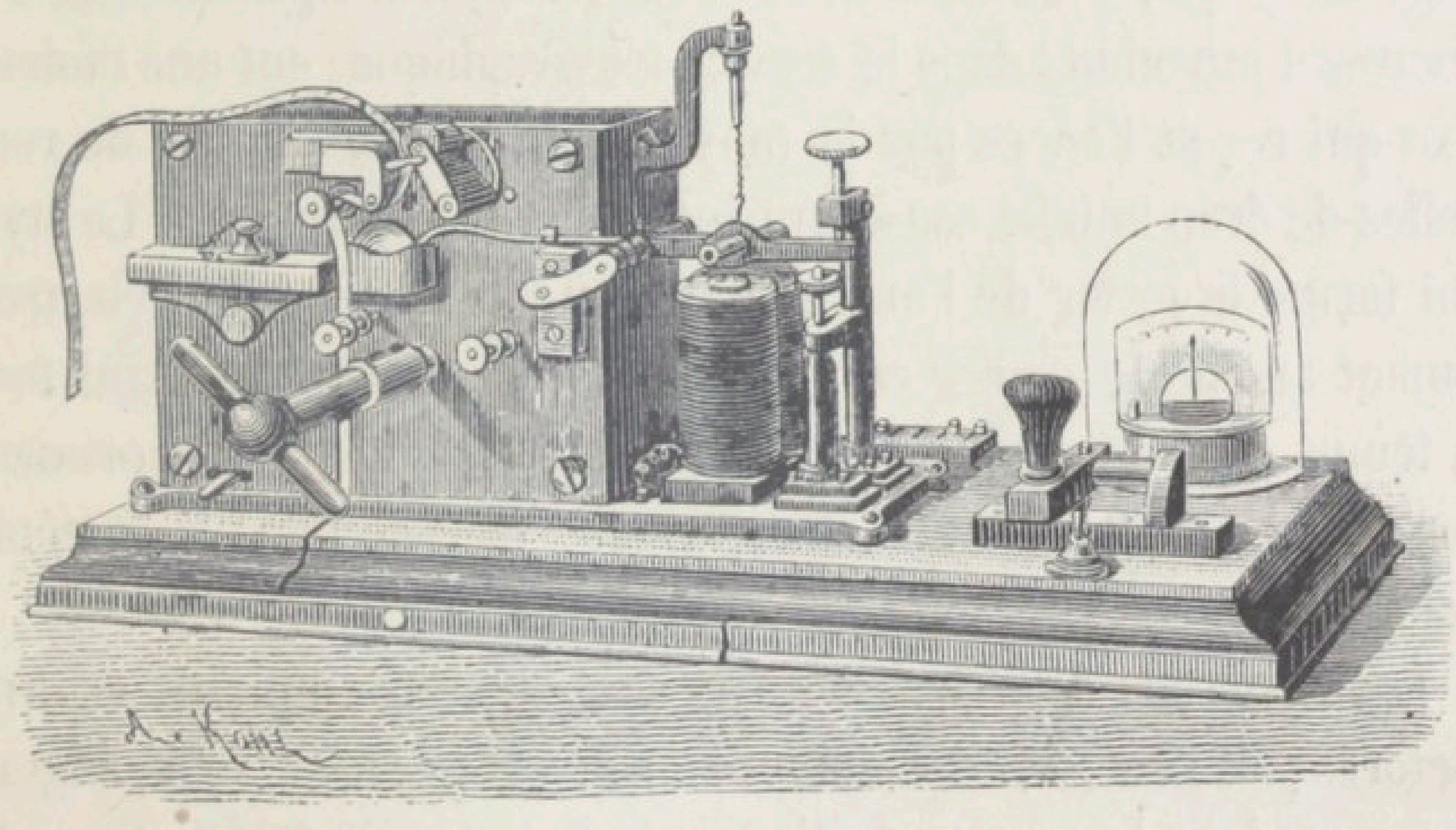


Fig. 163.

bout communique à la terre. Soit A la palette mobile de l'électro-aimant pivotant sur l'axe *a* et se terminant par une petite molette *b* qui plonge constamment dans un godet plein d'encre B.

Si la bande de papier P passe continuellement dans le sens des flèches, lorsque la clef M sera mise en contact avec la pile au point *m*, un courant traversera la ligne et le système R à la station opposée, qui rendra l'électro-aimant magnétique, attirera l'armature A, et par un mouvement de bascule appliquera la molette encrée *b* sur le papier qui passe sous *c;* il en résultera une marque noire, dont la longueur dépendra de la vitesse de déroulement du papier et du temps de la dépression du manipulateur M. En soulevant ce dernier de façon à ce que le contact s'opère en O, le courant cessera de passer, l'électro-aimant R perdra son magnétisme, A se soulèvera sous l'effort du ressort antagoniste, et la molette, retombant dans le godet, cessera d'imprimer sa trace sur le papier-bande. Une dépression de courte durée en M marquera un point en C, une longue dépression formera un trait, et l'on a ainsi le moyen de produire les signaux de l'alphabet Morse.

La figure 163 montre un Morse encreur complet construit par MM. Siemens, de Londres. Les appareils de MM. Digney (fig. 164) qui, avec celui de M. John, furent les premiers Morse encreurs introduits dans le service télégraphique, ont une molette fixe qui reçoit l'encre par le moyen d'un rouleau formé de rondelles de drap imbibé constamment d'encre d'impression. Le style qui forme le levier de l'armature mobile au-dessus de l'électro-aimant amène le papier en contact avec la molette pendant tout le temps de l'aimantation; les longues et les brèves s'impriment donc sous forme de traits et de points, comme dans le système précédent.

Les appareils de MM. Siemens sont surtout employés en Angleterre; ceux de MM. Digney, en France et aussi à l'étranger. Il y en a dans le service de l'office indien depuis 1862. Dans la figure 164, on remarquera que le disque de papier-bande est placé sous l'appareil dans un tiroir et tourne sur un pivot en bois dur. Cette innovation est due à M. Stroh; elle est préférable à l'ancien système de roue verticale.

Dans les appareils dont il a été question plus haut, le courant agit directement sur le Morse encreur ; il n'est pas toujours possible qu'il en soit ainsi, surtout si la ligne est très-longue. Dans ce cas, le courant reçu de la station correspondante est si faible

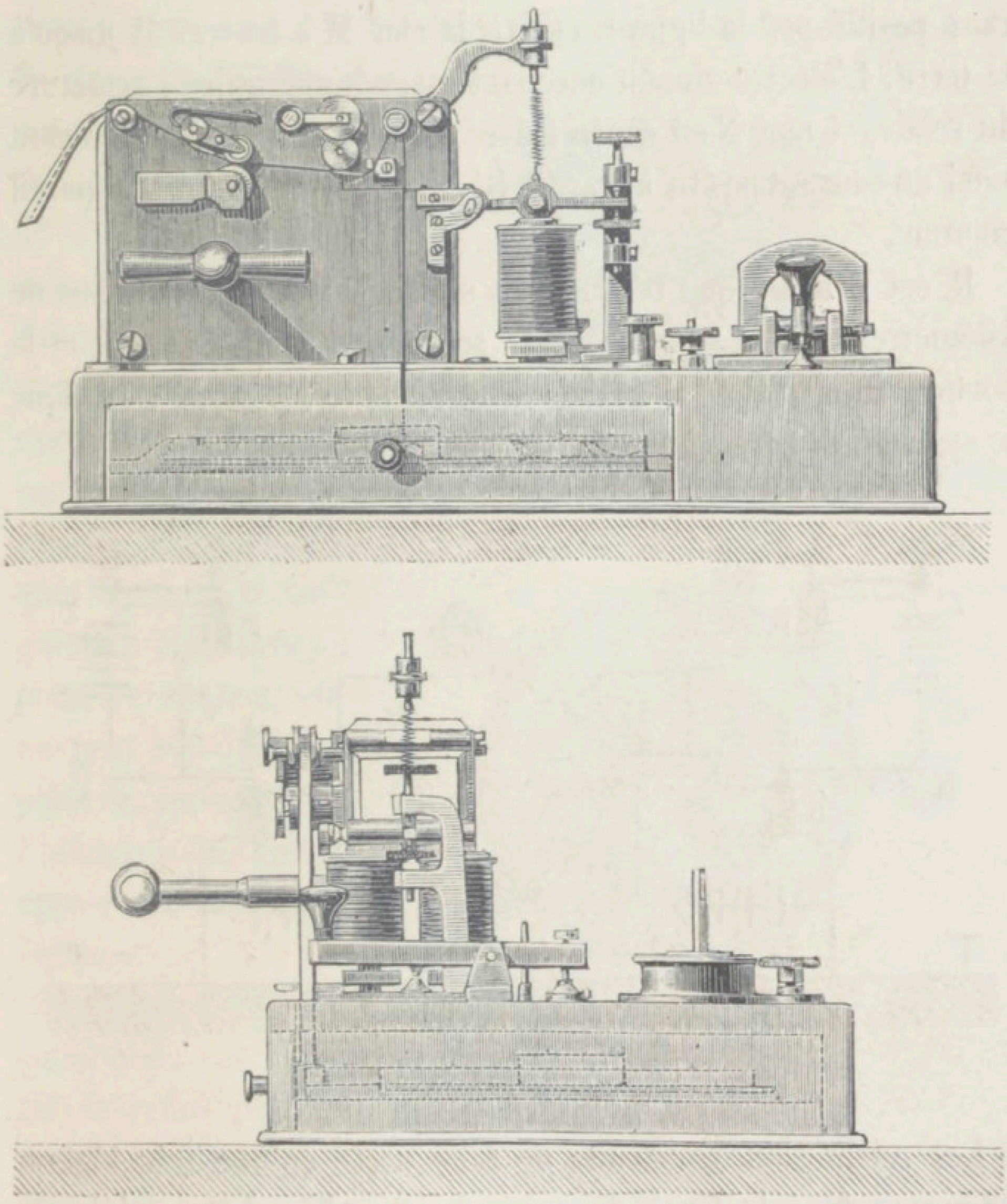


Fig. 164.

qu'il n'est plus suffisant à faire mouvoir la palette de l'électro-aimant qui enregistre le signal. On a recours, dans ce cas, à des appareils plus sensibles, appelés relais, dont la délicatesse, en

permettant de recevoir les signaux transmis, ferme un circuit local qui peut à son tour faire fonctionner l'encreur. La figure 165 indique comment fonctionne ce système. R est le relais, et *zc* la pile. R′ est le Morse, et *z′c′* la pile locale qui le fait fonctionner. La dépression de la clef *m*, en faisant contact en *o*, envoie un courant positif par la ligne L et par la clef M à travers R jusqu'à la terre. L'électro-aimant devenant magnétique attire l'armature du relais, et met N en contact avec *c′* de la pile locale, envoyant ainsi un courant positif à travers R′, l'électro-aimant de l'appareil encreur.

Il est évident que R′ pourrait se trouver à des centaines de kilomètres de R, auquel cas L′ serait une seconde ligne, et la portion du circuit de *z′* à R′ deviendrait la terre. Ainsi s'explique le système des translations à grandes distances.

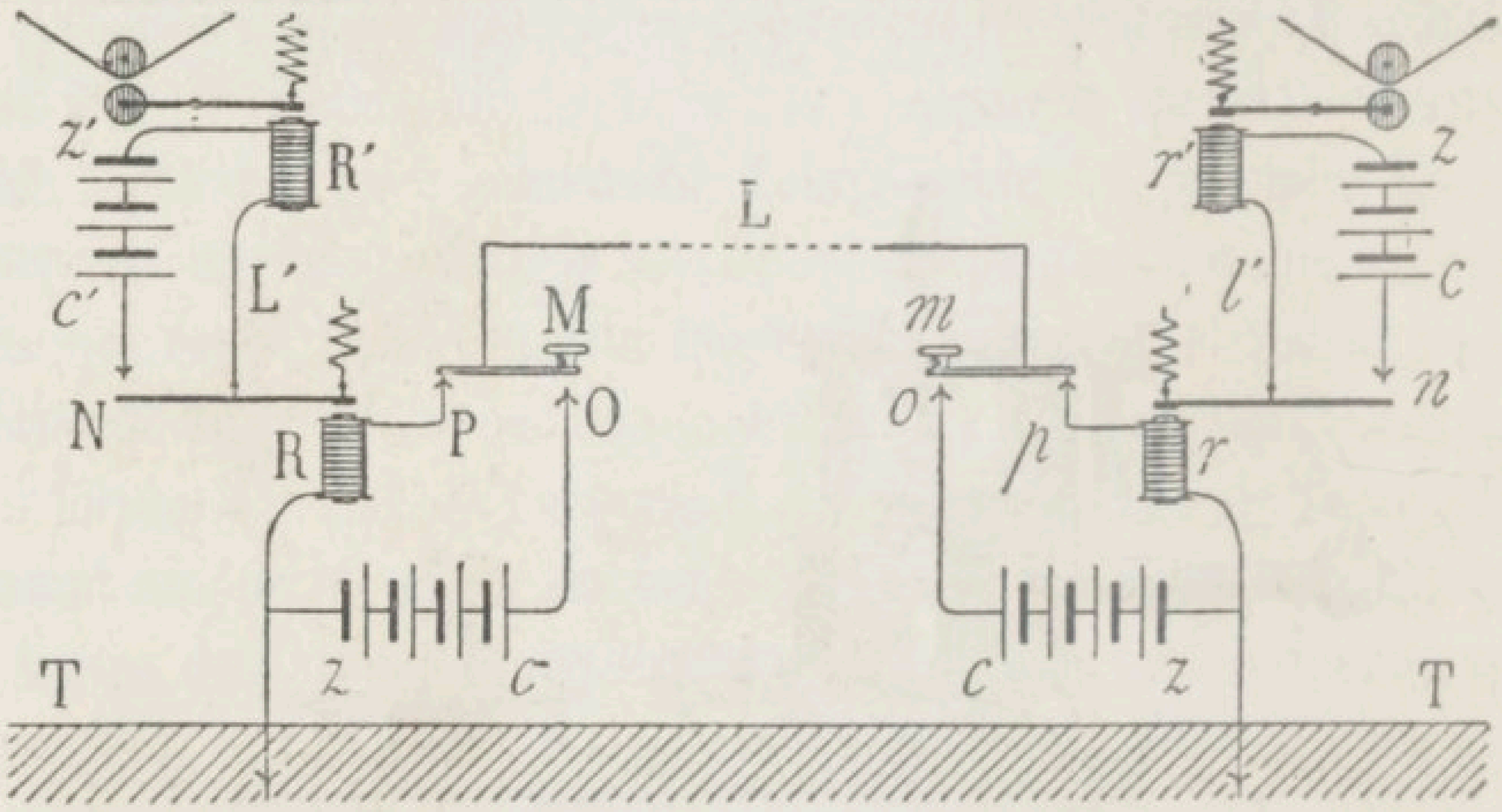


Fig. 165.

Les relais sont construits de telle sorte qu'une très légère différence dans la force du courant attire la palette mobile au point de contact. On a soin aussi d'ajuster l'appareil de telle sorte que la languette puisse se mouvoir sous l'effort de forces électro-motrices variables : ainsi, le relais peut être ajusté de façon à ce que la languette reste au repos quand la force électro-motrice est nulle, et qu'elle fasse contact aussitôt que l'appareil

reçoit l'unité de courant ; ou bien on peut l'ajuster de manière à ce que la languette reste au repos sous l'effort de 100 unités, et fasse contact aussitôt que cet effort atteint 101 unités.

Souvent aussi on construit les relais de telle sorte que la languette ne soit attirée que par des courants du même signe, et reste inerte sous l'influence d'un courant de signe opposé. Le fer doux de l'électro-aimant peut, dans ce cas, être remplacé par de l'acier trempé et aimanté dont la polarité n'est jamais renversée par les courants reçus. On en construit d'autres arrangés de telle sorte que, lorsque la languette a été attirée au point de contact, elle ne peut retourner au point de repos que sous l'influence du courant opposé traversant les bobines.

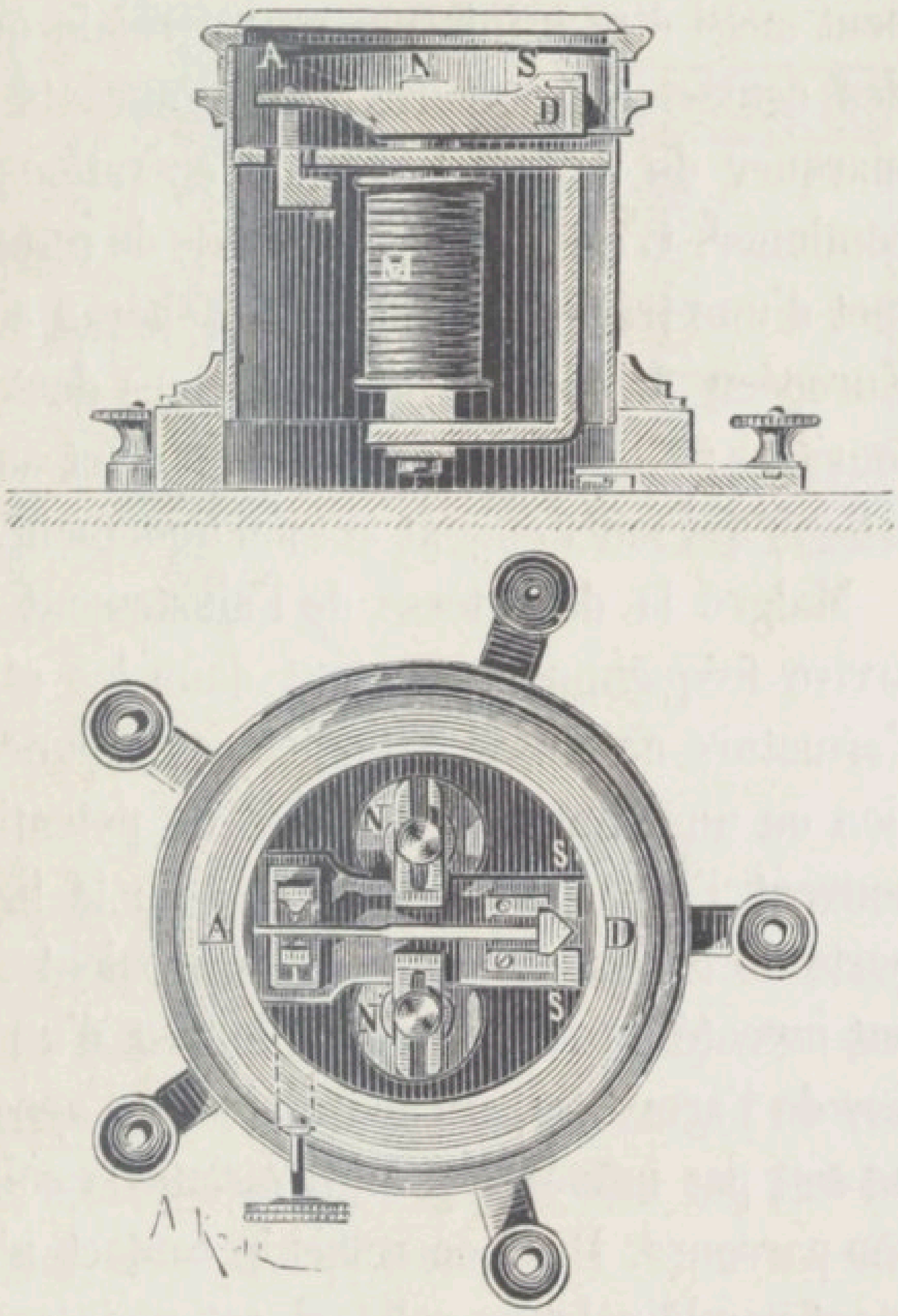


Fig. 166.

La forme la plus connue de ces relais est le relais polarisé de MM. Siemens (fig. 166). S est le pôle sud d'un aimant d'acier trempé dont N, le pôle nord, aboutit par une bifurcation aux deux noyaux de l'électro-aimant M. Entre les parties supérieures de ces noyaux oscille la languette A pivotant sur un axe D. Les bobines sont enroulées en direction opposée autour des deux branches boréales de l'électro-aimant, de sorte qu'un courant

d'une direction tende à faire de N un pôle nord, et de N' un pôle sud, tandis que le courant opposé aimante N' nord et N sud. Quoiqu'en fer doux, la languette AD forme la prolongation du pôle SS de l'aimant, et est elle-même aimantée dans ce sens.

On peut construire les relais de manière à leur faire transmettre des courants positifs et négatifs correspondant aux courants de même direction qu'ils reçoivent, et le Morse encreur peut aussi être tranformé en un relais qui transmet, au moyen des contacts nécessaires, des courants de renfort au lieu de marquer du papier. Les deux opérations peuvent d'ailleurs se combiner. C'est avec des appareils de cette nature que l'on transmet d'une traite de Londres à Téhéran sur les lignes de l'Indo-Européen La distance qui sépare ces deux points est de 5 000 kilomètres ; elle est franchie directement au moyen de cinq translations qui fonctionnent automatiquement.

Malgré la délicatesse de l'ajustement des relais Siemens, il arrive fréquemment, surtout dans les câbles sous-marins, que l'armature ne puisse répondre correctement à une légère élévation ou une chute peu sensible du potentiel. Il faut donc régler souvent l'appareil suivant l'état de la ligne, ce qui cause une perte de temps et d'autres inconvénients. MM. Brown et Allan ont inventé un relais qui, au moyen d'un arrangement particulier de l'armature, permet d'ajuster l'appareil de façon à ce qu'il ne soit pas influencé par les variations subies par le courant dans son parcours. Dans ce relais le contact n'est pas donné directement par la palette ; celle-ci est maintenue balancée par deux petits ressorts à boudin agissant à l'opposé l'un de l'autre. La palette, attirée d'un côté par le courant de charge, tend à revenir à sa position normale dès que le courant cesse ou diminue ; mais si les courants se succèdent rapidement, elle est de nouveau attirée avant d'y être complètement revenue ; la charge et la décharge sont donc indiquées par des mouvements en avant et en arrière de la palette, laquelle reste d'autant plus écartée de sa position de repos que les courants se succèdent avec plus

de force et de rapidité, imitant par conséquent les mouvements de l'aiguille d'un galvanomètre.

Le contact est donné par une tige pivotée par une extrémité sur la palette et oscillant par l'autre entre deux butoirs très rapprochés. Dans un des derniers modèles, cette tige est pivotée à l'extrémité même de la palette (fig. 167) ; les ressorts S, S, sont

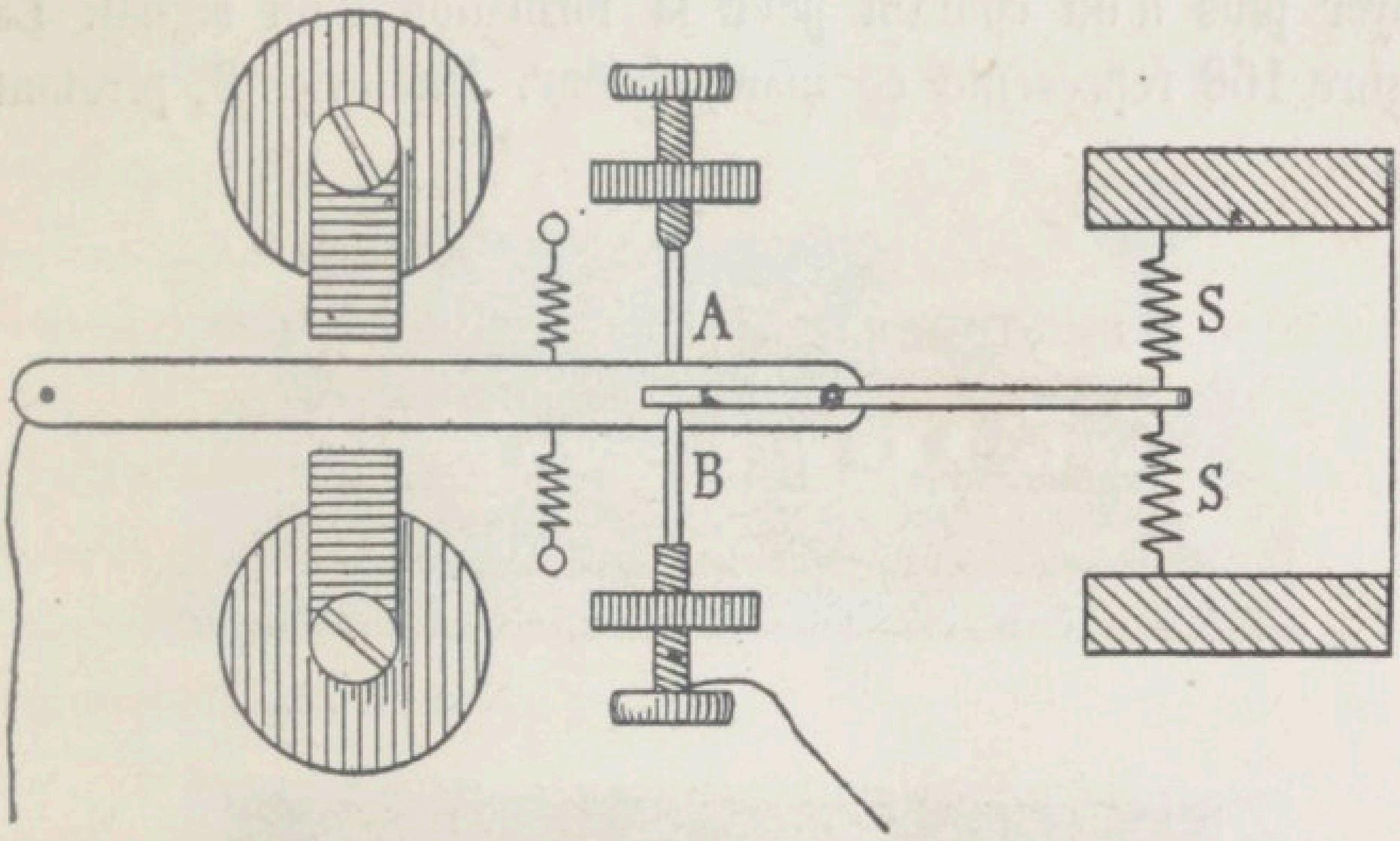


Fig. 167.

attachés à une de ses extrémités, tandis que l'autre extrémité se meut entre les deux butoirs A, B, dont l'un ferme le circuit de la pile locale. L'armature est donc toujours libre dans ses mouvements, même quand la tige butte contre le bouton de contact, ce qui revient à avoir un zéro mobile, c'est-à-dire un point de repos toujours très voisin du point de contact.

Cet appareil est excessivement rapide et sert, à Marseille, aux correspondances journalières avec Londres. La vitesse entre ces deux postes, avec une seule translation à Paris, est certainement la plus grande que l'on puisse atteindre sur une ligne télégraphique de cette longueur. Elle n'est jamais au-dessous de trente mots par minute, et elle a été souvent portée à quarante. Le relais ne demande aucun réglage et fonctionne d'autant mieux qu'on le touche moins. Une modification récente,

apportée à ce relais par M. Theiler, donne aussi d'excellents résultats, aussi bien sur la ligne sous-marine que sur le fil aérien.

Le manipulateur, ou clef, qui, dans l'appareil Morse, sert à émettre les courants, est d'une forme bien simple lorsque, pour les lignes aériennes par exemple, il n'est pas nécessaire d'envoyer plus d'un courant pour la formation d'un signal. La figure 168 représente ce manipulateur. Un levier B, pivotant

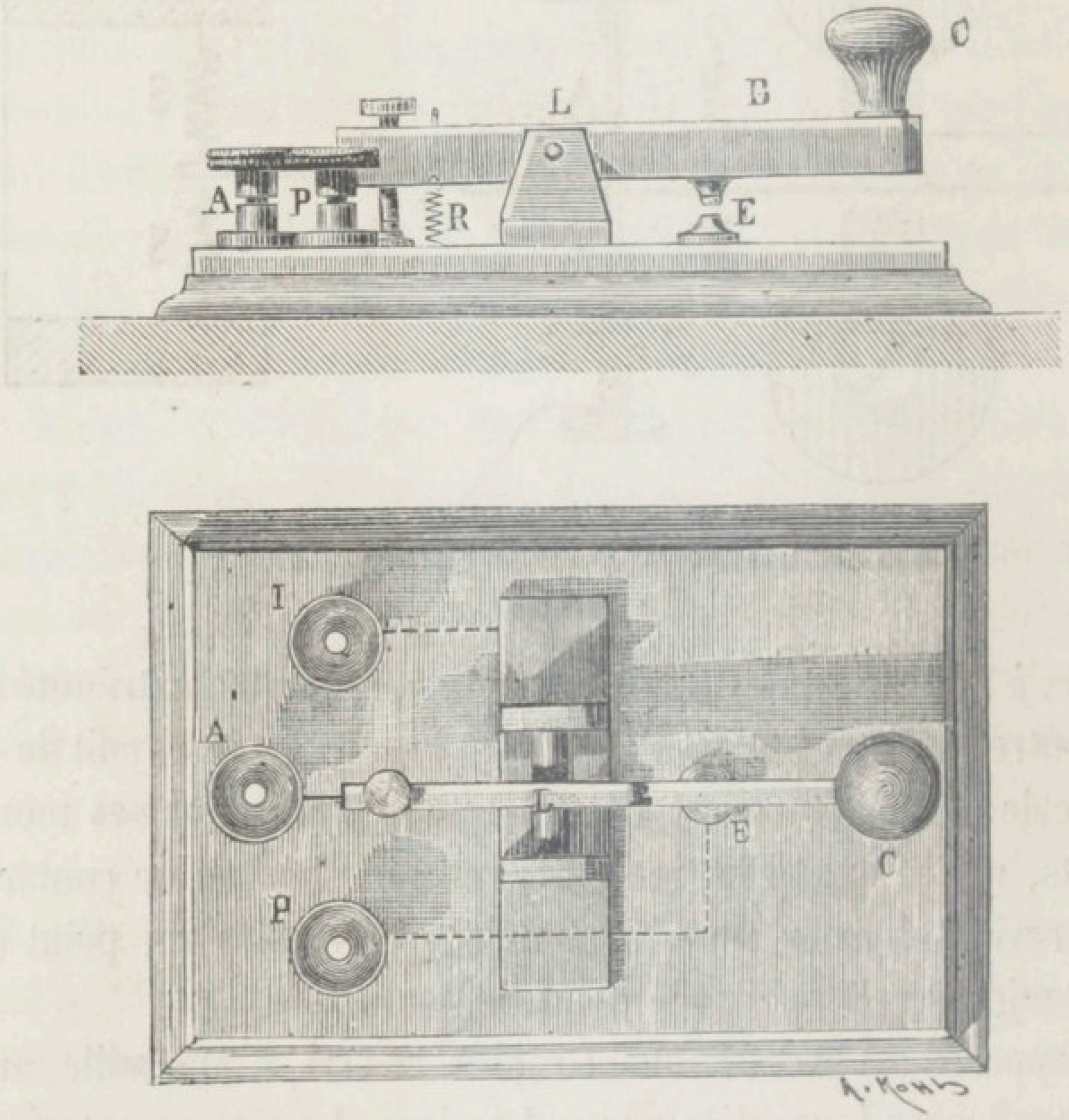


Fig. 168.

au point L sur un axe, est maintenu en position par le ressort R ; de telle façon que, dans cette position de repos, le fil de ligne aboutit en L. Le courant qui arriverait par ce point passerait donc de là en A, qui est relié à l'appareil de réception. Mais si l'on appuie sur le bouton C, on coupe la communica-

tion en A, et l'appareil est mis hors du circuit; alors aussi on met la tige B en communication avec la pile P, dont le courant se dirige vers la station opposée par la voie qui lui est ouverte.

Il est souvent nécessaire, dans les câbles sous-marins et sur les longues lignes aériennes, d'avoir recours à des courants de compensation qui, au moyen de forces électro-motrices variées, annihilent les effets d'induction qui se produisent par suite de l'isolement trop parfait de la ligne. La clef représentée à la

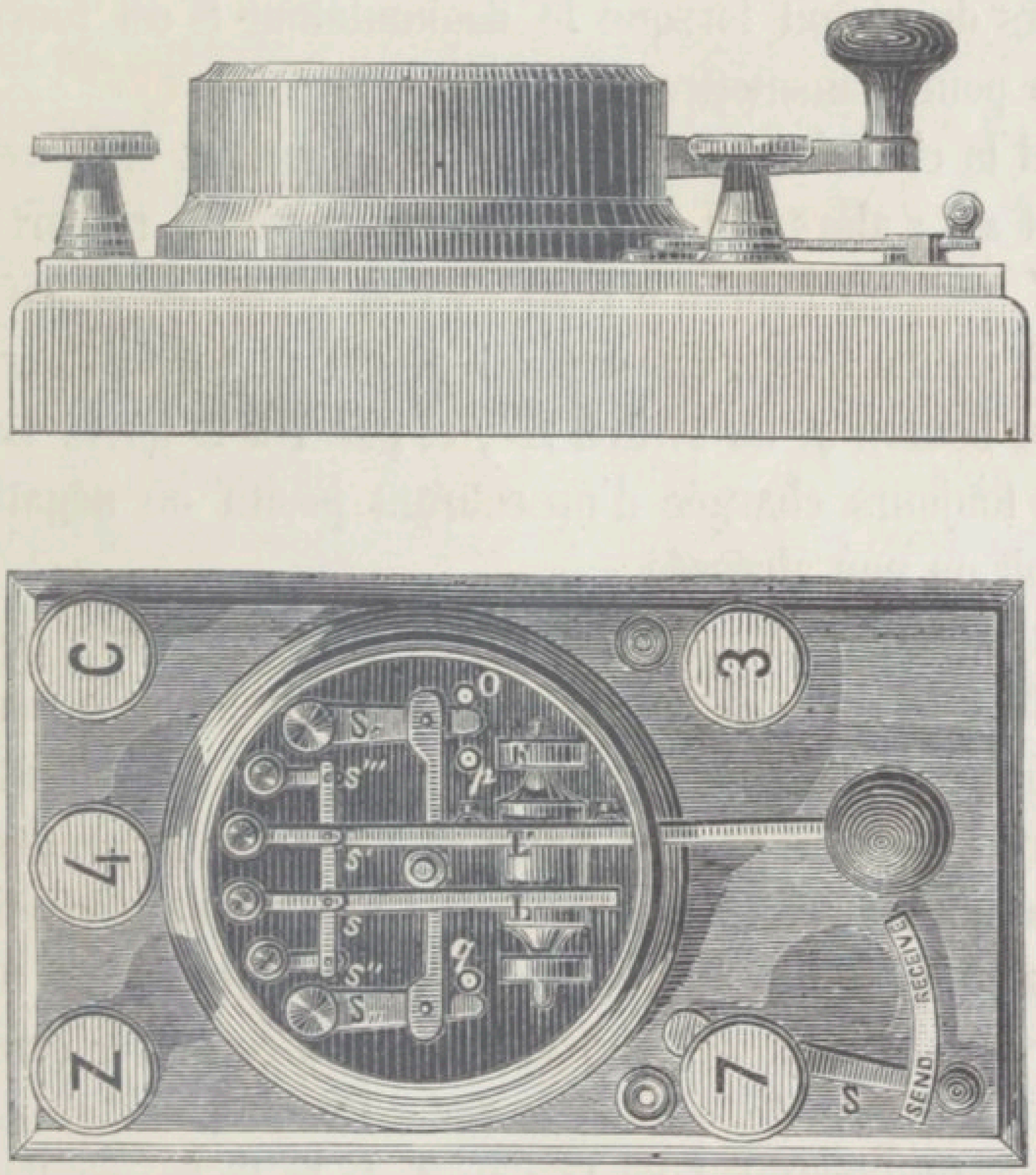


Fig. 169.

figure 169 est employée par le Post-Office anglais sur certaines lignes aériennes et sur les câbles, et rend de bons services.

On attache le fil de ligne en 3, la terre et un des côtés du relais en 7, et l'autre bouton du relais en 4. Le pôle positif de la pile aboutit à *c*, et le pôle négatif à *z*. L, L′ sont deux leviers, isolés l'un de l'autre et mobiles sur le même axe quand

on presse la branche L avec le bouton de levier; s, s''' sont deux ressorts isolés, communiquant avec z; s', s'' deux ressorts semblables, reliés à c. Quand on presse la clef, un courant positif est transmis par le ressort s', le long du levier L′, jusqu'au bouton O qui vient en contact avec S′, et, de là, au bouton de ligne 3; en même temps un courant négatif est transmis par le ressort s, le long du levier L, au bouton q, et par le switch S″ au bouton de terre 7. Le relais n'entre pas ici en jeu, le bouton p, qui communique à 4 et à l'autre extrémité du relais, étant hors du circuit lorsque le commutateur S est tourné sur « Send » pour transmettre.

Quand la clef n'est pas déprimée, les leviers L et L′ reposent sur s'' et s'''; alors, un courant négatif passe du ressort s''' au levier L′, puis au bouton o et au switch S′, et, de là, en 3 à la ligne; en même temps un courant positif part de s'' par le levier L au bouton q, au switch S″, et par 7 à la terre. La ligne est donc toujours chargée d'un courant positif ou négatif, que la clef soit ou non abaissée.

Quand le commutateur S est tourné sur « Receive » pour recevoir, la pile est coupée; le courant de ligne entre par 3, le switch S′ ayant été amené contre le bouton p, le courant va de là à l'écrou 4, entre dans le relais et passe à la terre. Quand le commutateur est mis sur « Send », l'appareil de réception est mis hors du circuit de la ligne, et l'opérateur qui reçoit ne peut pas interrompre celui qui transmet, jusqu'à ce que le commutateur soit transféré de « Send » sur « Receive ». On met toujours un galvanomètre dans le circuit de la ligne, on l'entoure de deux spires séparées, dont l'une dans le circuit de sortie et l'autre dans le circuit d'arrivée. En transmettant, le circuit d'arrivée du galvanomètre est coupé; mais la spire de sortie peut être affectée aussi bien par le courant qui part que par celui qui arrive; de la sorte, on peut voir les interruptions du correspondant.

Il y a beaucoup d'autres systèmes de clef; mais nous nous

bornerons à la description des deux modèles qui sont le plus en usage dans la télégraphie.

Appareil automatique Wheatstone. — Bien qu'un bon opérateur puisse transmettre au delà de quarante mots par minute avec une clef Morse, on n'obtient jamais pratiquement cette vitesse d'une manière constante. L'effort ne peut être maintenu longtemps, et, si expert que soit un employé, ses signaux ne sont pas toujours clairs et bien formés à cette vitesse. Conséquemment, si on remplaçait la main par une machine qui transmettrait les signaux à la vitesse maximum de la manipulation, on obtiendrait déjà un avantage, en substituant au travail manuel celui d'un instrument ne se fatiguant jamais et produisant des signaux nets et parfaitement formés.

De plus, bien que les lignes aériennes soient, beaucoup moins que les câbles sous-marins ou souterrains, exposées aux influences de l'induction, lorsque la vitesse des transmissions est considérablement augmentée, ces phénomènes deviennent dans beaucoup de cas une cause similaire d'embarras. On n'accroit la vitesse sur les lignes suspendues qu'en renversant l'émission du courant après chaque signal. Mais la limite de vitesse est bientôt atteinte avec l'alphabet Morse, quand la longueur des points et des traits est déterminée par la *durée* de l'émission des courants.

Une série de points peut être transmise bien plus rapidement que des points et des traits en succession, parce que les émissions de courant sont uniformes et la charge de la ligne pareillement ; tandis que le trait la charge plus fortement et demande par conséquent un temps de décharge plus long ou une émission plus prolongée de courant contraire pour la ramener à l'état neutre. En outre de cet effet d'inégalité dans la durée des courants, il s'opère aussi une action importante dans l'électro-aimant récepteur ; car, si un courant se prolonge, le fer se magnétise plus fortement et demande par conséquent plus de temps pour revenir à l'état neutre. Conséquemment, avec de grandes

vitesses les signaux se dénaturent, parce que l'effet produit par la première émission de courant n'a pas encore cessé lorsque la seconde commence à agir ; de sorte qu'un point, suivant un trait, tend simplement à allonger ce dernier, et qu'un point qui suit un blanc manque totalement.

On peut reproduire les signaux Morse au moyen de courants d'égale durée, en employant une armature polarisée, ajustée de telle sorte qu'elle reste, après la rupture du contact, dans la position où l'a mise le courant transmis, jusqu'à ce qu'on émette un courant opposé, ou, en d'autres termes, arrangée de telle façon qu'elle n'ait aucune tendance à agir que sous l'influence du courant. Dans ce système, le point est produit par un courant positif très court, que l'on fait suivre immédiatement d'un courant négatif aussi court ; tandis que le trait est produit par un courant positif très court suivi d'une pause assez longue, pour permettre à la molette de former un trait ; alors on envoie un courant négatif qui détache l'armature de l'électro-aimant.

On obtient, d'ailleurs, une compensation aux irrégularités d'intervalle qui se produisent entre les courants positif et négatif, de façon à obtenir une uniformité aussi grande que possible dans le potentiel de la ligne au commencement de chaque signal, en envoyant sur la ligne de très faibles courants, durant les intervalles de temps où, dans le système primitif, le fil de ligne était maintenu isolé ; de sorte que le premier et le dernier courant d'un point ou d'un trait passent directement à la ligne, et que les courants d'interpolation ou de compensation passent sur la ligne, à travers une forte résistance variée à volonté suivant la orce des courants.

On obtient encore une augmentation de la vitesse en faisant ntervenir un condensateur entre la ligne et le récepteur ; les plaques du condensateur sont elles-mêmes unies à travers une résistance assez forte. Si l'on plaçait un condensateur entre la ligne et le manipulateur automatique, on diminuerait la vitesse et il en résulterait du collage

On entend par vitesse le nombre des signaux parfaitement formés que l'on peut obtenir dans un temps donné, et non pas le temps pendant lequel les ondes se produisent. Avec l'appareil de M. Wheatstone, la vitesse est en raison inverse de la distance et non point en raison du carré des distances.

Voici maintenant la description des appareils qui forment le système automatique de sir C. Wheatstone, tel qu'on l'emploie en France et en Angleterre :

Le papier-bande est préparé par un appareil (fig. 170) appelé

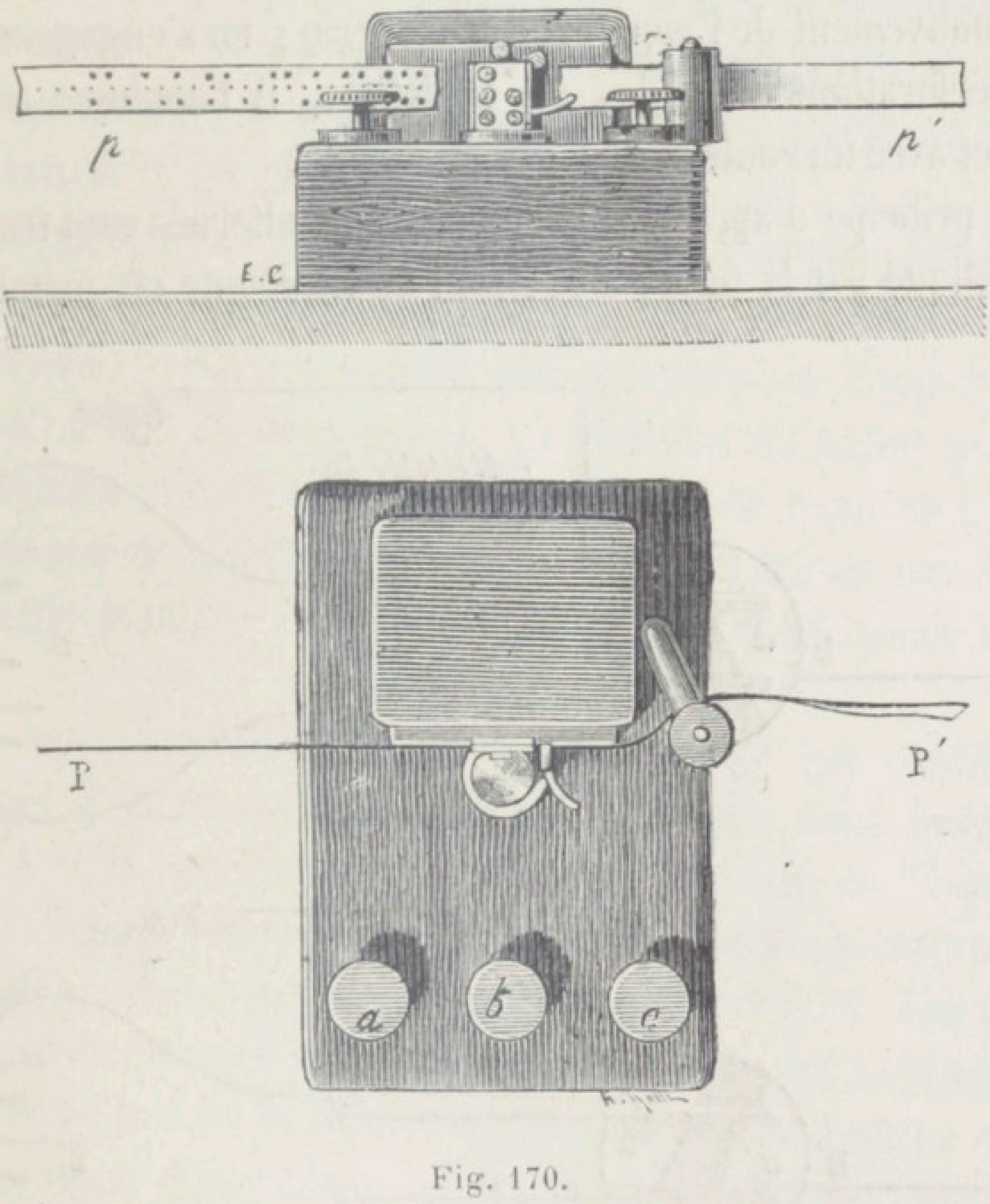


Fig. 170.

perforateur et contenant trois leviers, dont l'un produit deux perforations en ligne droite pour un point, et l'autre deux perforations en diagonale pour un trait. Le troisième levier forme une ligne horizontale continue de perforations plus petites dans la partie centrale de la bande ; elles produisent une indentation ou

crémaillère, qui détermine l'entraînement du papier au moyen d'une roue dentée, quand la bande est placée dans le transmetteur automatique. Les perforations centrales sont faites en même temps que celles qui indiquent les points et les traits ; le levier central produit un avancement de la bande correspondant aux blancs.

Le transmetteur est entraîné par un poids, et on peut ajuster son déroulement entre 20 et 120 mots par minute. Le papier perforé est entraîné par les dents d'un disque étoilé qui reçoit son mouvement de l'appareil d'horlogerie ; en s'engageant dans les perforations centrales de la bande, il l'applique aussi en contact avec un rouleau de friction.

Le principe d'après lequel les courants alternés sont transmis, est indiqué par la figure 171. Soit D un disque en métal divisé

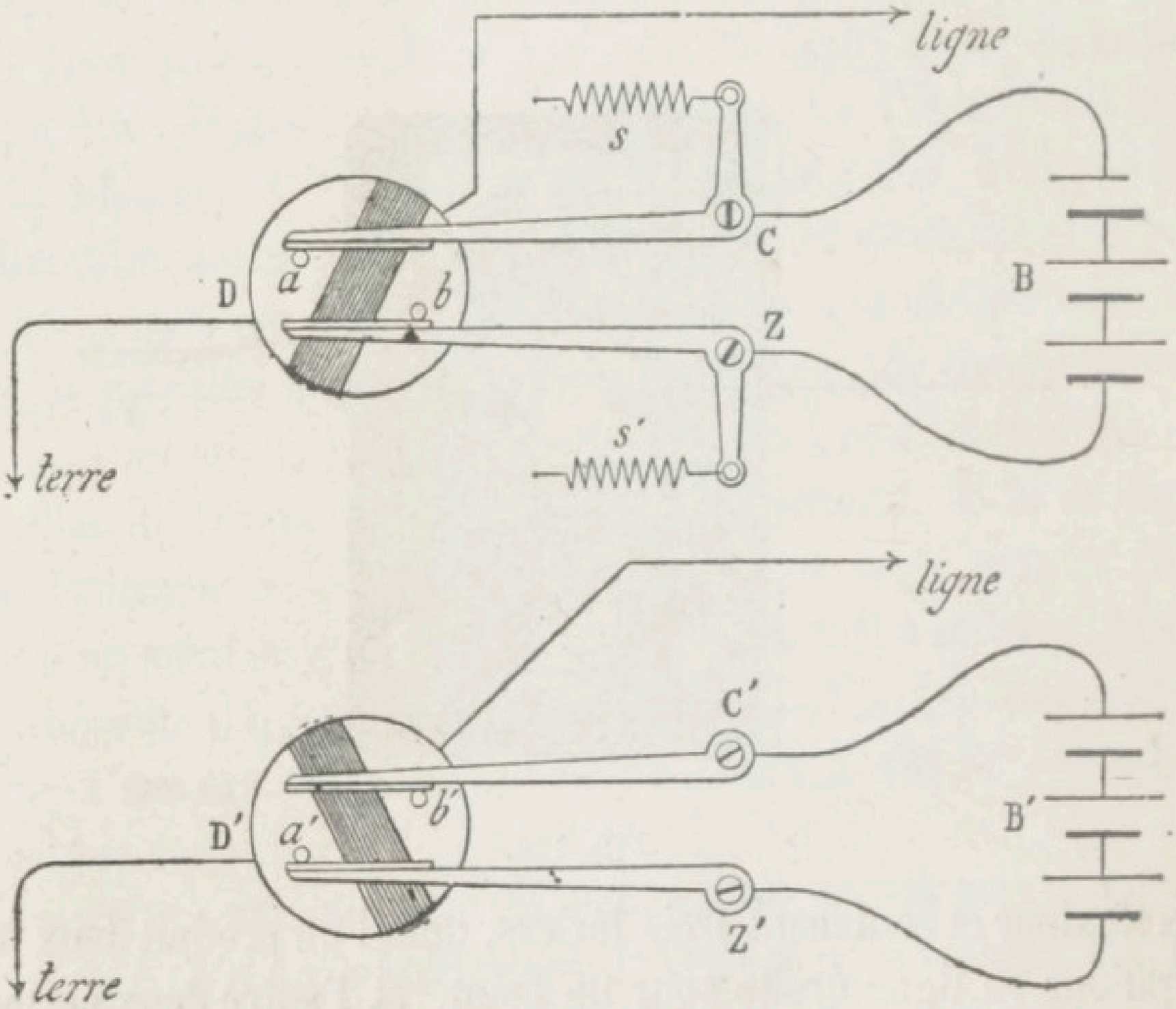


Fig. 171.

en deux parties isolées l'une de l'autre, et portant des goupilles métalliques *a* et *b* fixées en place Supposons que la partie qui

porte *b* soit en communication avec la ligne, et que celle qui porte *a* communique à la terre. Supposons que les deux leviers de pile soient maintenus sur ces goupilles par l'effort des ressorts S S′, un de ces leviers C étant en communication avec le pôle cuivre de la pile B et l'autre Z communiquant avec le zinc de la même pile. Il est évident alors que dans le premier cas c'est un courant négatif qui va sur la ligne, tandis que c'est un courant positif qui la parcourt dans le second cas. Conséquemment, si le disque D peut vibrer entre ces positions d'une manière régulière et continue, il enverra sur la ligne une succession de courants renversés qui se manifesteront par une série de points dans un récepteur fixé à l'autre extrémité du fil de ligne

Si pourtant, avant que le disque prenne la seconde position, la ligne ou la terre est coupée temporairement, une émission inverse manquera, et c'est un trait qui apparaîtra sur l'appareil de réception au lieu de deux points. La fonction du papier perforé est de régler le mouvement du transmetteur de manière à produire cet isolement à l'instant convenable, et à laisser passer les courants de manière à produire des points ou des traits à volonté.

Nous savons comment la bande perforée *pp′* est entraînée. Deux tiges M et S sont fixées à l'extrémité des deux leviers à équerre A et B, qui eux-mêmes sont reliés au bâti de l'appareil de façon à pouvoir osciller, et ils sont d'ailleurs maintenus constamment tendus par les ressorts à boudin S et S′. Les tiges M et S peuvent passer à travers les perforations qui se trouvent en haut et en bas de la bande, ou bien elles sont arrêtées dans leur mouvement d'ascension, si elles ne rencontrent pas cette perforation.

Dans la figure 172, nous voyons la tige passer à travers une de ces perforations. R est un balancier en ébonite auquel sont fixées deux goupilles métalliques 1 et 2; ce balancier est maintenu dans un état constant de vibration uniforme par l'entraînement des rouages de l'appareil. Ces goupilles s'appuient sur les

manivelles des leviers A et B, qui se balancent ainsi en unisson avec R. A la partie inférieure du levier A est fixée une tige H, et il s'en trouve une autre semblable H′ à la partie supérieure de B. Les extrémités de ces tiges se meuvent librement à travers les projections P et P′ de la division du disque D. Les collets K et K′ en poussant P et P′ font osciller ce disque en parfaite consonnance avec R. Le levier C est muni d'un écrou à vis qui, lorsque le disque est au milieu de son mouvement vi-

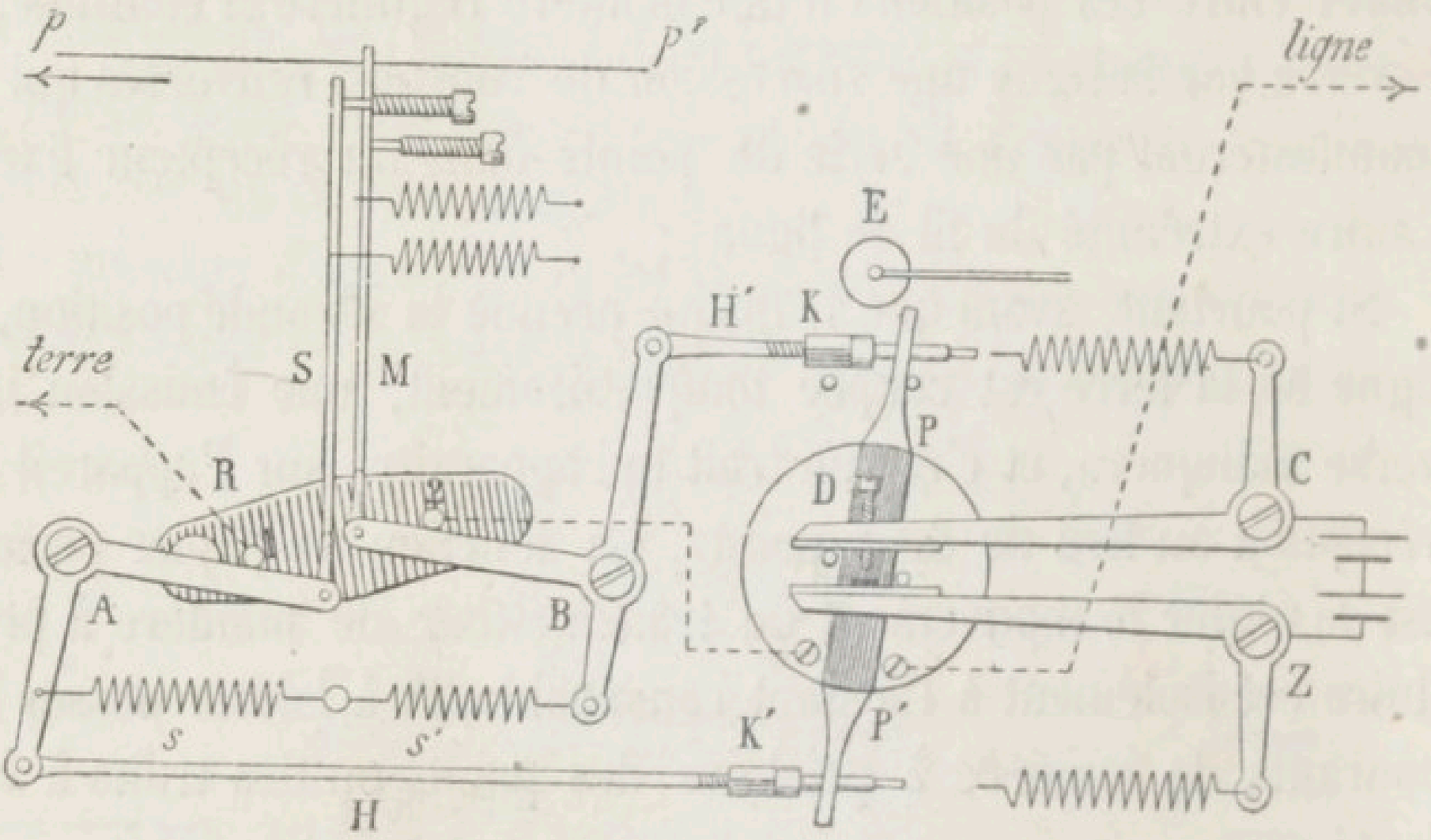


Fig. 172.

bratoire, vient butter contre une petite pièce d'ébonite fixée sur Z, ce qui empêche la pile d'être mise en court circuit. La roulette E complète la tâche commencée par les collets K et K′, et retient le disque en position jusqu'à ce qu'il soit renversé par la poussée K et K′. Ainsi, le balancier R fait mouvoir constamment et régulièrement les tiges S et M de bas en haut, en faisant osciller à droite et à gauche les manivelles des leviers A et B, et tant que le jeu de ces tiges n'est pas arrêté, le disque D vibre en avant et en arrière, entraînant avec lui les leviers C et Z.

La borne 1 du balancier R est en communication avec la terre, et la borne 2 avec une des moitiés du disque D, dont l'autre moitié communique avec la ligne. Quand le papier-bande n'est pas

en place, ces bornes sont en contact constant et ininterrompu avec les bras de levier A et B, qui sont revêtus de platine et reliés métalliquement ensemble par le bâti de l'appareil *s* et *s'*, ce qui maintient le circuit complet et transmet une succession de courants renversés produisant des points à l'extrémité de la ligne.

Aux endroits où la bande n'est pas perforée, elle limite le jeu des tiges, les leviers coudés A et B ne suivent plus les bornes jusqu'au bout; le disque D ne se meut plus; la communication est interrompue, et aucun courant ne va sur la ligne. Là où la bande est perforée, un point donne un courant renversé à chaque

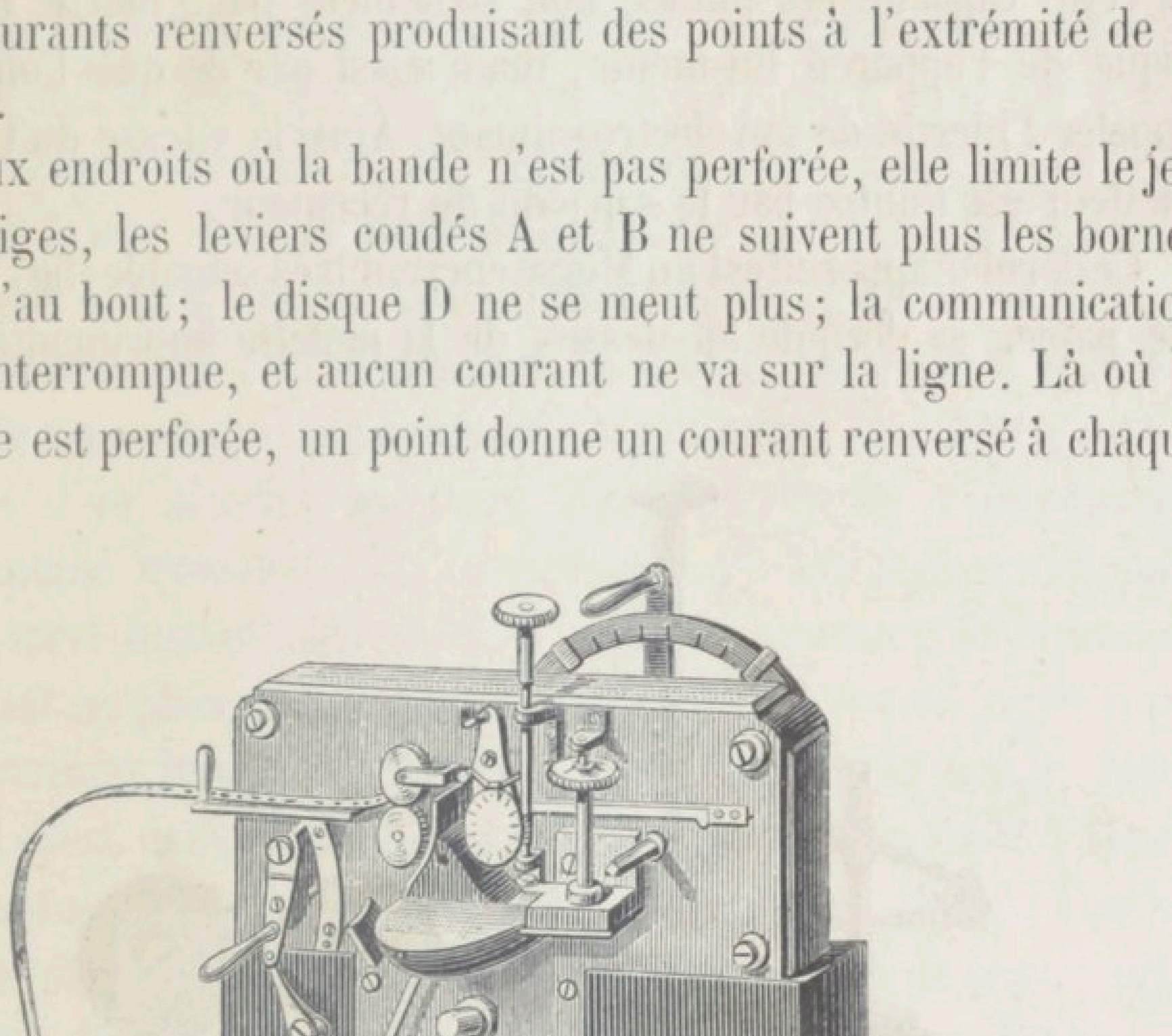


Fig. 173.

vibration, et un trait à chaque seconde vibration. La tige M pénètre dans la perforation supérieure, et le courant renversé va à la ligne.

Le transmetteur peut être réglé pour marcher à la vitesse

maximum de 130 mots; mais cela n'indique pas la vitesse absolue avec laquelle l'appareil peut fonctionner. Cette vitesse est plutôt déterminée par la capacité de réception de l'enregistreur, et cette capacité est limitée non seulement par l'inertie mécanique de l'appareil lui-même, mais aussi par ce que l'on peut appeler l'inertie de son électro-aimant. Ainsi la vitesse du transmetteur est limitée par la capacité du récepteur.

Ce dernier appareil est un Morse encreur très sensible (fig. 173). Le papier se déroule au-dessus de la molette imprimante avec

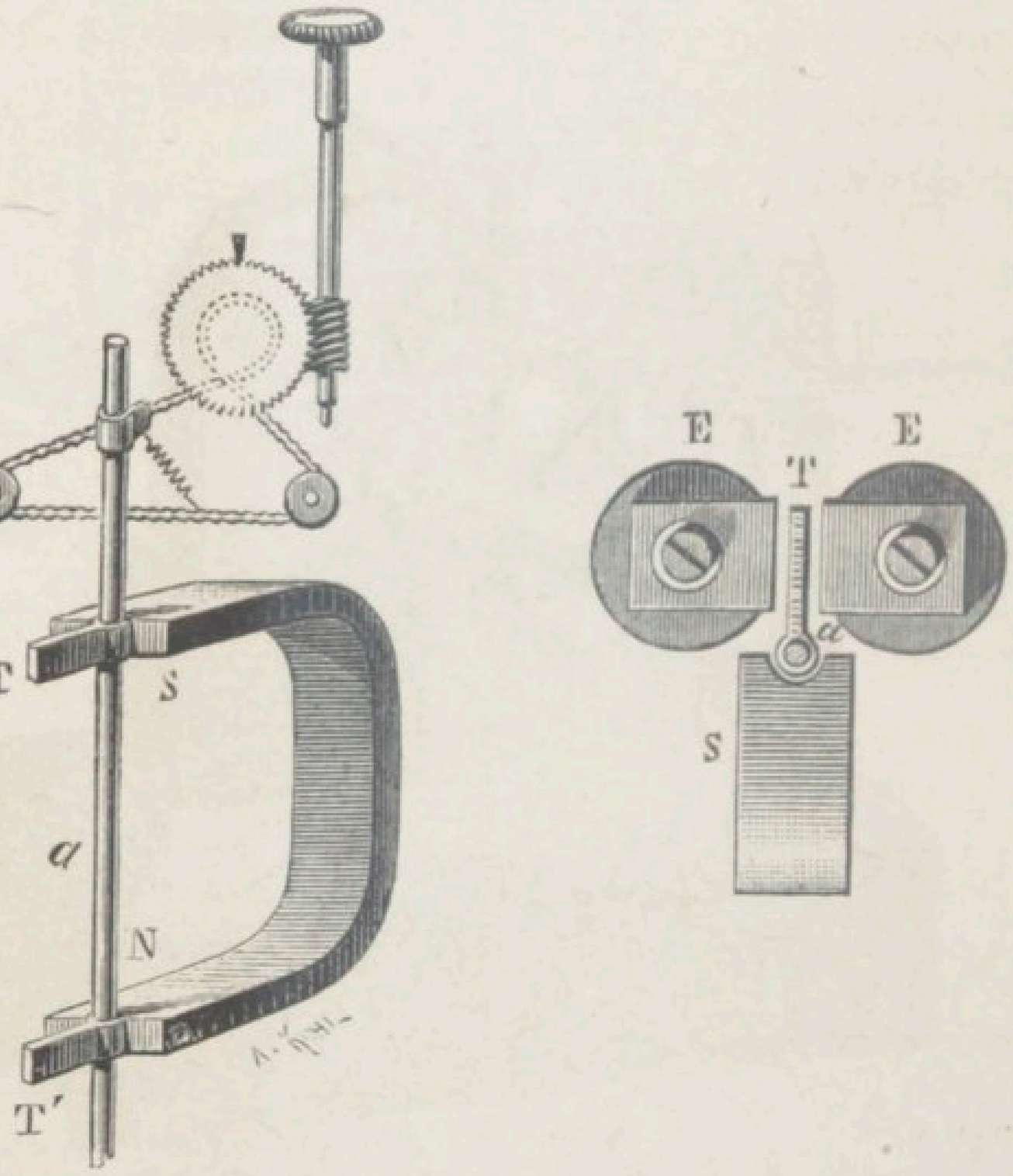


Fig. 174.

une vélocité uniforme, et l'appareil est gouverné de manière à régler l'enregistrement à n'importe quelle vitesse, entre 20 et 130 mots par minute. La molette est fixée à un axe mû par les engrenages du mouvement, et se meut en partie dans la rainure d'une molette de plus grand diamètre plongeant dans le réservoir d'encre et tournant en sens opposé. Cette seconde molette

puise l'encre par capillarité, et enduit la molette imprimante sans friction. L'axe *a* (fig. 174), qui fait mouvoir cette molette, est mis en mouvement par les armatures T et T′, qui sont en fer doux et maintenues aimantées par l'aimant permanent NS. La figure 174 indique comment on peut les ajuster. L'arrangement est tel, qu'une fois attirées par un courant, si court qu'il soit, qui a traversé l'électro-aimant E, elles restent en place. Elles ne peuvent revenir à leur position normale que par le passage d'un courant contraire à celui qui les avait attirées. Lorsque les armatures et l'axe *a* sont mis en mouvement, la molette imprimante est donc amenée en contact avec le papier, et y marque une ligne jusqu'à l'envoi d'un courant contraire. Un point résulte d'un courant momentané transmis dans la direction qui fait mouvoir la molette, suivi instantanément d'un courant inverse très court qui la remet en place. Un trait s'obtient par un courant court suivi d'un courant inverse venant après un intervalle de temps. Ainsi il faut deux émissions de courants pour chaque marque à faire; ces courants doivent être de nature opposée et séparés l'un de l'autre par des intervalles de temps variés. C'est le papier perforé qui détermine les intervalles qui séparent ces courants, et nous espérons que le jeu de l'appareil est maintenant compris.

La figure 175 donne le plan de l'ensemble des appareils montés à une des stations extrêmes. Elle contient celui du commutateur annexé au transmetteur, dont il n'a pas été question jusqu'ici. On le voit dans la position qu'il prend lorsque le déclancheur fait courir l'appareil pour la réception des signaux. Le plan est aussi accompagné d'une clef à doubles courants que l'on peut mettre en circuit au moyen du commutateur, pour parler à la main lorsque le transmetteur est au repos. Un galvanomètre indique l'entrée et la sortie des courants.

Le récepteur est aussi accompagné d'un commutateur S, en communication avec le déclancheur, qui met un parleur en circuit local lorsqu'on l'arrête. Ce parleur sert d'appel et peut fonctionner au besoin comme récepteur avec la clef, ou bien quand

l'appareil fonctionne comme un Morse ordinaire. Quand le récepteur marche, le parleur est mis en dehors du circuit. Le circuit local est complété par l'électro-aimant du récepteur, qui agit ainsi comme un relais ou comme un encreur direct.

La figure montre le transmetteur dans une position neutre, alors qu'aucun courant ne va sur la ligne, et le disque D montre l'écrou du levier C dans la position qu'il doit occuper pour prévenir le court circuit de la pile. R est une résistance variable employée pour prévenir l'entrée des faux courants dans le récepteur.

Les appareils automatiques servent sur presque tous les grands circuits d'Europe. Il est évident que l'avantage principal d'un système automatique consiste non seulement dans sa grande exactitude, mais encore dans l'augmentation de vitesse qu'on obtient dans l'expédition du travail. On peut dire qu'il double la capacité des fils. La vitesse moyenne des transmissions peut s'élever à environ 70 mots par minute, c'est-à-dire qu'un fil rend deux fois plus avec un Wheatstone qu'avec un Morse. Mais le Wheatstone entraîne des frais additionnels d'exploitation. Quand il fonctionne pendant des heures consécutives, il exige deux employés perforateurs, un employé ajusteur, et trois écrivains à chaque bout.

Les dépêches sont perforées et transmises par séries de cinq, et chaque série est collationnée. Une dépêche doit donc attendre deux fois, une au perforateur, et une autre à la série. Elle attend encore à la traduction. Autant de causes de retard. Il n'y a donc pas économie à employer les systèmes automatiques sur les lignes de petite longueur, et, par le fait, on ne les emploie que sur les très longues lignes de grande communication.

Appareil imprimant de Hughes. — Cet appareil diffère de tous les autres en ce sens qu'il est surtout mécanique, l'action électrique se limitant à l'émission d'un courant très court, lorsque la roue des types est dans la position voulue. Une seule onde électrique suffit donc à imprimer une lettre en caractères ro-

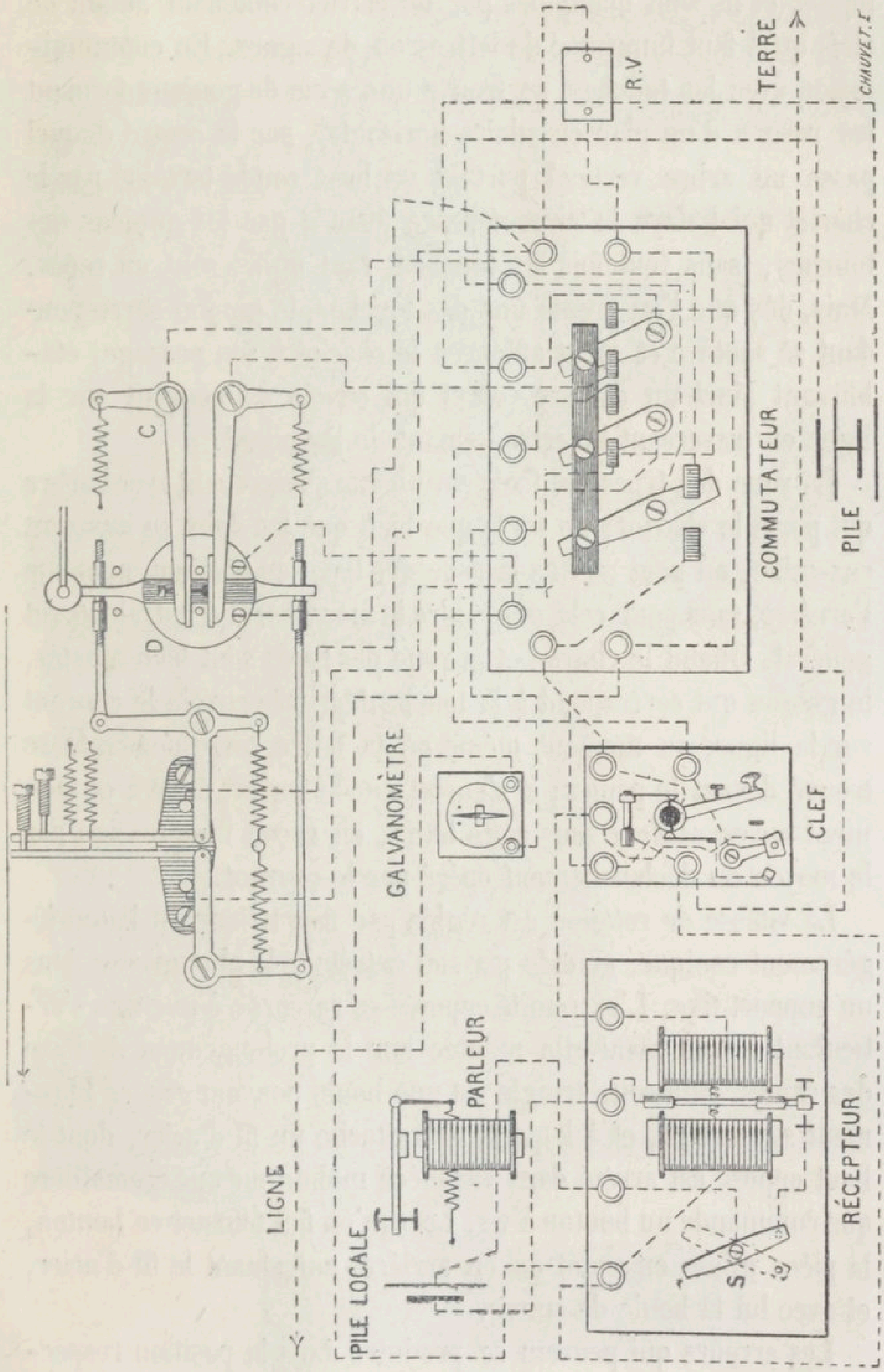

R.V
TERRE
CHAVET.T
COMMUTATEUR
PILE
C
D
GALVANOMÈTRE
CLEF
PARLEUR
LIGNE
PILE LOCALE
RÉCEPTEUR
S

Fig. 175.

mains. Les appareils de réception et de transmission sont identiques, et ils sont manipulés par un clavier contenant autant de clefs qu'il faut imprimer de lettres ou de signes. En communication avec les touches, se trouve une série de goujons formant les rayons d'un plan circulaire horizontal, par le centre duquel passe un arbre vertical portant un bras coudé terminé par le chariot qui balaye la circonférence formée par les goujons des touches, sans toutefois les toucher, tant qu'ils sont au repos. Mais, dès que l'on presse une des touches, le goujon correspondant se soulève et vient affleurer le chariot à son passage, établissant ainsi un contact volant qui envoie un courant sur la ligne en traversant l'électro-aimant de l'appareil.

La roue des types est fixée sur un axe s'engrenant avec l'arbre qui porte le chariot; de sorte que bien que les deux se meuvent ensemble, on peut mettre la roue des types en position ou même l'arrêter, sans pour cela suspendre le mouvement d'entraînement général. Quand le chariot et la roue des types sont bien ajustés, le goujon qui correspond à la touche déprimée envoie le courant sur la ligne, au moment même où la lettre correspondante se trouve devant le papier; il s'ensuit que le papier, étant à ce moment même soulevé sous cette lettre, en reçoit l'impression par le moyen du déclanchement opéré par le courant.

La vitesse de rotation est réglée par une tringle en laiton légèrement conique, arrêtée par son extrémité la plus grosse dans un support fixe. L'extrémité opposée se raccorde à une tige s'articulant à une manivelle montée sur le prolongement de l'axe des cames. Sur cette tringle est une boule pouvant glisser librement sur la tige, et à laquelle se rattache un fil d'acier, dont le bout opposé est arrêté dans une pièce mobile sur une crémaillère que commande un bouton à vis. Lorsqu'on fait tourner ce bouton, la pièce glisse en avant ou en arrière, entraînant le fil d'acier, et avec lui la boule de cuivre.

Les erreurs qui peuvent se produire dans la position respective de la roue des types, causées par une différence de vitesse dans

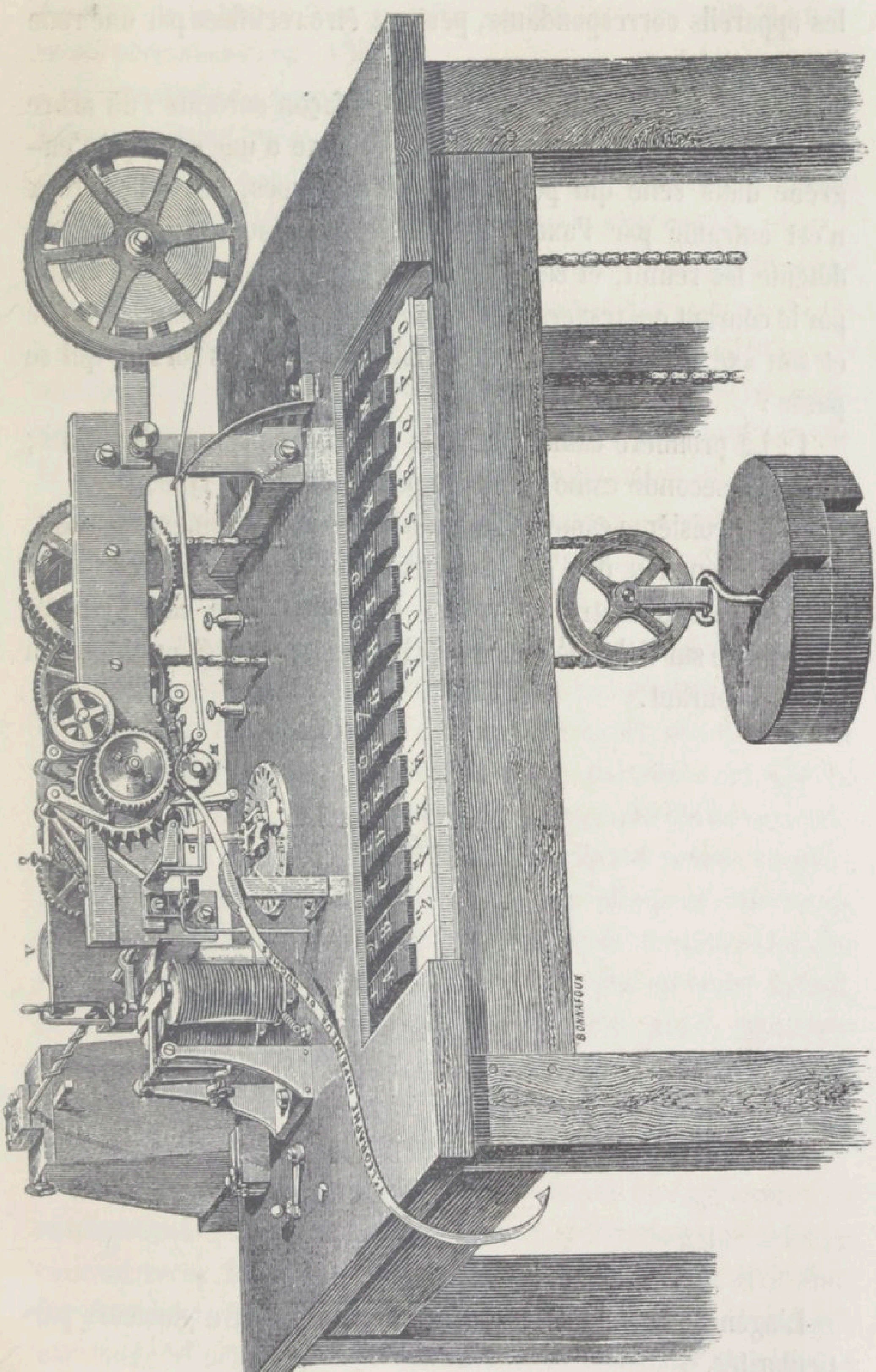


Fig. 176. — Appareil imprimeur de Hughes.

les appareils correspondants, peuvent être rectifiées par une roue dite *correctrice*.

Le courant imprime les lettres de la façon suivante : un arbre creux portant trois cames s'ajuste sur l'axe d'une roue qui s'engrène dans celle qui porte la roue des types. Cet arbre creux n'est entraîné par l'axe qui le traverse qu'au moment où une détente les réunit, et cette détente est elle-même mise en action par le courant qui traverse les bobines de l'électro-aimant. L'arbre et son axe tournent alors ensemble, et voici dès lors ce qui se passe :

1° La première came corrige la position de la roue des types ;

2° La seconde came presse le papier contre le type ;

3° La troisième came donne au papier un mouvement en avant.

4° La jonction de l'arbre creux et de son axe est interrompue et l'arbre rentre au repos. Une quatrième came replace l'armature sur l'électro-aimant, et l'appareil est prêt à recevoir un second courant.

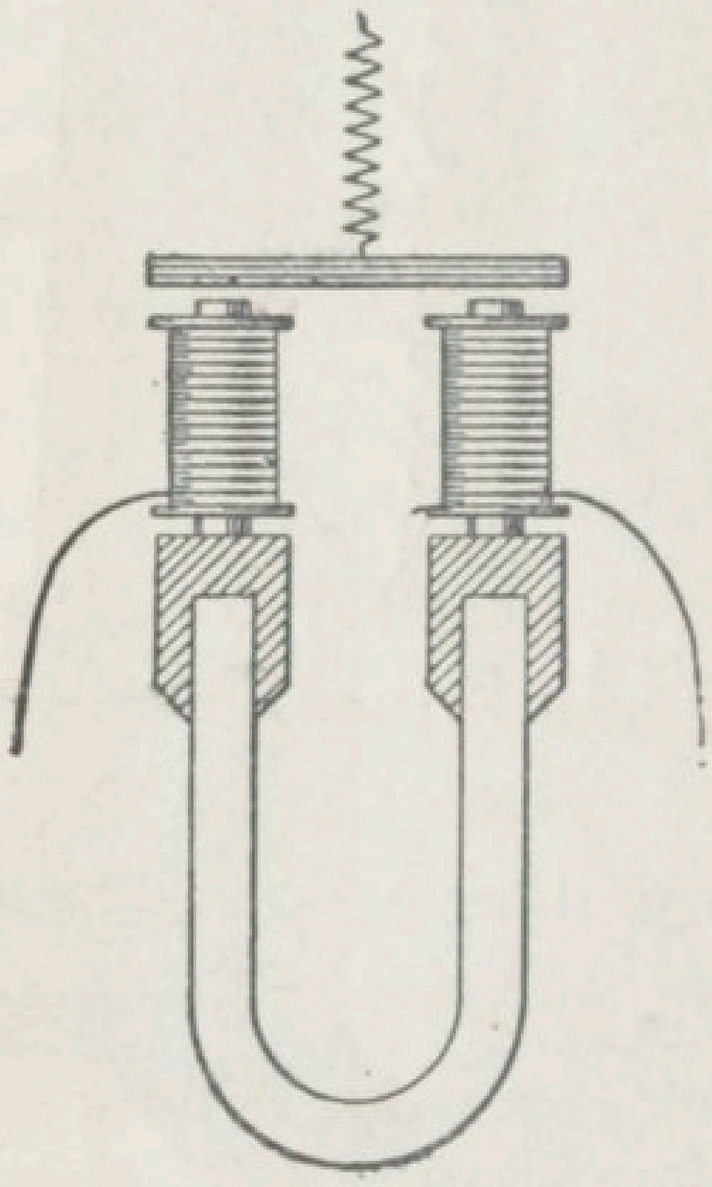


Fig. 177.

L'agencement électrique, quoique simple, offre plusieurs particularités.

L'électro-aimant est formé de deux noyaux en fer doux, re-

couverts de fil fin, et chacun d'eux est fixé à un des pôles d'un aimant permanent (fig. 177).

L'armature est aussi en fer doux, et, quand elle est placée sur l'électro-aimant, elle est attirée et retenue par la polarité induite dans les noyaux par l'aimantation. Un ressort, ajustable au moyen d'un écrou, tend constamment à délivrer l'armature.

Si un courant vient à traverser les bobines dans une direction telle qu'il se produise une polarité contraire à celle qui existe par l'influence de l'aimant permanent, l'armature sera délivrée, et aussitôt que cela arrivera elle quittera les noyaux avec un mouvement sec et une force suffisante pour faire partir une détente. L'armature est ensuite remise en place par l'action des rouages.

L'attraction entre les noyaux et l'armature est réglée par un petit barreau en fer doux que l'on place entre les pôles de l'aimant permanent.

Cet arrangement rend l'appareil excessivement délicat. Supposons que l'aimantation produite dans les noyaux représente une force de 100 grammes, et que le ressort opposé ait une force de 91 grammes. Il suffira d'une polarité contraire de 10 grammes pour libérer l'armature, qui quittera les noyaux avec sa force entière de 91 grammes ; comme elle est remise en place par l'engrenage, le ressort qui agit sur elle peut être tendu très-dur, car le courant n'a pas à vaincre sa tension. Dès que l'armature est soulevée, les bobines sont mises en court circuit, et le courant reçu passe directement à la terre. Ainsi, en supposant qu'il arrive 100 parties de courant, si cinq de ces parties suffisent à délivrer l'armature, le surplus passe directement à la terre sans affecter les bobines.

Lorsque l'armature est remise en place par un engrenage, un extra-courant se manifeste dans la même direction que celle du courant reçu. Il agit comme si un nouveau courant était émis par une des touches du clavier, et quand la résistance de la ligne est faible il peut produire une action continue de l'armature et l'impression successive de plusieurs lettres.

On empêche la formation de ce courant en interrompant le circuit de l'électro-aimant, au moyen de l'arbre des cames, aussitôt qu'il commence à tourner, de sorte qu'au moment où l'armature est remise en place, il n'y a pas de circuit pour la formation de cet extra-courant.

L'appareil Hughes est très employé en Europe, surtout en France, où l'habile constructeur M. Froment l'avait amené à un point de très grande perfection. C'est certainement l'appareil favori du service télégraphique français; en revanche, et malgré l'origine anglaise de M. Hughes, il n'a rencontré aucune faveur en Angletere, où il est, croyons-nous, presque entièrement abandonné.

En raison de sa transmission très rapide, cet appareil s'installe toujours sur les lignes les plus surchargées de dépêches. Son rendement est très avantageux, puisqu'il fait facilement de 50 à 60 depêches à l'heure et imprime lui-même la dépêche. Vu la nature de l'appareil, il nécessite l'adjonction d'un mécanicien dans les stations où on l'emploie ; mais comme on en limite l'usage aux grandes lignes, ce mécanicien n'est pas sans travail dans les postes tels que ceux de Paris, Lyon et Marseille, où cet appareil existe en quantité.

Télégraphie Duplex. — Nos lecteurs ne commettront pas l'erreur assez commune de croire que la télégraphie Duplex consiste dans l'emploi d'appareils nouveaux. Elle est, au contraire, applicable à tous les instruments que nous avons décrits et résulte uniquement d'un agencement particulier des communications, qui donne à l'appareil récepteur un état d'équilibre instable sous lequel il devient sensible aux variations des courants provenant des stations opposées. Comme l'idée paraît abstraite et peu compréhensible, nous allons comparer aux communications adoptées pour le Duplex le circuit plus simple généralement adopté en télégraphie. Si nous nous reportons à la page 290, nous voyons que la clef Morse à levier coupe la pile hors du circuit pour recevoir, ne laissant que l'appareil de réception en

communication avec la ligne, dans le moment où les signaux arrivent de la station correspondante, tandis que si l'on transmet, l'appareil de réception n'est plus en communication avec la ligne, la clef, en s'abaissant, le coupant hors du circuit pour lui substituer la pile.

Dans le Duplex, les choses se passent différemment : pendant la transmission comme dans la réception, le courant de la pile de chacune des stations traverse toujours les bobines de l'appareil récepteur ; seulement on comprend que les bobines de cet appareil doivent être construites de manière à n'être pas affectées par ce courant sortant, mais seulement par celui qui pourra résulter des signaux provenant de la station correspondante. Voyons comment on obtient ce résultat.

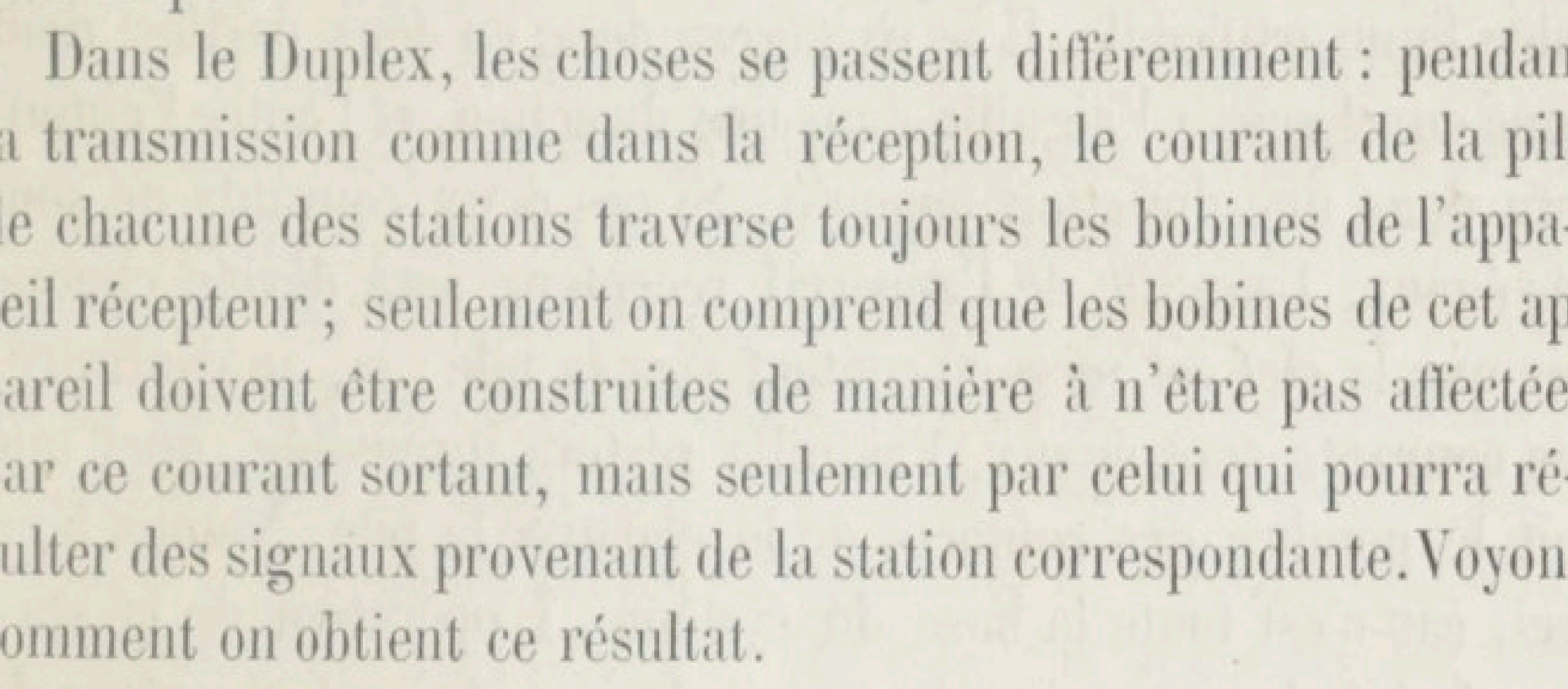


Fig. 178.

AB dans la figure 178 représente la ligne ; A, la station d'où part la dépêche, B, celle où elle arrive.

A la station A, *cz* est la pile dont le cuivre est en contact avec la clef et l'autre pôle à la terre.

Le levier de la clef communique à la ligne en passant par l'appareil récepteur, mais ce récepteur est disposé d'une manière particulière : au lieu d'être enveloppé d'un seul circuit, il en contient deux qui enveloppent l'aiguille en sens opposés, de sorte que si un même courant parcourt ces deux circuits en même temps, l'effet d'un circuit sur l'aiguille sera contrebalancé par l'effet du circuit inverse, parce que le courant les parcourt en directions op-

posées. Une des branches est indiquée par une ligne pleine, et l'autre par une ligne ponctuée. Supposons la clef amenée au contact de la pile ; le courant, en partant vers *b*, trouve deux issues : l'une (la ligne pleine) le conduit sur la ligne, l'autre (la ligne ponctuée) le mène à la terre, à travers une résistance appelée ligne artificielle. Il se partagera donc en deux parties, dont l'une enveloppera l'aiguille dans une direction, et l'autre l'entourera dans une direction opposée. Si ces deux courants ne sont pas égaux, l'aiguille de l'appareil récepteur sera déviée chaque fois que la clef est mise en contact avec la pile ; si, au contraire, ces courants sont égaux, l'aiguille restera insensible, quel que soit le nombre des contacts de la clef avec la pile. Notons bien ceci, car c'est toute la base du système. L'opérateur de la station A doit donc arranger le circuit de son appareil récepteur de telle sorte que, tout en envoyant des signaux sur la ligne à travers son propre appareil, cet appareil n'en soit aucunement affecté, bien qu'il reste libre de recevoir et d'enregistrer les signaux provenant de B. Ce résultat ne peut être obtenu qu'en *égalisant les circuits*, c'est-à-dire en introduisant, dans le second circuit, une *ligne artificielle* égale ou très approximativement égale à la ligne véritable, dans tous ses effets sur le courant. Nous avons vu qu'au point *b* le courant trouvait deux issues, l'une par le circuit plein de l'appareil, la ligne et la terre à la station correspondante B, l'autre par le circuit ponctué de l'appareil, par la ligne artificielle à la terre de la station A. Si la résistance et la retardation qui se produisent dans ces deux circuits sont égales, la totalité du courant de la pile se divisera au point *b* en deux parties égales, dont l'une parcourra la ligne réelle, et l'autre la ligne artificielle pour se rendre à la terre à l'extrémité de ces deux circuits. Nous voyons donc comment l'opérateur à chaque station *peut* envoyer des signaux à son correspondant à travers son propre appareil, sans le faire mouvoir et le conserver en même temps libre de recevoir les signaux de la station opposée.

Voyons comment il se fait que ces signaux sont reçus de la

station opposée pendant que l'opérateur en A transmet à cette station. Supposons que l'opérateur en B ait aussi arrangé ses communications d'appareil, de pile et de clef et de ligne artificielle dans des conditions absolument identiques à celles de A, de sorte que s'il transmet à A son appareil reste insensible. Si maintenant B transmet en même temps que A envoie aussi son courant, B fait un contact de sa clef sur la pile aussi bien que A, et le résultat est qu'aucun courant ne parcourt la ligne. A arrête le courant de B, pour ainsi dire, et B arrête pareillement le courant de A, car B emploie une pile égale et semblable à celle de A, et les deux courants ont pour effet de se contrebalancer instantanément et de se détruire. Mais c'est précisément parce que A a le pouvoir d'arrêter le courant de B, et réciproquement, que les stations A et B ont le contrôle des appareils qui leur sont opposés, c'est par l'arrêt du courant de B que A contrôle l'appareil de cette station, et *vice versa*. Car tant que les courants de A passent librement à travers son propre appareil, l'un dans la ligne artificielle et l'autre dans la ligne réelle, cet appareil reste immobile, mais du moment où le courant qui va sur la ligne est arrêté, il n'a plus d'action sur l'appareil, la balance résultant des effets égaux du courant partagé entre les deux circuits est complètement rompue; tout le courant de A s'écoule à la terre par la branche ponctuée de l'appareil, il fait mouvoir l'aiguille ou l'indicateur et produit un signal. Donc, B a le pouvoir d'arrêter le courant qu'envoie A sur la ligne ; il peut, par conséquent, produire des signaux sur l'appareil de A sans troubler lui-même la balance de son propre appareil, et la même chose est vraie pour B en ce qui concerne son appareil et celui de la station B.

Nous essayerons de rendre ce phénomène plus clair encore par l'analogie physique suivante, empruntée à l'écoulement des liquides. Supposons que la figure 179 représente la section en plan de conduites d'eau d'une construction particulière, et que les palettes qu'on voit dans les renflements de A et B soient

des turbines. Si de l'eau sous pression (représentant ici la force électro-motrice du courant) est engagée dans la conduite au point *b* de A, une partie s'écoulera par un des côtés de la turbine dans la conduite L, et l'autre partie par l'autre côté dans la conduite AL, et si la section et la résistance à la friction de ces deux conduites sont égales, la moitié de l'eau s'écoulera d'un côté et l'autre moitié de l'autre. La turbine, sous des efforts

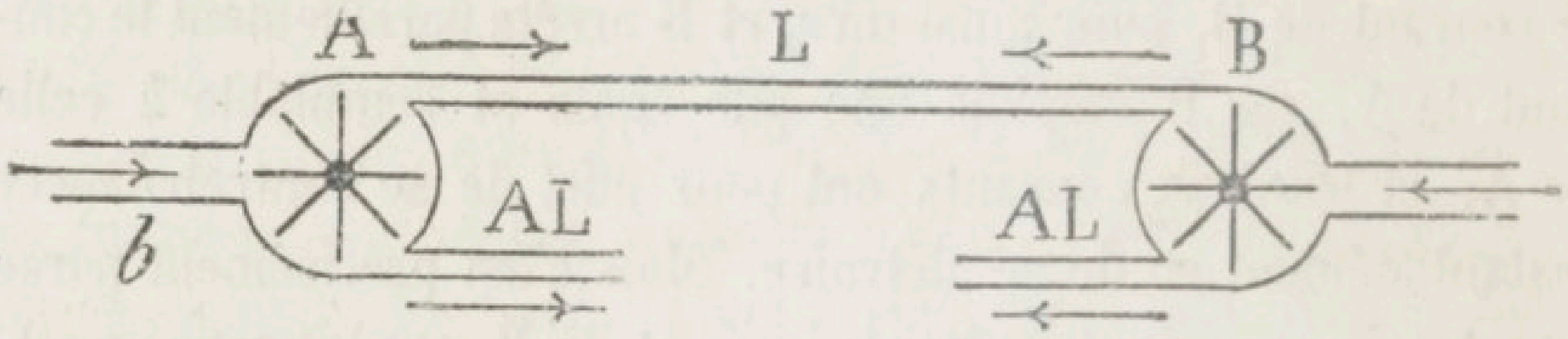


Fig. 179.

égaux et opposés, restera donc immobile. Mais le courant d'eau qui passe par L pourrait faire tourner la turbine de B, si nous ne supposions qu'un courant d'eau de même pression entre en B dans les mêmes conditions qu'en A. Voyons donc ce qui va se passer.

Evidemment, le courant d'eau de A remplit le canal L, mais dès que l'eau aura pénétré par B, ce courant d'eau sera arrêté, l'eau se précipitera alors en A par l'issue AL et la turbine tournera. Nous voyons donc que si nous pouvions, au moyen de robinets, contrôler l'entrée ou l'arrêt de l'eau en B, nous pourrions contrôler le mouvement de la turbine en A et qu'au moyen d'un jeu d'appareils semblables en A, la turbine de B pourrait, elle aussi, être contrôlée en même temps.

La méthode de Duplex, telle que nous venons de l'exposer, s'appelle *méthode différentielle*, parce que les appareils ont leurs bobines de fil enroulées différentiellement, c'est-à-dire en sens opposés, et de façon à pouvoir obtenir des combinaisons sur chaque bobine séparément ou sur l'ensemble des deux bobines en ajoutant ou en contrariant leur effet sur l'aiguille. Ces sortes d'appareils sont très employés pour les épreuves électriques des résistances de la ligne ou des piles et n'exigent pas une description détaillée.

Le pont de Wheatstone offre un autre moyen pratique de faire de la télégraphie Duplex, en plaçant un appareil récepteur ordinaire dans le pont de la balance connue sous ce nom. Il suffit de mettre les deux bornes de l'appareil à aiguille ordinaire

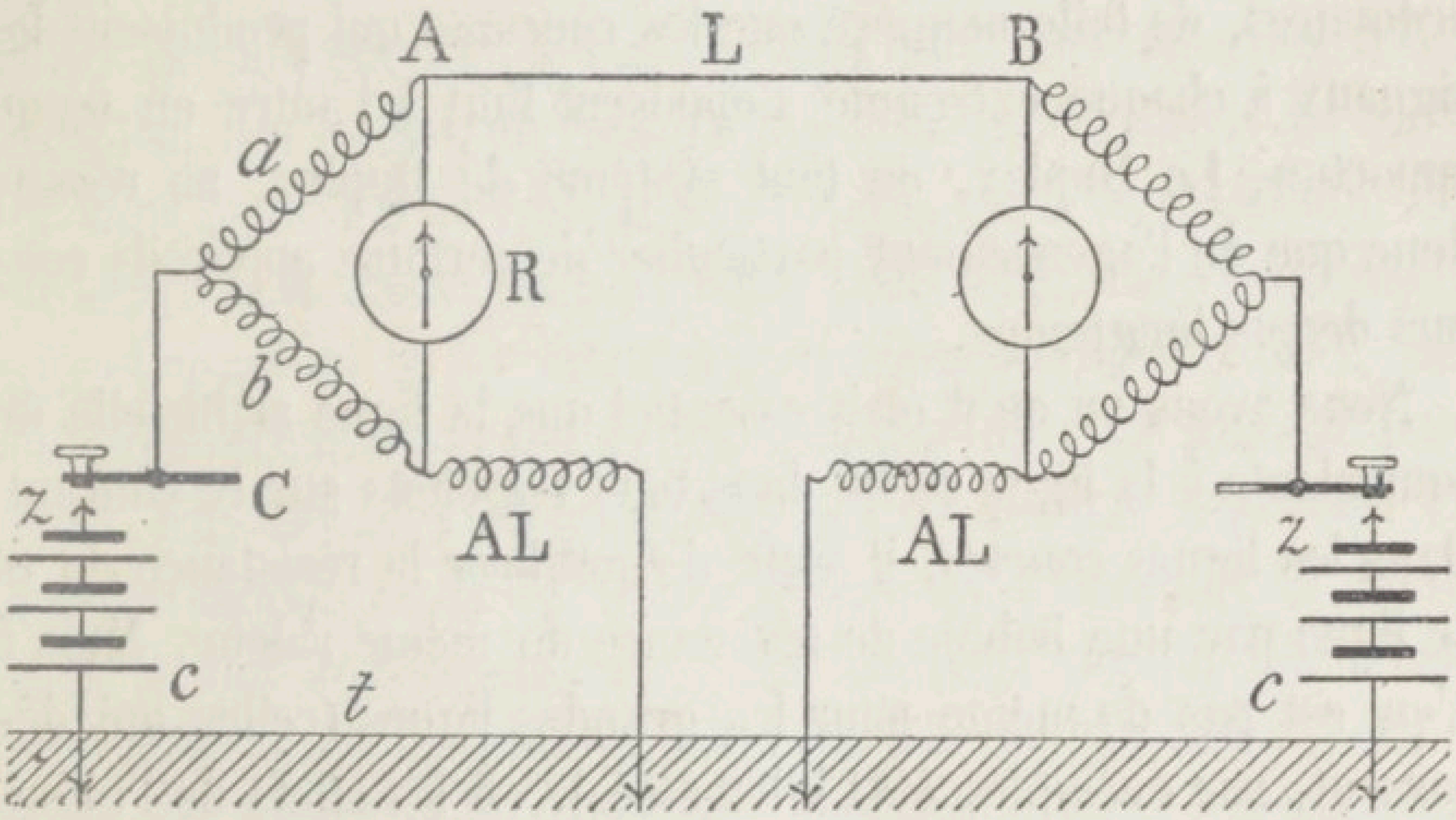


Fig. 180.

en contact avec la ligne réelle et la ligne artificielle (fig. 180). Les branches qui partagent le courant sont ici tout à fait distinctes de l'appareil récepteur. Le restant des communications est absolument le même que dans le cas précédent.

Le courant qui vient de la clef se partage : une partie passe par la branche supérieure *a* et passe à la ligne *L* et à la terre, à la station opposée; l'autre partie traverse la branche inférieure *b*, la ligne artificielle et se perd à la terre. Il est évident que l'égalité des courants qui parcourent ces deux branches et laissent l'aiguille aimantée de l'appareil immobile dépend uniquement de la parfaite égalité des branches *a* et *b*. En outre, comme dans le cas précédent, la ligne artificielle doit être identique à la ligne réelle dans toutes ses conditions électriques. Les mêmes phénomènes de transmission, que nous avons déjà décrits pour le cas précédent, s'appliquent également ici.

Pour définir le système Duplex, on peut donc dire qu'il consiste à transmettre deux dépêches simultanément entre deux

stations opposées unies par un seul fil. Il faut écarter l'idée que ces dépêches se croisent par le fil et sont communiquées en direction opposée. On a pu voir, par ce que nous avons dit plus haut, qu'il n'en est rien. La solution a été pratiquement et élégamment obtenue par l'agencement des connexions des appareils ordinaires, de telle manière que les courants qui produisent les signaux à chaque extrémité s'opposent l'un à l'autre en temps opportun. Le Duplex, ou tout système de Duplex, ne résulte donc que de l'agencement particulier de certains appareils connus depuis longtemps.

Nous avons vu qu'il était essentiel que la ligne artificielle fût équivalente à la ligne réelle dans tous ses effets sur le courant. Dans les lignes courtes, il suffit d'équilibrer la résistance du fil de ligne par une bobine de résistance de même valeur. Mais il n'en est pas de même pour les grandes lignes (celles qui dépassent, par exemple, 400 kilomètres), où les effets de l'induction entrent en jeu. Dans ce cas, il faut ajouter au circuit de la ligne artificielle des condensateurs ou d'autres appareils similaires produisant des charges soudaines d'électricité statique. Quand on charge une grande ligne d'électricité, l'action inductive de la terre y ajoute une charge statique, qui augmente au premier moment la charge dynamique due au courant de la pile. De la même manière, il se produit une décharge statique additionnelle, lorsqu'on décharge la ligne de son électricité dynamique. Ces charges et décharges statiques se manifestent dans l'appareil sous forme de courants instantanés, et elles produisent une vibration ou coup de fouet de l'indicateur de l'appareil récepteur, qui dénature le mouvement plus doux dû à l'écoulement normal des courants qui forment les signaux. Ces derniers sont donc dénaturés par cet effet, à moins qu'en donnant à la ligne artificielle une capacité statique équivalente à celle de la ligne réelle, on n'arrive à contrebalancer les vibrations dues à la charge de la ligne réelle par des effets semblables se produisant dans la ligne artificielle. Cette dernière

doit donc compenser en même temps les effets statique et dynamique dus aux courants.

Dans les câbles sous-marins, les effets de l'induction se compliquent considérablement, et les coups de fouet dus à la charge ont été longtemps un obstacle à l'introduction du Duplex sur ces grands circuits. Il s'ajoute, aux effets de l'induction dans les câbles, des causes de retardation et de modification du courant dans la longueur entière de la ligne, qu'il était difficile de reproduire exactement dans la ligne artificielle. La combinaison de condensateurs et de rhéostats, distribués uniformément, est même insuffisante sur des lignes sous-marines de grande longueur. En effet, le courant doit non seulement traverser la ligne artificielle dans le même temps qu'il parcourt la ligne réelle, il doit aussi conserver, dans les deux circuits, la même forme et la même grandeur, c'est-à-dire voyager d'un bout à l'autre des deux circuits sous la même ondulation. La difficulté de balancer un câble et une ligne artificielle augmente dans une proportion plus rapide que celle de la longueur. L'importance de ces phénomènes fut reconnue, dès 1855, par M. de Sauty, qui employa à cette époque un condensateur pour compenser les effets de l'induction, lors d'expériences qu'il fit entre Londres et Birmingham, au moyen de la méthode différentielle de Frischen-Siemens. M. Joseph Stearns, reprenant la question en 1868, éprouva les mêmes difficultés et ne put les vaincre, sur les grandes lignes du continent américain, qu'au moyen de condensateurs combinés aux résistances. Toutefois, sur les lignes terrestres, les appareils ne fonctionnent pas conformément à la capacité des lignes; tandis que, sur les câbles, les appareils si délicats de sir W. Thomson, le galvanomètre à miroir et le recorder à siphon, qui sont d'un usage général, répondent à des variations de courant bien plus faibles que celles qui sont nécessaires à la formation des signaux dans les appareils de la télégraphie aérienne. La balance du Duplex sur les lignes terrestres n'exige pas, par conséquent, autant de délicatesse que dans les câbles.

Des expériences faites par le Dr Alexandre Muirhead et M. Herbert Taylor ont démontré que les courants pénètrent dans les câbles sous une forme vibratoire particulière, qui nécessite, dans la ligne artificielle, une imitation aussi parfaite que possible des phénomènes dus au courant, à l'origine même de ce circuit. Se basant sur ces expériences, M. John Muirhead prit, en octobre 1874, un brevet contenant les principes étudiés par son frère et par lui-même pour une ligne artificielle qui forme la base de leur système de Duplex appliqué aux câbles sous-marins. Depuis lors, ce système a été développé et appliqué par MM. Muirhead et Taylor. Tous les câbles de la compagnie de l'Eastern Telegraph, entre l'Angleterre, Marseille et Bombay, ont été *duplexés* par ce système. Il en a été de même pour le câble du « Direct United States ». Le premier câble ainsi « duplexé » fut le câble de Marseille à Bone, en 1875; le dernier a été celui de Vigo, cette année.

Le système comporte d'abord une ligne artificielle nouvelle ou modèle de câble, puis divers ajustements permettant de donner à l'origine de la ligne artificielle une égalité aussi grande que possible avec l'origine du câble; la balance est aussi perfectionnée d'une manière générale. De même que le câble réel, la ligne artificielle forme un conducteur continu, de capacité uniforme dans toute sa longueur. On peut la désigner sous le nom de « résistance inductive ». On la forme en employant deux bandes de feuilles d'étain et en les superposant; on place entre elles un séparateur formé de papier imbibé de paraffine. Une des bandes forme le circuit conducteur de la ligne artificielle; l'autre est la partie inductive extérieure et communique à la terre. Ce mode de formation est indiqué dans la figure 181, qui représente une portion du câble artificiel. La bande conductrice est, comme on le voit, continue; mais des boutons serre-fils R sont rattachés à des intervalles, où l'on fait intervenir des résistances. Les bandes, ou plutôt les groupes de bandes inductives, sont, bien entendu, détachées l'une de l'autre; mais chaque

groupe est relié à un serre-fil spécial C, et la série de ces boutons est reliée à la terre. Chaque paire de boutons R, combinée avec la capacité correspondante C opposée, forme ainsi un élé-

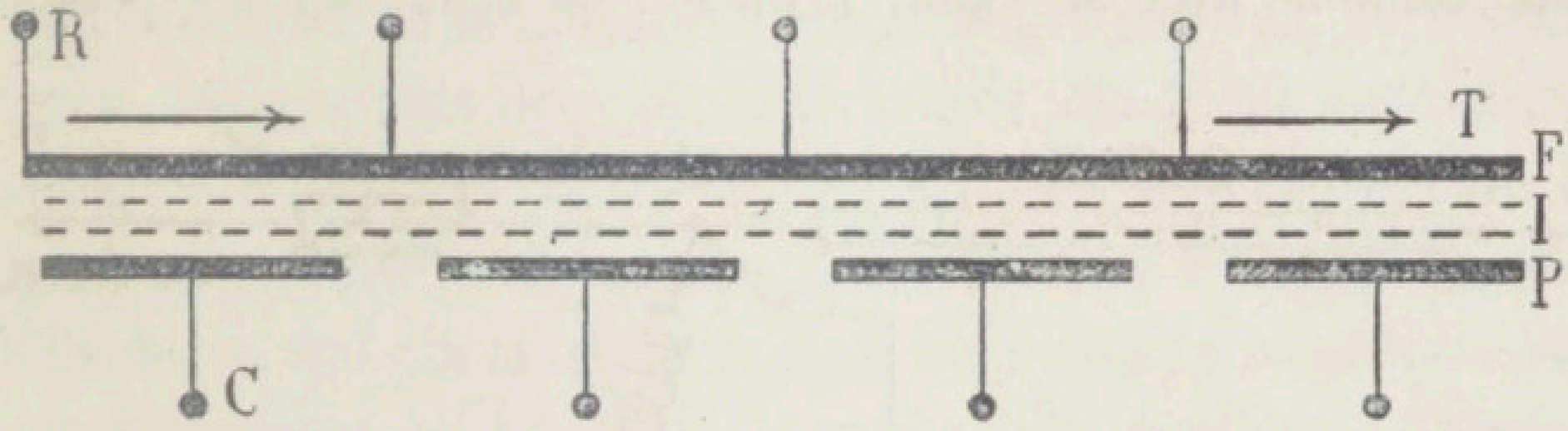


Fig. 181.

ment de série ou unité de ligne artificielle équivalant à environ 10 milles nautiques de câble. Ce mode de construction permet

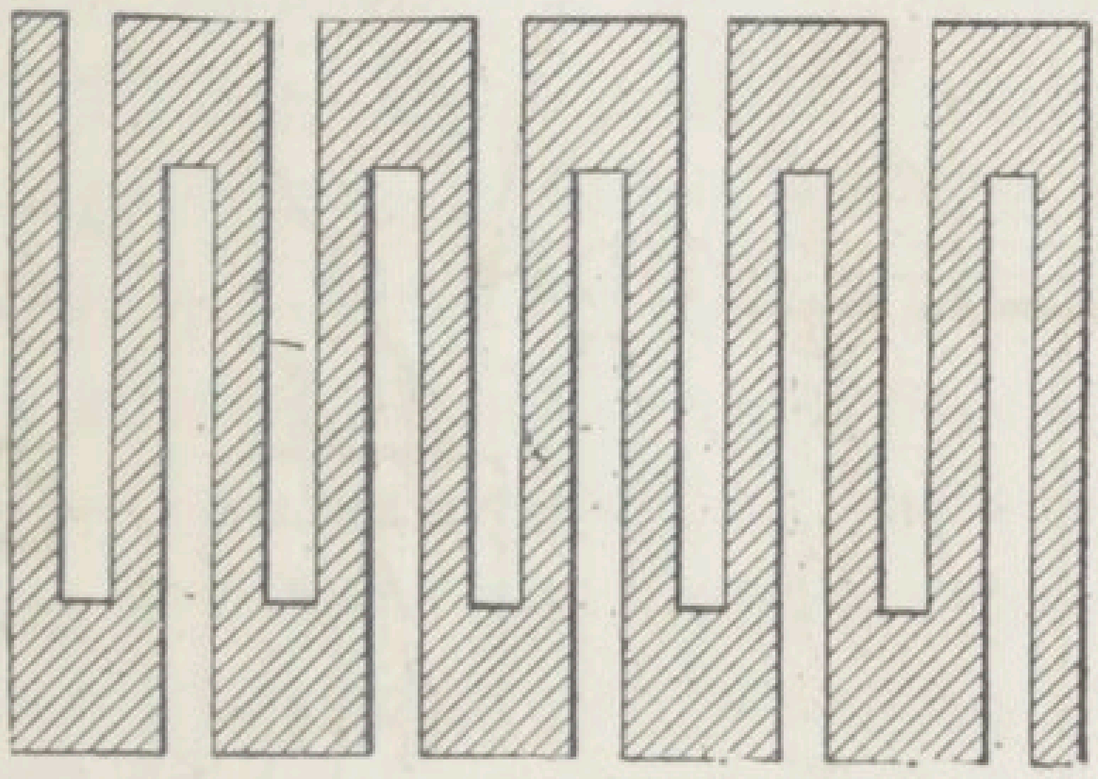


Fig. 181 bis.

d'obtenir un câble artificiel compact, possédant la même résistance conductrice par unité de capacité que le câble réel que l'on veut « duplexer ».

Dans la figure 182, on trouvera l'arrangement des appareils employés à Marseille pour duplexer le circuit de Marseille à Malte. Tous les ajustements qui y sont introduits n'ont pas été employés sur ce circuit, mais ils l'ont été sur d'autres dont nous allons parler.

Le câble de Marseille à Malte est l'exemple le plus simple de balance obtenue au moyen du système Muirhead. De Marseille,

le câble, qui a 826 milles nautiques de longueur, traverse la Méditerranée jusqu'à Bone, avant de se diriger vers Malte dans l'est. Le système consiste en une balance ou pont de Wheatstone combiné avec un câble artificiel, où beaucoup des plaques

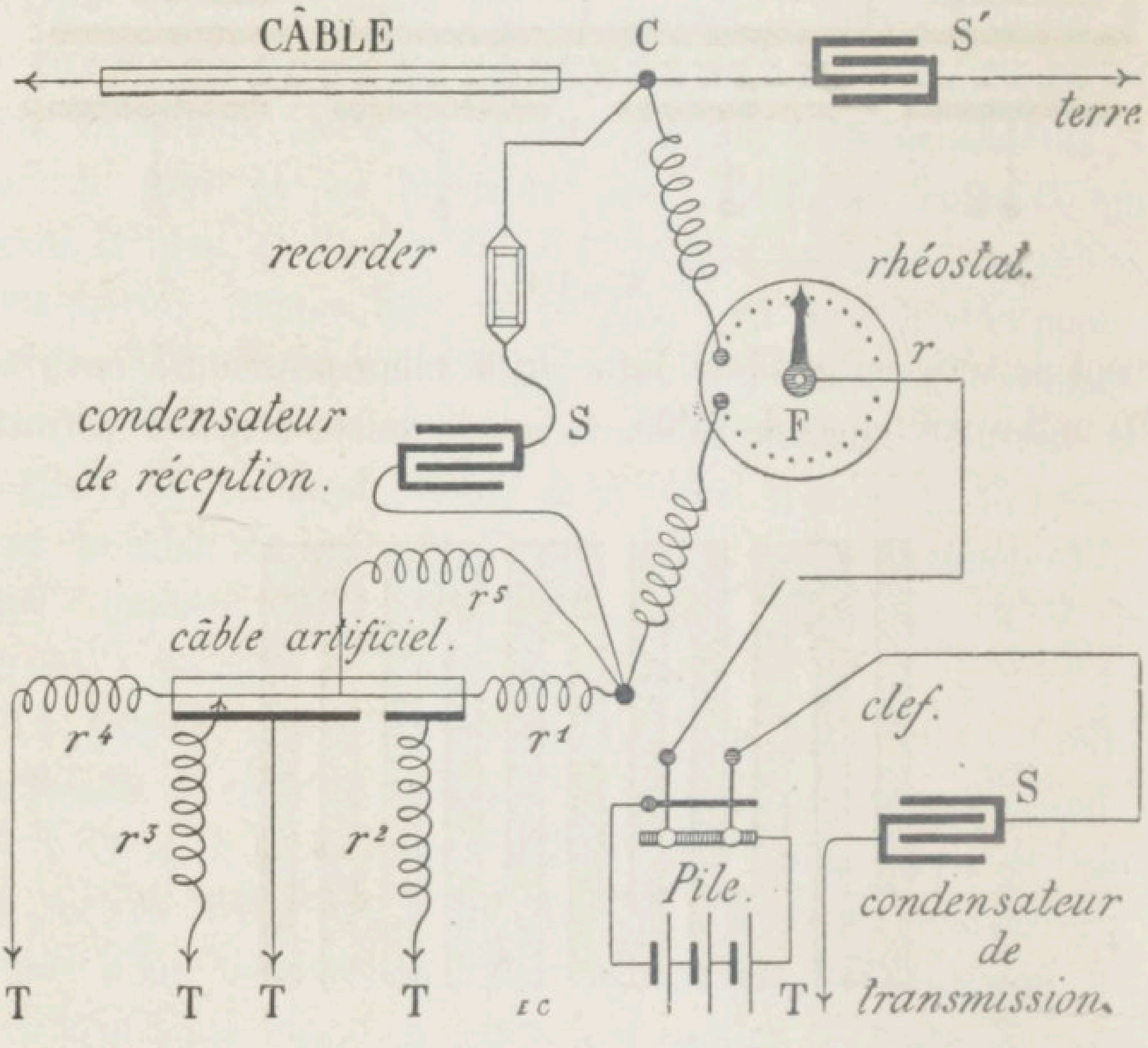


Fig. 182.

inductrices sont omises, le conducteur de la ligne artificielle aboutissant à la terre à travers une résistance de 7 000 ohms.

Pour le câble d'Aden à Bombay, qui a 1817 milles nautiques, la balance est établie à Aden avec $s = 1.23$ microfarad, $r = o$, $r^2 = o$, $r^3 = 210{,}000$ à un point qui correspond à 250 milles d'Aden dans le câble artificiel; r^4 et r^5 = infinité. La proportion de la ligne artificielle à la ligne réelle est dans le rapport de 3 à 4, et les résistances des fléaux de la balance sont respectivement 2 000 et 2 030. La résistance totale de la ligne réelle est de 11 827 ohms, et sa capacité 656 microfarads.

Ces deux câbles fonctionnent au moyen du recorder à siphon de sir W. Thomson, qui, bien qu'extrêmement délicat, offre toutefois plus de facilité que le galvanomètre à miroir pour l'établissement de la balance. Comme on le sait, la succession rapide des courants dans un câble donne lieu à des ondulations lentes provenant des ondes électriques qui se forment dans la ligne, et par-dessus lesquelles s'élèvent une série de signaux individuels, qui chevauchent comme les moutons au-dessus des grandes vagues de la mer. La bobine du recorder est moins sensible que le miroir ou le galvanomètre à ces ondulations lentes, et le zéro du recorder est moins aisément affecté que celui du miroir par ce motif. Dans le miroir, les mouvements du zéro se confondent aisément avec les signaux, parce que le *spot*, ou aiguille lumineuse, se meut toujours en droite ligne, à gauche et à droite de l'échelle; tandis qu'au recorder, le déplacement du zéro est transversal à la direction des signaux sur la bande. En outre, au miroir, les signaux sont fugitifs et échappent à l'œil en un moment; tandis qu'au recorder, les signaux sont enregistrés d'une façon permanente, qui permet de les déchiffrer à loisir. La balance avec le miroir exige donc une ligne artificielle plus compliquée qu'avec le recorder.

Il a fallu toutefois employer le miroir sur le câble du *Direct United States* entre Ballinskeligs-Bay, en Irlande, et Torbay, dans la Nouvelle-Écosse. Ce câble est le plus long qu'on ait encore duplexé (2 423 milles nautiques), et c'est le premier câble de l'Atlantique auquel on ait appliqué le Duplex. La vitesse des transmissions est de 100 lettres par minute de chaque côté, soit un total de 45 mots par minute. L'expérience prouve, en effet, que le Duplex double pratiquement la capacité et la valeur commerciale des câbles, et la compagnie de l'*Eastern Telegraph*, grâce à l'énergique volonté de son directeur général, sir James Anderson, s'est assuré, dès 1876, le bénéfice d'un système qui, tout en augmentant considérablement la vitesse des transmissions, a accru ses recettes d'une façon très satisfaisante.

Le *quadruplex* consiste à duplexer un système qui permet d'envoyer deux dépêches en même temps dans la même direction. M. Stark, de Vienne, avait résolu ce problème dès 1855, et au moyen de deux piles et de deux clefs convenablement disposées, il obtenait sur les deux relais de la station de réception un effet différentiel de magnétisme qui permettait de maintenir deux communications indépendantes dans le même sens. Nous ne décrirons pas plus au long ce système, ou celui de M. Gerrit Smith qui est analogue, et que MM. Muirhead et Winter sont parvenus à duplexer de manière à former un quadruplex qui fonctionne pratiquement bien. D'autres systèmes de quadruplex, de l'inven-

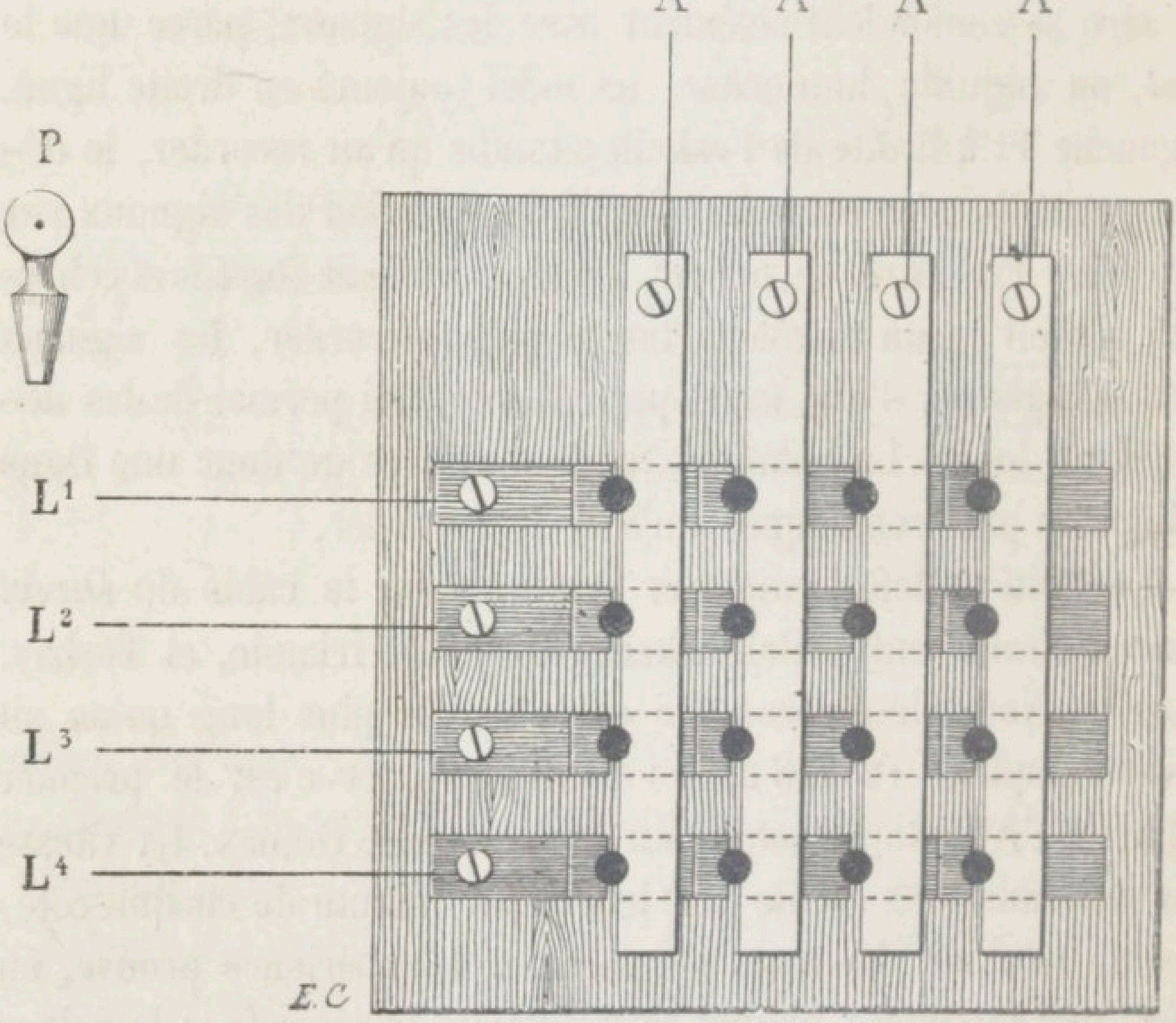


Fig. 183.

tion de MM. Prescott et Edison, fonctionnent en Amérique sur soixante circuits de la *Western Union Telegraph Company* qui les a adoptés depuis 1874. De grands efforts sont faits en

Angleterre et en France pour rattraper, dans cette direction, l'avance que la jeune Amérique sait toujours prendre sur la vieille Europe.

Appareils accessoires. — Ce genre d'appareils abonde dans les stations télégraphiques, et nous ne pourrions en décrire ici toute la nomenclature. En général les fils de ligne arrivent dans le poste par un distributeur ou commutateur du genre de celui que représente la figure 183. Ce commutateur est formé de tiges plates en cuivre qui se croisent à angle droit; des ouvertures circulaires sont ménagées aux points d'entre-croisement et permettent, au moyen de fiches P, d'établir une communication entre les tiges supérieures et inférieures. Ces fiches doivent s'ajuster fortement, par le haut et par le bas, afin d'assurer les communications. On comprend que les quatre fils de ligne L^1, L^2, L^3 et L^4, qui aboutissent aux tiges inférieures de notre appareil, peuvent être placés à volonté sur un des quatre appareils A^1, A^2, A^3, A^4, dont les fils de communication aboutissent aux tiges supérieures du commutateur. Des appareils du même genre sont utilisés pour la distribution des fils de la pile, et un des boutons de communication est en général réservé à un fil qui met la ligne directement à la terre, en cas d'orage.

Plaques de terre. — Les fils de terre exigent des soins particuliers dans une station télégraphique; on comprend qu'une mauvaise terre puisse causer des embarras dans l'exploitation. Quand le sol avoisinant est humide, il suffit d'y enfouir une large plaque de métal qu'on relie au poste au moyen d'un cordage en fils de fer. Si le sol est très sec, il faut prendre la terre dans un puits ou même dans une rivière avoisinante. Il y a des cas où l'on est forcé de conduire le fil de terre très loin pour y trouver un sol approprié. Dans l'île de Saint-Pierre Miquelon il a été nécessaire d'aller chercher la terre à quelque distance en mer. Les moyens ordinaires étaient insuffisants, et l'appareil à miroir d'une station (celle du câble de Brest) enregistrait les signaux Morse du câble d'Amérique appartenant à une compagnie diffé-

rente par une induction résultant de la sécheresse générale du sol de l'île.

Dans les stations où existent des câbles sous-marins, on ne peut choisir un meilleur fil de terre qu'un de ceux qui forment la carapace ou armature des câbles. Ces fils sont, en effet, en contact immédiat avec la terre et la mer sur tout leur parcours, et forment pour ainsi dire un fil de retour aux courants. Dans les gares de chemins de fer, les rails fournissent une excellente communication pour le fil de terre.

Paratonnerres. — Les effets de l'orage et de l'électricité atmosphérique sur les appareils télégraphiques seraient parfois destructeurs, si on ne les protégeait contre la foudre au moyen de paratonnerres. Les câbles demandent une protection du même genre; les décharges atmosphériques ne pouvant trouver un écoulement suffisant et assez prompt dans ces conducteurs, l'enveloppe isolante qui contient le courant serait transpercée par ces décharges, si l'on ne trouvait un moyen de les détourner. Les paratonnerres ont tous en vue de faire passer à la terre les courants d'électricité atmosphérique ou statique, afin de préserver les appareils et les câbles des effets désastreux que cette électricité pourrait produire.

Le système le plus simple est celui qu'on emploie en Belgique et en Allemagne, et qu'avait imaginé Steinheil. Il a été depuis perfectionné par MM. Siemens, et consiste uniquement en deux plaques métalliques superposées, appliquées sur une planchette et isolées l'une de l'autre aux quatre coins par des feuillets d'ébonite. Une mince couche d'air sépare donc les deux plaques l'une de l'autre; la plaque supérieure forme partie du circuit du fil de ligne, et la plaque inférieure communique avec la terre. La figure 184 donne une vue perspective de ce paratonnerre, qu'on emploie beaucoup dans les compagnies de télégraphie sous-marine. Sur la plaque de fonte *a*, qui est la plaque de terre, sont placées deux plus petites plaques de même métal, mais sans faire contact avec la plaque inférieure. Ces plaques ont des écrous pour

fixer les fils. Aux bornes f, f', sont fixées les lignes souterraines ; aux bornes F, F′, les lignes sous-marines.

Enfin, à la borne g est fixé le fil de terre. Les plaques supérieures sont maintenues en place par des fiches c, c, et les boutons d, d, sur la plaque de terre.

Ces boutons et ces fiches sont recouverts d'ébonite afin d'éviter les contacts. L'électricité atmosphérique, en arrivant par la ligne

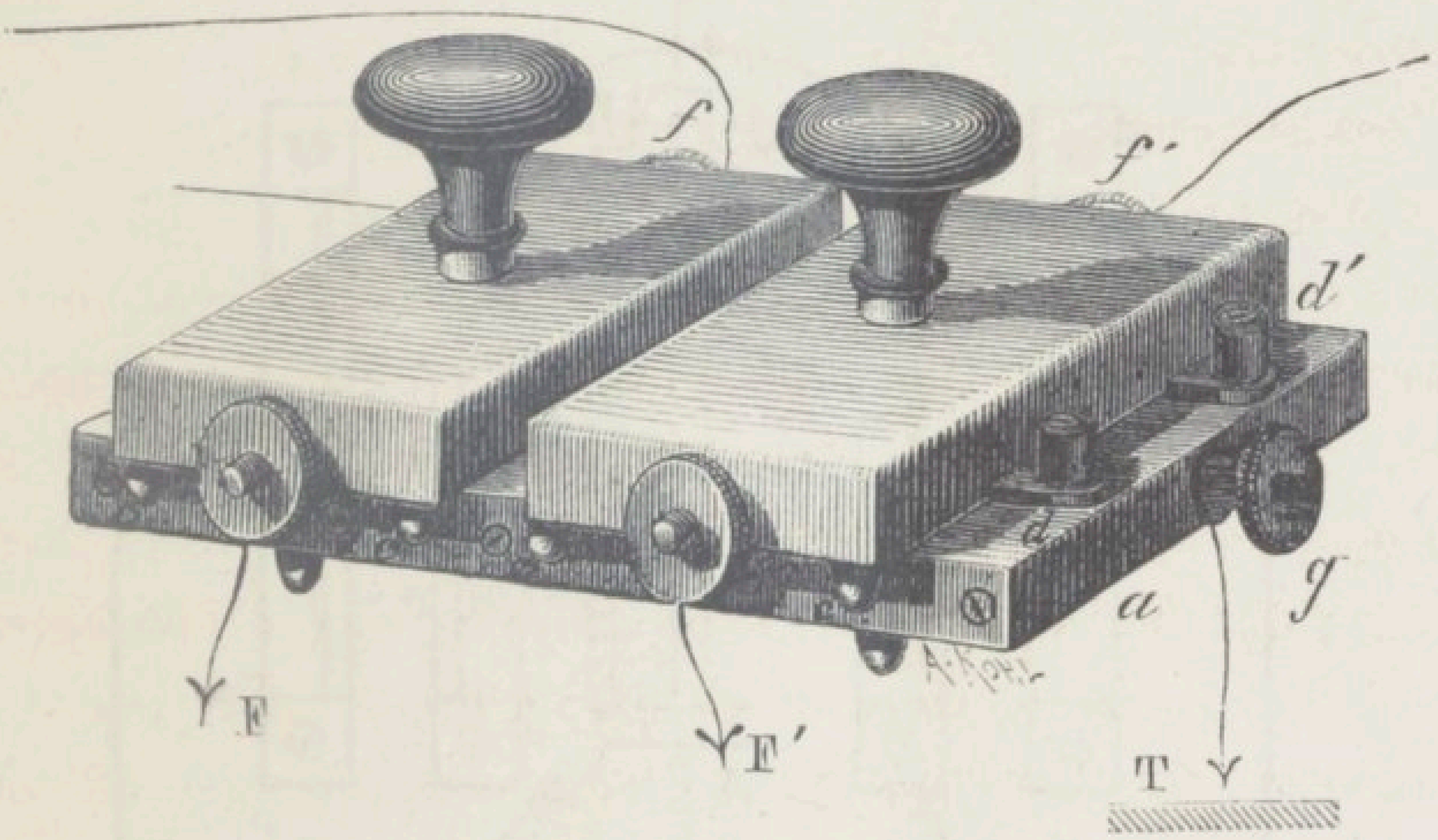


Fig. 184.

souterraine, s'élance sur la plaque de terre qui offre moins de résistance, et s'y écoule sans atteindre le câble. Pour faciliter cet écoulement, les plaques sont finement striées, les unes longitudinalement, et l'autre verticalement, de façon à former des points croisés qui se rencontrent à une distance d'un quart de millimètre et agissent comme des pointes.

La foudre a pour effet de fondre les fils très fins qui s'opposent par leur grande résistance à son prompt passage. C'est précisément contre ces effets que l'on cherche à protéger les fils fins des appareils télégraphiques. Se basant sur ces effets, sir Charles Bright a imaginé un paratonnerre à fils fins et à pointes, qui a été imité bien des fois depuis, mais qui a l'avantage de maintenir la ligne en communication après que les effets de la foudre ont détruit un des fils par la fusion.

La figure 185 représente ce paratonnerre. Une série de fils ténus sont tendus entre deux montants métalliques d'ailleurs chargés de pointes. Deux autres montants amènent à proximité une autre série de pointes, et ces derniers sont en communication avec la terre E. Le fil de ligne L est en communication

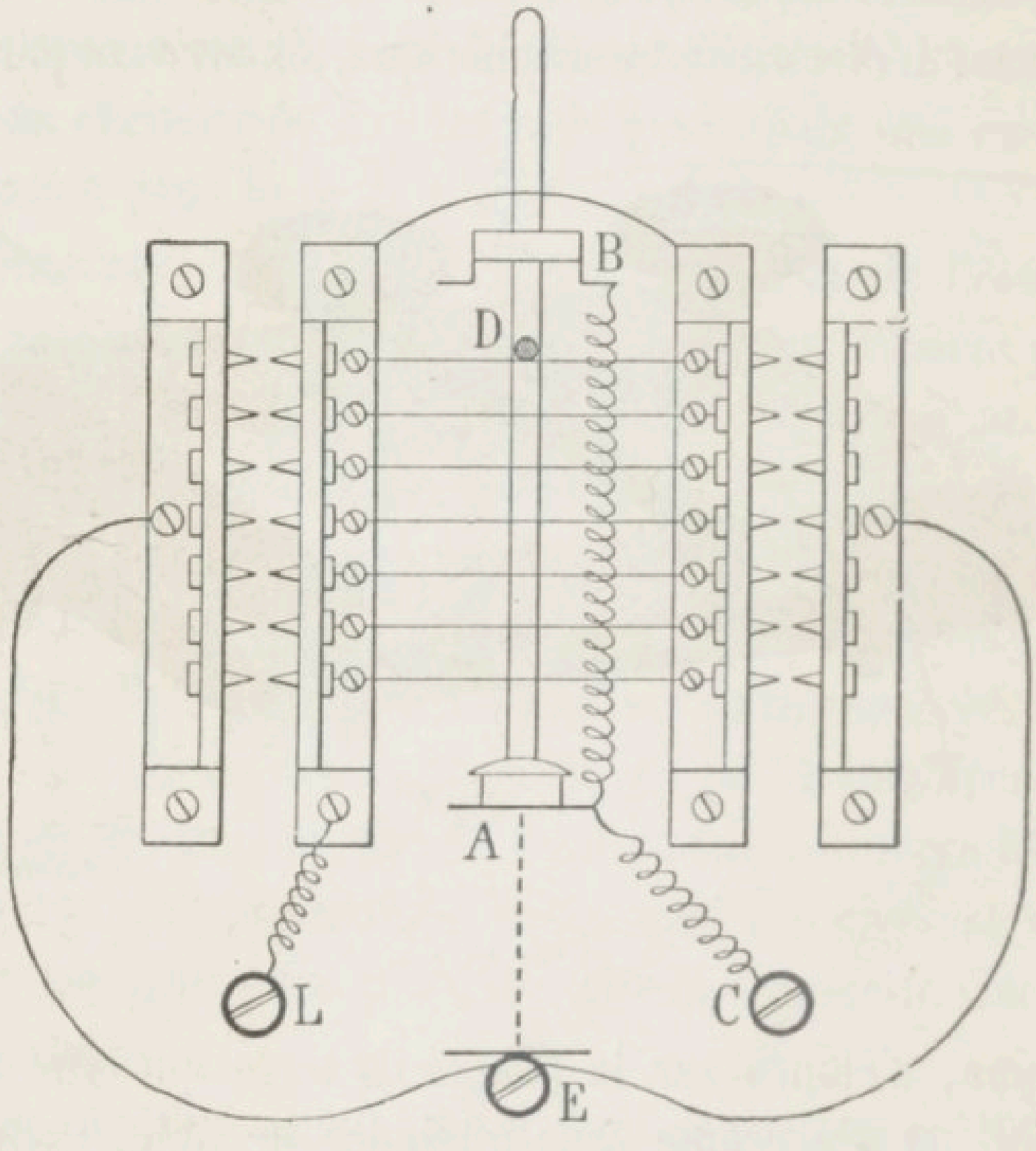


Fig. 185.

avec le montant de gauche, et l'appareil communique par le point C avec la tige mobile A, qui glisse dans le guide B. Si une décharge d'électricité atmosphérique fait fondre le premier fil métallique, la tige AB descend par son propre poids, et, arrêtée par la goupille D, elle vient en contact avec le second fil; la communication par la ligne n'est donc pas interrompue, et la disposition primitive étant rétablie, l'appareil reste comme avant protégé contre les effets de la foudre. Tant que les fils tendus n'ont pas été successivement brûlés par l'électricité atmosphérique, le paratonnerre laisse passer les courants de ligne; quand le dernier fil a été détruit, les points A et E venant en contact,

la ligne est mise à la terre, et il devient nécessaire de renouveler la provision des fils métalliques fins de l'appareil. Ce paratonnerre est avantageux, en ce sens qu'il peut fonctionner longtemps sans recevoir aucune attention, et qu'il assure toujours l'intégrité de l'appareil ou du câble qu'il sert à protéger.

CHAPITRE VI

DÉRANGEMENTS, FAUTES.

Galvanomètre à miroir, boîtes de résistances.

Il n'est rien que l'homme ne tente.
La foudre craint cet oiseleur.

V. HUGO.

Les dérangements qui se produisent dans les postes télégraphiques sont faciles à reconnaître, et les employés expérimentés ne s'y trompent jamais. Leur connaissance intime des connexions, de la marche du courant, etc., les renseigne promptement sur l'origine et la cause du dérangement. Les appareils de transmission et de réception sont d'ailleurs toujours accompagnés d'une boussole qui indique l'entrée et la sortie des courants, et qui permet de vérifier si la faute est dans le poste ou sur la ligne. En général, si cette boussole n'est pas déviée lorsque le courant est présumé lancé sur la ligne, le défaut se trouve à la pile ou dans la boussole elle-même, ou bien encore dans les fils de secours du poste. Les dérangements d'appareil sont rares dans un poste bien tenu.

Le réglage des appareils compliqués se fait généralement par le chef de service, et les employés subalternes assument rarement une responsabilité qui peut retarder les communications.

Pour ce qui concerne le dehors, tout empêchement des communications par la ligne résulte d'un dérangement. Ces fautes sont dues : soit 1° à un mauvais isolement; soit 2° à une résistance excessive de la ligne provenant d'une mauvaise jointure ou même d'une solution de continuité du conducteur de la ligne;

soit enfin 3° à un contact de deux fils voisins produisant une confusion dans les communications séparées de ces fils.

Le mauvais isolement des lignes aériennes est généralement dû à des isolateurs fendus, salis par la fumée des manufactures ou des grands centres, ou bien encore à un contact des fils avec des arbres ou tout autre objet conduisant à la terre. Avec de mauvais isolateurs, la faute peut s'étendre sur une portion importante de la ligne, tandis qu'un contact du fil avec un conducteur ne se produit guère qu'à un ou plusieurs points isolés. En tout cas, on peut évaluer l'importance de la perte par des mesures électriques, et si le point fautif est unique, on détermine aisément sa position. Dans les conducteurs sous-marins, le mauvais isolement ne peut provenir que d'une perte du courant du conducteur à la mer à travers un ou plusieurs points de la matière isolante. La seconde condition (résistance excessive ou manque de continuité du conducteur) implique une rupture du fil conducteur, soit dans la ligne, soit dans les fils de secours du poste, soit même dans le fil de terre. Dans beaucoup de cas, on peut déterminer le point de rupture du fil de ligne. Le plus souvent la rupture de ce fil entraîne la perte du courant à la terre, car dans les lignes aériennes le fil tombe à terre; fréquemment aussi la rupture du conducteur d'un câble provient d'une cause mécanique ayant occasionné la rupture du câble lui-même. La troisième condition (contacts) est très fréquente sur les lignes aériennes. Quand le contact est métallique, la position de la faute est facile à déterminer.

Les épreuves qui indiquent la position des dérangements télégraphiques se font toujours au moyen de galvanomètres délicats. Ces fautes sont plus faciles à trouver sur les câbles que sur les lignes aériennes, parce que l'isolement de la partie non endommagée du câble est en général meilleur. Dans une ligne aérienne, plusieurs dérangements peuvent se produire simultanément, ce qui rend les résultats plus incertains et presque toujours inexacts. La surveillance continuelle qui s'exerce sur les

lignes aériennes permet de relever promptement les défauts apparents, et compense l'incertitude des résultats.

Voici quels sont les appareils employés dans les épreuves qui permettent de localiser les dérangements. Ces épreuves s'appliquent spécialement aux lignes sous-marines, mais elles sont pareillement applicables aux lignes aériennes.

La figure 186 représente le galvanomètre à miroir qui sert

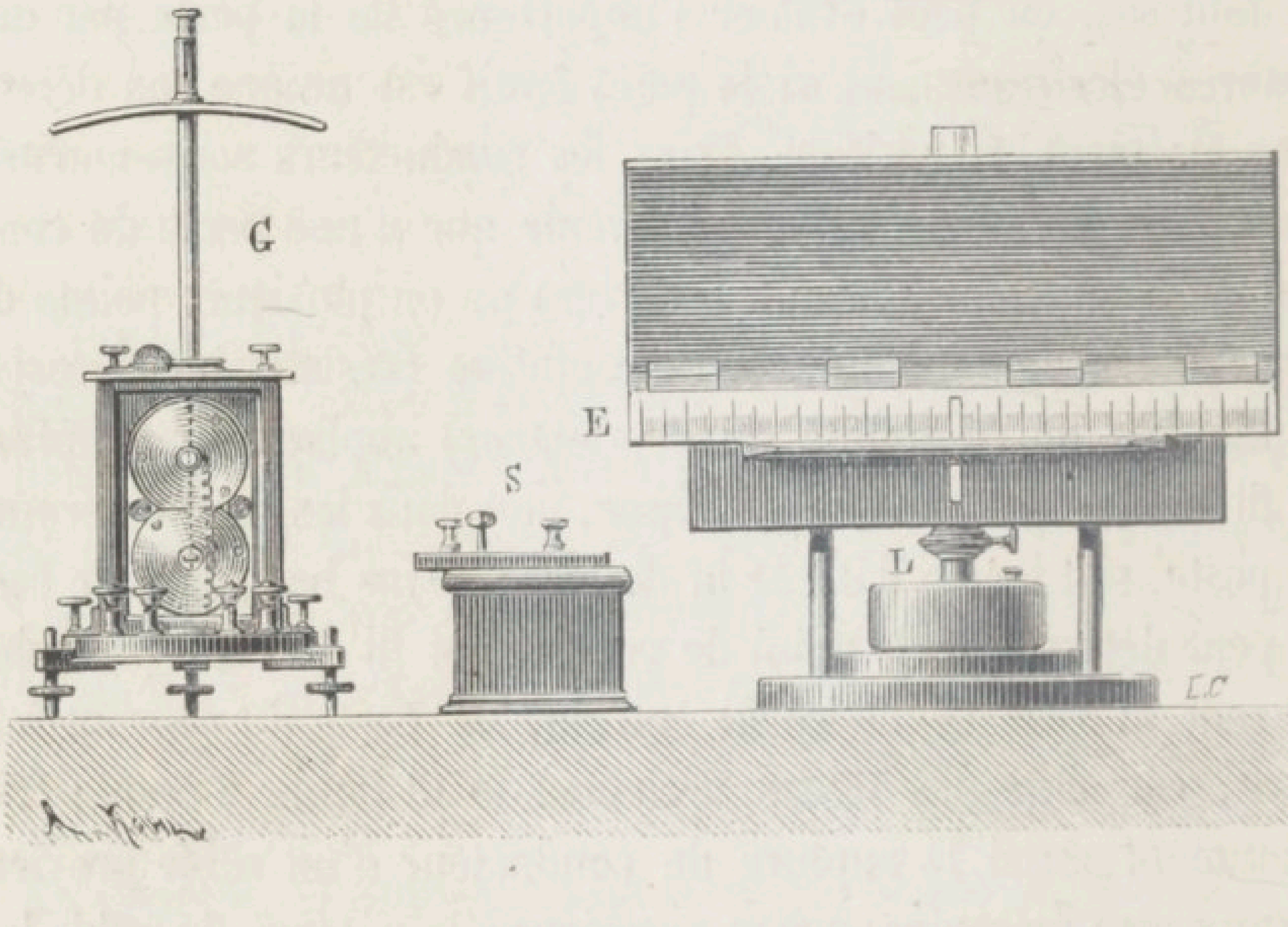


Fig. 186.

généralement à ces épreuves. Voici en quelques mots sa description :

Cet appareil se compose de deux bobines circulaires superposées et formées chacune de deux cadres en cuivre diamagnétique et s'ajustant de façon à laisser une rainure dans leur axe vertical, ainsi qu'un espace cylindrique dans leurs centres. Sur ces bobines s'enroule un fil de cuivre ou d'alliage d'argent très fin et recouvert de soie. — L'aimant est très-petit et excessivement léger, et fixé au dos d'un petit miroir circulaire, dont la réflexion

devra pouvoir traverser l'espace cylindrique réservé dans la bobine supérieure. Le poids combiné du miroir et de l'aimant n'atteint pas 12 milligrammes. Ils sont fixés à une légère tige d'aluminium, qui se prolonge jusqu'au centre de la bobine inférieure, et supporte, dans le plan du miroir, un second petit aimant dont les pôles sont disposés astatiquement au premier.

Perpendiculairement à cet aimant, et dans l'axe horizontal de la bobine inférieure, sont fixées deux lames en mica, dont les ailes opposent leur résistance à l'air lorsqu'une déviation se produit.

La tige d'aluminium supportant l'ensemble du système, est suspendue à la partie supérieure de l'appareil, par une fibre très fine de soie, et, grâce à la rainure verticale ménagée dans les bobines, cette tige peut passer par le centre de gravité de l'appareil. Des vis calantes placées dans le plateau de support, permettent de le poser de niveau, afin que le système des aiguilles puisse se mouvoir librement, suivant l'axe vertical. Un niveau à bulle d'air est fixé dans le support.

Les rayons réfléchis sont concentrés en un foyer par une lentille concave, ou bien encore par la concavité du petit miroir

Un aimant courbe, fixé sur une tige en cuivre qui domine la cage de l'appareil, contrebalance le magnétisme terrestre, et peut glisser le long de cette tige de manière à augmenter ou diminuer à volonté la constante de sensibilité du galvanomètre. Cette tige est munie d'une roue dentée, s'engrenant sur une vis sans fin, qui permet de tourner graduellement l'aimant dans le même plan, et d'ajuster parfaitement le zéro.

Il convient d'orienter le galvanomètre perpendiculairement à l'axe du méridien magnétique.

Une lampe, placée à environ 75 centimètres de distance, projette un rayon de lumière sur le miroir à travers une ouverture verticale ménagée dans le centre de l'échelle graduée, derrière laquelle elle est placée. Le miroir réfléchit et concentre ce rayon en un foyer représentant l'image de la flamme sur une échelle ho-

rizontale et graduée. Cette image voyage à droite et à gauche de l'échelle, suivant les déviations de l'aiguille aimantée ; et comme l'angle dans lequel elle se meut est double de celui dans lequel se meut le miroir, l'index de ce galvanomètre correspond à une aiguille lumineuse impondérable de 1m.50 de longueur. Cette dimension de l'index permet la perception des plus légers mouvements du miroir et de l'aiguille ; en outre, grâce au très faible espace angulaire suffisant pour que l'image réfléchie traverse l'échelle entière, les déviations de l'index peuvent être considérées comme strictement proportionnelles aux courants qui les produisent, et les divisions de l'échelle représentent exactement la force du courant.

Cet appareil est non seulement très exact, mais il est aussi d'un emploi facile et d'une rare commodité dans les épreuves délicates auxquelles la matière isolante des câbles est parfois sou-

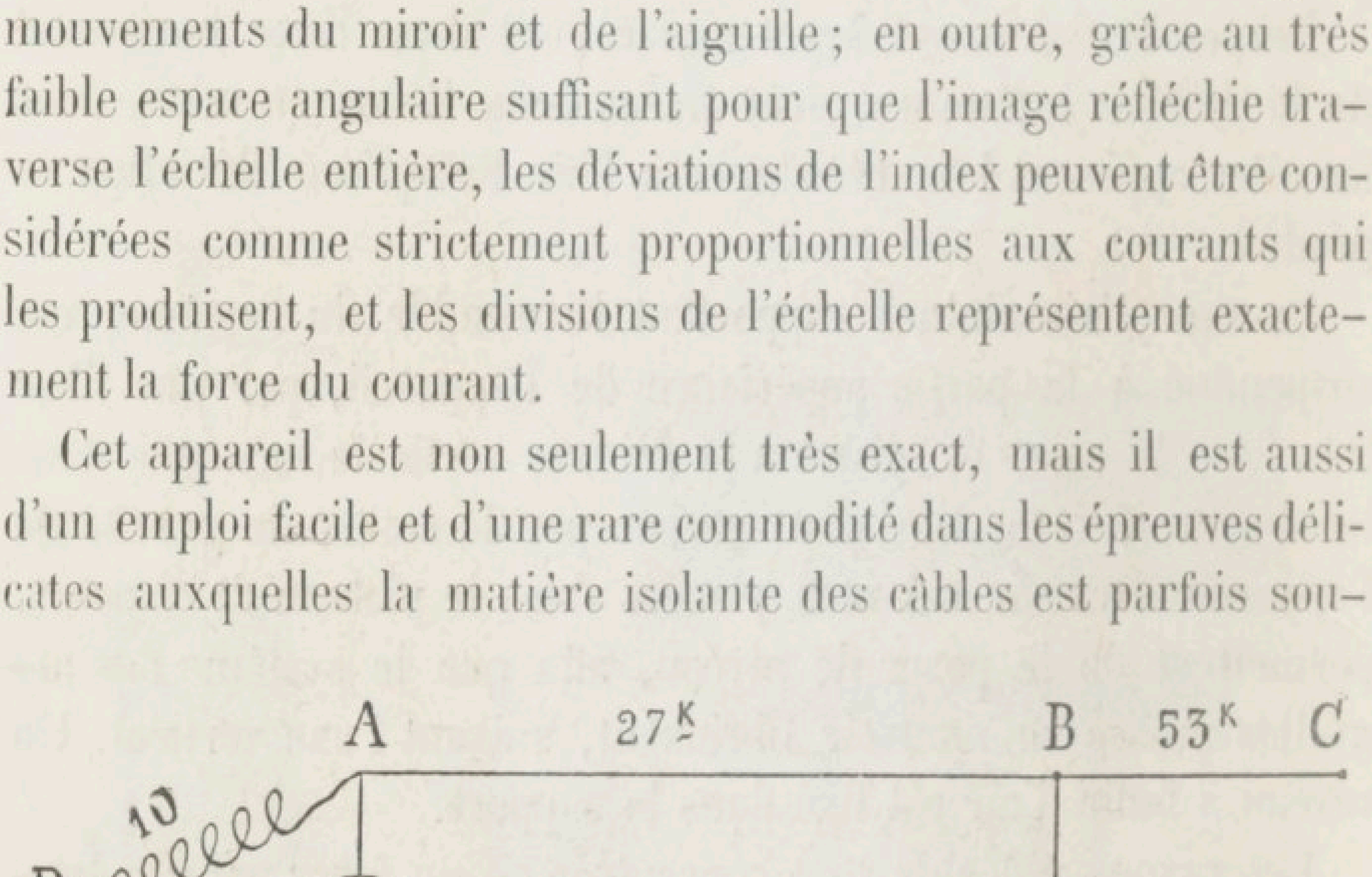


Fig. 187.

mise. Son adoption est pour ainsi dire générale maintenant, pour les épreuves électriques auxquelles les câbles sont soumis.

Supposons maintenant qu'un conducteur, autrement bien isolé, contienne une faute au point B distant de la station A (fig. 187) Si le contact de B à la terre est parfait et n'offre aucune

résistance sensible, il suffira de mesurer la résistance de la longueur AB et de diviser cette résistance par celle de l'unité de longueur, pour déterminer la grandeur de AB. Cette mesure peut se faire au moyen du pont de Wheatstone, comme le montre la figure. DA et DF sont les deux branches de la balance, FE est une boîte contenant des résistances variables et ajustables (nous

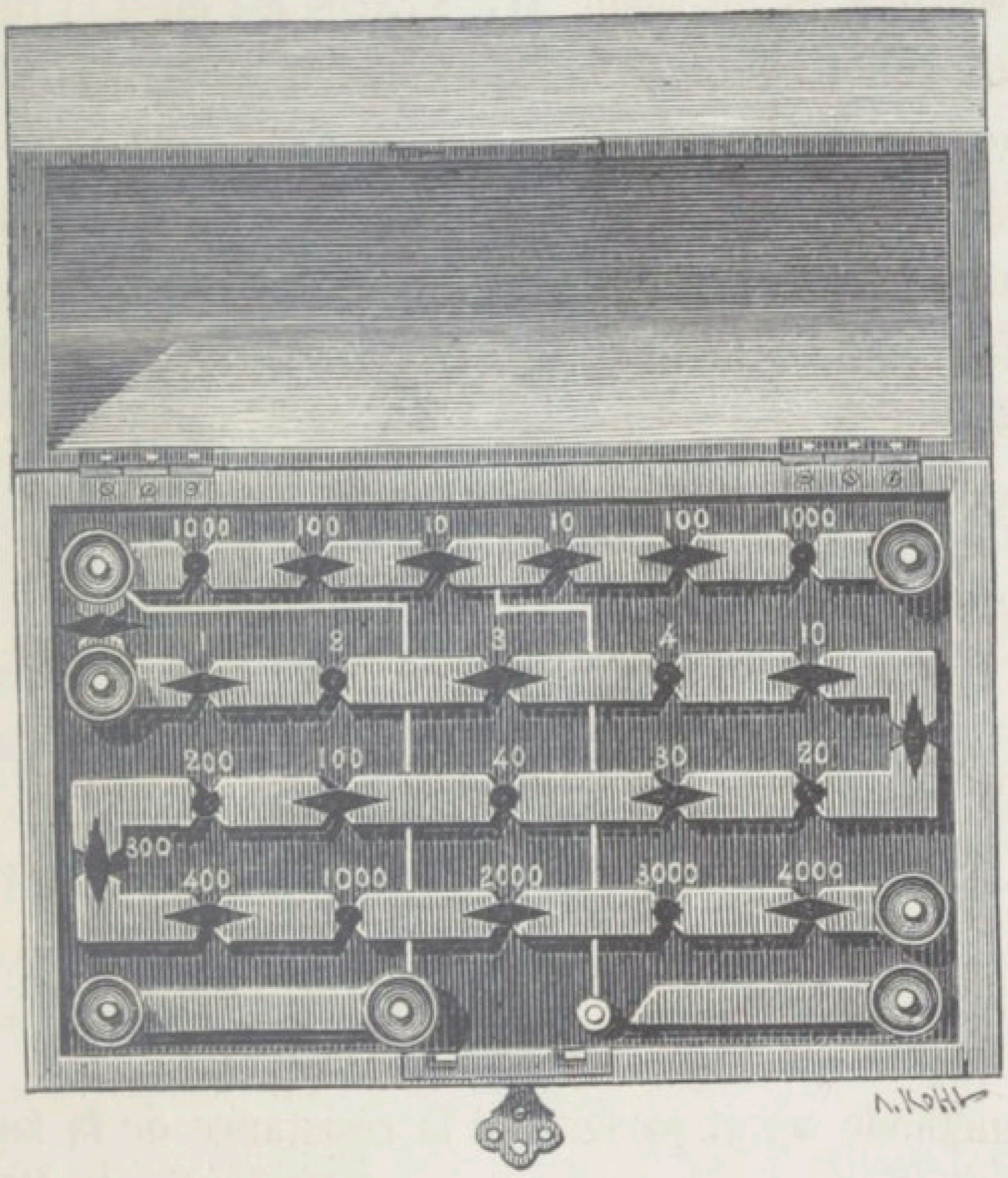


Fig. 188.

donnons dans la figure 188 une des formes de ces boîtes), et ZC la pile qu'on peut mettre en communication avec le système au moyen de la clef P. Si AD est le dixième de DF, et que les fiches enlevées de la boîte entre F et E représentent 1 500 unités lorsque le galvanomètre G revient à zéro, quand le circuit est complet, alors ABE′ a une résistance de 150 unités ; et si la ligne a une résistance de 5 unités par kilomètre, la faute B est

à 30 kilomètres de A. — Il convient d'isoler l'autre bout de la ligne en C pendant cette épreuve. On peut toujours s'assurer si la résistance BE′ est nulle ou non, en répétant l'expérience à partir de la station C. Si, par cette seconde épreuve, nous obtenons une distance BC telle qu'ajoutée à AB nous obtenions la longueur totale exacte de A en C, la portion BE′ du circuit ne peut avoir aucune résistance. Si, au contraire, la somme des mesures dépasse la longueur AC, l'excès est dû à la résistance de la faute. Nous avons, en effet, mesuré dans un cas AB+BE′ et dans le second BC + BE′ ; la somme des deux mesures excède donc la résistance de AC du double de la résistance de la faute. Supposons la ligne longue de 80 kilomètres, la résistance AC sera de 400 unités. Si la faute n'a point de résistance en B, la mesure de C à B serait 400 — 150, ou 250 unités.

Mais cette faute a une résistance qu'il faut tâcher d'éliminer. Or, la résistance de C à E′ est égale à 280 unités ; donc

$$AB = \frac{(400 + 150) - 280}{2} = 135$$

$$\text{et } BC = \frac{(400 + 280) - 150}{2} = 265$$

chacune de ces quantités divisées par 5 indique que la faute est à 27 kilomètres de A et à 53 kilomètres de C.

Cette méthode serait parfaite si la résistance de la faute était réellement constante et si elle ne variait pas durant l'épreuve ; mais ces fautes varient considérablement, surtout pendant l'épreuve, par suite de la polarisation due aux effets de la pile ; il en résulte que, excepté dans le cas de fautes très grandes ayant une faible résistance, cette méthode est défectueuse.

Il y en a d'autres plus précises, mais il suffira à nos lecteurs de connaître celle que que nous venons de décrire.

Les fautes d'isolement dans les lignes sous-marines sont dues en général à une perforation de la gutta-percha. Ce trou s'élargit graduellement sous l'influence du courant, bien que la pola-

risation à la faute semble la boucher pour un temps. Les courants rapidement renversés d'une pile de 100 éléments ou plus, tendent à ouvrir la faute jusqu'à rendre sa résistance insignifiante. Un courant cuivre qui va de la faute à la mer paraît la boucher mieux que le courant zinc. Il détermine un dépôt de chlorure de cuivre et d'oxygène, tandis que le courant zinc détermine un dégagement d'hydrogène et un dépôt de sel. Les bulles de gaz formées sous une aussi grande pression crèvent, avec le temps, et le dégagement des gaz élargit temporairement la faute. Quand cela se produit sous l'influence du courant négatif, il n'en résulte qu'un peu d'élargissement de la fissure ; mais par le courant positif le conducteur cuivre est rongé graduellement, et il en résulte fréquemment une solution de continuité dans le conducteur. Rien n'avertit de cette terminaison fatale, car tant qu'il reste la plus légère trace de métal, la résistance de la ligne ne diminue pas. Les employés préfèrent, dans ce cas, employer le courant positif, parce que les signaux sont meilleurs, les courants sont aussi plus forts et moins susceptibles de s'altérer sous l'effet des variations de la faute. Cette pratique est toutefois répréhensible, et un câble fautif ne devrait fonctionner qu'avec des courants négatifs. Il est parfaitement possible d'utiliser une ligne fautive tant que le conducteur reste continu.

Parfois les fautes de ce genre sont produites par la présence d'un corps étranger dans la matière isolante. Quand un morceau de zinc provenant de la galvanisation, ou un fil brisé, met en communication le fil conducteur avec l'armature extérieure, il se produit une faute dont la résistance est à peu près nulle, et on reconnait aisément sa nature par l'absence de polarisation.

Une faute de la seconde catégorie (défaut de continuité) peut facilement se combiner avec celle de la première ; ainsi la ligne peut non seulement être rompue, mais aussi en contact plus ou moins parfait avec la terre à la fracture. Dans ce cas, il est impossible d'opérer simultanément des deux extrémités. On peut seulement alors mesurer la résistance de chaque section de

câble et présumer, suivant la polarisation, quelle est la fraction de la résistance totale observée qui peut être attribuée à la faute elle-même. On peut sûrement, dans ce cas, fixer une distance maximum au delà de laquelle la faute ne peut exister. Avec le minima de polarisation, le fil de cuivre dénudé d'un câble brisé, donne d'habitude une résistance égale à plusieurs milles du fil conducteur.

Les fautes de cette catégorie se présentent encore souvent sous forme de solution de continuité du conducteur avec un bon isolement à la fracture. Dans un câble sous-marin, la distance de ces fautes peut se mesurer très exactement par la recherche de la capacité de la portion de ligne allant de la côte au point de fracture. La capacité par unité de longueur étant connue, cette épreuve détermine la distance avec une grande exactitude. Il n'est guère possible d'appliquer cette vérification sur les lignes aériennes, où l'isolement est rarement suffisamment bon pour donner des résultats exacts.

Les fautes de la troisième catégorie (contact de deux conducteurs voisins) peuvent facilement se relever si le contact est local et n'offre qu'une faible résistance. Dans ce cas, on mesure la résistance de la boucle produite par ce contact, et la moitié de cette résistance correspond évidemment à la distance de la station à la faute.

CHAPITRE VII

APPLICATIONS DIVERSES DE LA TÉLÉGRAPHIE.

Applications du télégraphe aux chemins de fer. — Aux incendies. — Aux armées en campagne. — Au service météorologique et à la prévision du temps. — A la pêche. — Au service judiciaire. — Aux sémaphores. — Stations flottantes.

Le progrès, reliant entre elles ses conquêtes,
Gagne un point après l'autre, et court contagieux.
De cet obscur amas prodigieux
Qu'aucun regard n'embrasse et qu'aucun mot ne nomme,
Tu nais plus frissonnant que l'aigle, esprit de l'homme.

V. HUGO.

Née avec les chemins de fer, la télégraphie en a facilité l'exploitation, et l'on conçoit difficilement qu'on puisse faire fonctionner convenablement les voies ferrées sans le télégraphe. Les appareils qu'on emploie à la transmission des ordres, le long de la ligne, sont absolument semblables à ceux qu'emploie l'État dans l'exploitation de son réseau. Longtemps, on s'est servi entre les gares de l'appareil de M. Bréguet, qui indique les lettres de l'alphabet sur un cadran et qui, par cela même, est désigné sous le nom d'*appareil à cadran*. Mais, depuis quelque temps, les compagnies ont introduit le Morse sur leurs lignes; les employés des gares consacrent, chaque jour, une partie de leur temps à l'étude de cet appareil, qui aura bientôt remplacé complètement l'appareil à cadran.

Mais ce n'est pas de ces télégraphes que nous voulons parler en ce moment. La sécurité de la voie exige autre chose que ces communications, et ce sont les signaux sémaphoriques vi-

sibles pour tous, au dehors, qui ont surtout pour but de donner une confiance absolue aux chefs de gare et aux mécaniciens qui exploitent la voie.

Sur les chemins de fer à deux voies, les trains vont, sur chacune d'elles, toujours dans le même sens; la voie montante se trouvant à gauche et la voie descendante à droite. Les trains ne peuvent d'ailleurs se rencontrer que par suite d'arrêt ou de ralentissement de celui qui précède, et, dès qu'un train s'arrête (quelles que puissent être la cause et la durée de l'arrêt), un agent de la voie ou le chef de train lui-même doit aller à une distance d'au moins 700 mètres pour couvrir la voie, au moyen des signaux d'arrêt convenus, afin que les trains qui suivent puissent s'arrêter à temps. Ces signaux, bien connus, consistent en un drapeau rouge, pendant le jour, et en un feu rouge, pendant la nuit. Quand le brouillard est assez intense pour cacher ces signaux, on place sur les rails des pétards que les roues de la locomotive font éclater.

Les agents de la voie, cantonniers, garde-barrières, etc., ont d'ailleurs pour instruction d'arrêter, au moyen des mêmes signaux, les trains qui en suivent un autre de trop près, afin que l'intervalle soit toujours suffisant pour prévenir tout accident.

Aux stations, aux croisements et enfin à tous les endroits qui peuvent offrir quelque danger, comme à l'entrée des tunnels et aux lieux de stationnement des agents, on a des signaux d'arrêt plus complets; ils consistent ordinairement en un grand disque (fig. 189) placé à côté de la voie, qu'on fait tourner sur lui-même au moyen d'un levier.

Tout train doit s'arrêter quand le plan du disque est perpendiculaire aux rails; car alors la voie est couverte. Il peut passer, au contraire, quand le plan du disque est parallèle aux rails. Ces disques sont assez grands pour être facilement vus par les mécaniciens à leur passage, même par les plus mauvais temps; ordinairement on les aperçoit à une grande distance.

Pendant la nuit, une lanterne est pendue au disque et pré-

sente une de ses faces à verre rouge dans la direction des trains quand le disque est fermé, c'est-à-dire perpendiculaire aux rails.

Les disques sont placés à une certaine distance des gares ou des points d'arrêt qu'ils doivent couvrir, afin que les mécaniciens aient le temps de pouvoir arrêter le train, s'il y a lieu, en

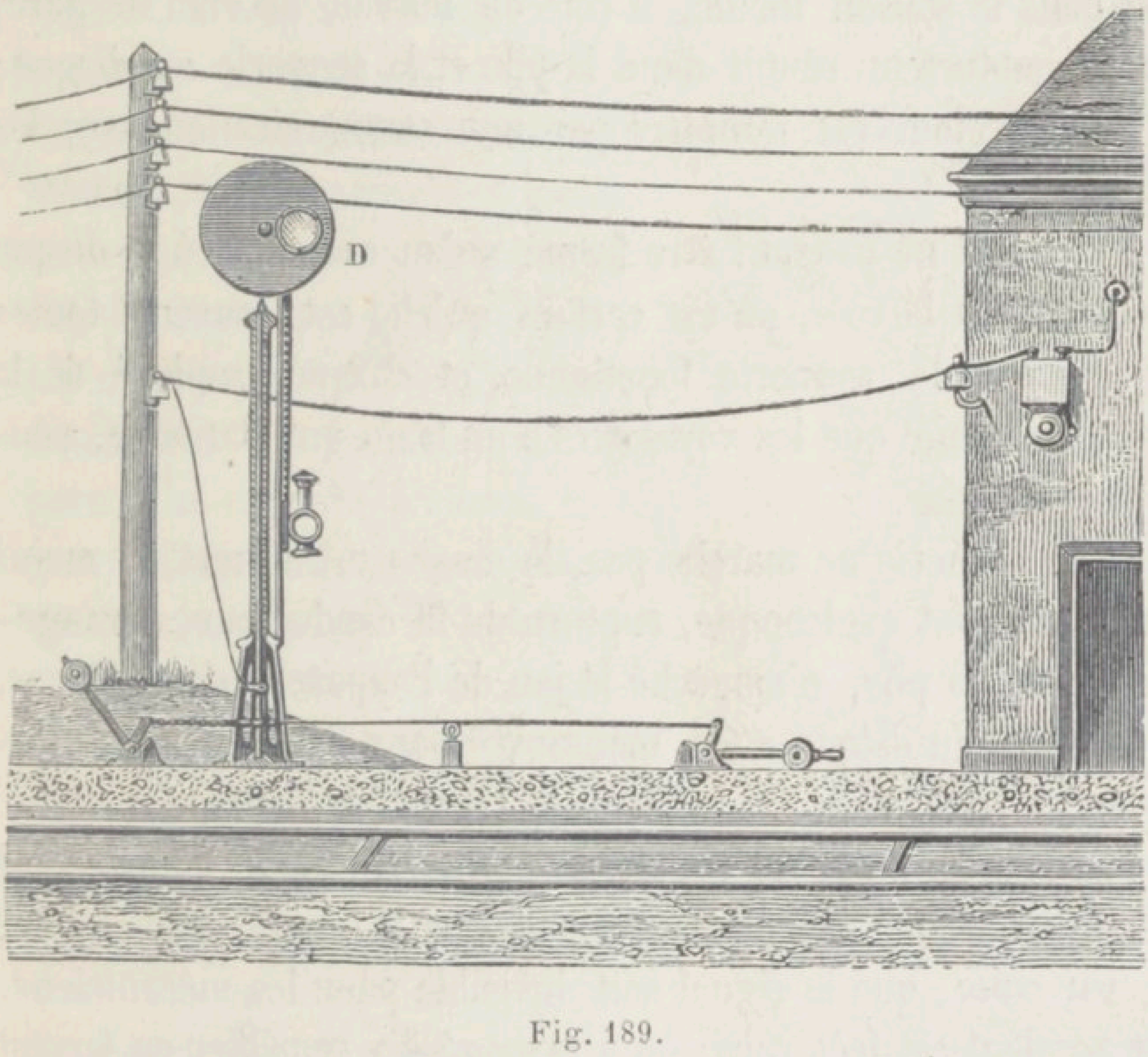


Fig. 189.

commençant à ralentir au moment où ils passent près du disque ; cette distance varie de 500 à 800 mètres. C'est à l'aide d'un levier de manœuvre, de poulies de renvoi et d'un fil métallique que les disques sont mis en mouvement.

Les disques ne sont pas toujours vus du point où stationne l'agent chargé de les faire mouvoir. Afin que ce dernier puisse être assuré que le signal d'arrêt a été produit, on installait autrefois, auprès du levier de manœuvre, un petit répétiteur mû par le disque lui-même.

Le répétiteur a, depuis longtemps, été remplacé, et avec avantage, par une sonnerie électrique. Le disque porte un levier ho-

rizontal, qu'il entraîne en tournant ; quand il est perpendiculaire aux rails, c'est-à-dire quand la voie est couverte, ce bras touche une pièce métallique fixe placée en face. Le contact ferme le circuit d'une pile électrique par l'intermédiaire d'une sonnerie à trembleur, qui est placée, soit près du levier de manœuvre, soit dans la station même, à côté du bureau du chef de gare. Un fil conducteur réunit donc la pile et la sonnerie au disque; le fil de retour est remplacé par une communication avec les rails.

Le circuit ne pouvant être fermé qu'au moment où le disque est normal à la voie, on est certain qu'elle est couverte toutes les fois que la sonnerie fonctionne, et chaque employé de la gare, de même que les voyageurs d'un train qui stationne, peuvent l'entendre.

Si la sonnerie ne marche pas, le disque est ouvert, à moins qu'un accident quelconque, rupture du fil conducteur, dérangement dans la pile, n'empêche le jeu de l'appareil; dans ce cas, si le levier du disque a été manœuvré pour l'arrêt, on doit envoyer un agent faire des signaux et réparer le dérangement.

Pendant la nuit, le jeu de la sonnerie indique bien que le disque est fermé ; mais il peut arriver que la lumière soit éteinte, et, par suite, que le signal soit invisible pour les mécaniciens. Cet accident est très rare; on a proposé d'y remédier en faisant traverser au courant une tige de platine placée au-dessus de la flamme de la lampe et venant toucher, quand elle s'allonge sous l'effet de la dilatation, un contact placé vis-à-vis; le jeu de la sonnerie indiquerait non seulement que la manœuvre du disque a été faite, mais encore que la tige de platine est dilatée et, par suite, que la lumière est allumée.

Ces signaux d'arrêt sont parfaitement suffisants sur les chemins de fer à deux voies et sont indépendants du télégraphe, dont le rôle est tout différent.

Sur les chemins de fer à une seule voie, on a adopté, depuis quelques années, le système allemand de signaux électriques à

cloches, qui servent à annoncer simultanément au personnel de deux gares consécutives et aux agents de la voie répartis entre ces deux gares : — 1° Le départ de chaque train, en distinguant les trains impairs des trains pairs ; — 2° Les demandes de secours ; — 3° La nécessité d'arrêter immédiatement tous les trains ; — 4° Les wagons marchant en dérive.

Sur la ligne des Arcs à Vintimille et sur celle de Culoz à Modane, à l'exception des gares *terminus*, chaque gare est munie de deux appareils à cloche, placés chacun à l'une des deux extrémités du bâtiment de la gare, du côté du trottoir. Les gares *terminus* ne possèdent qu'un seul appareil à cloche.

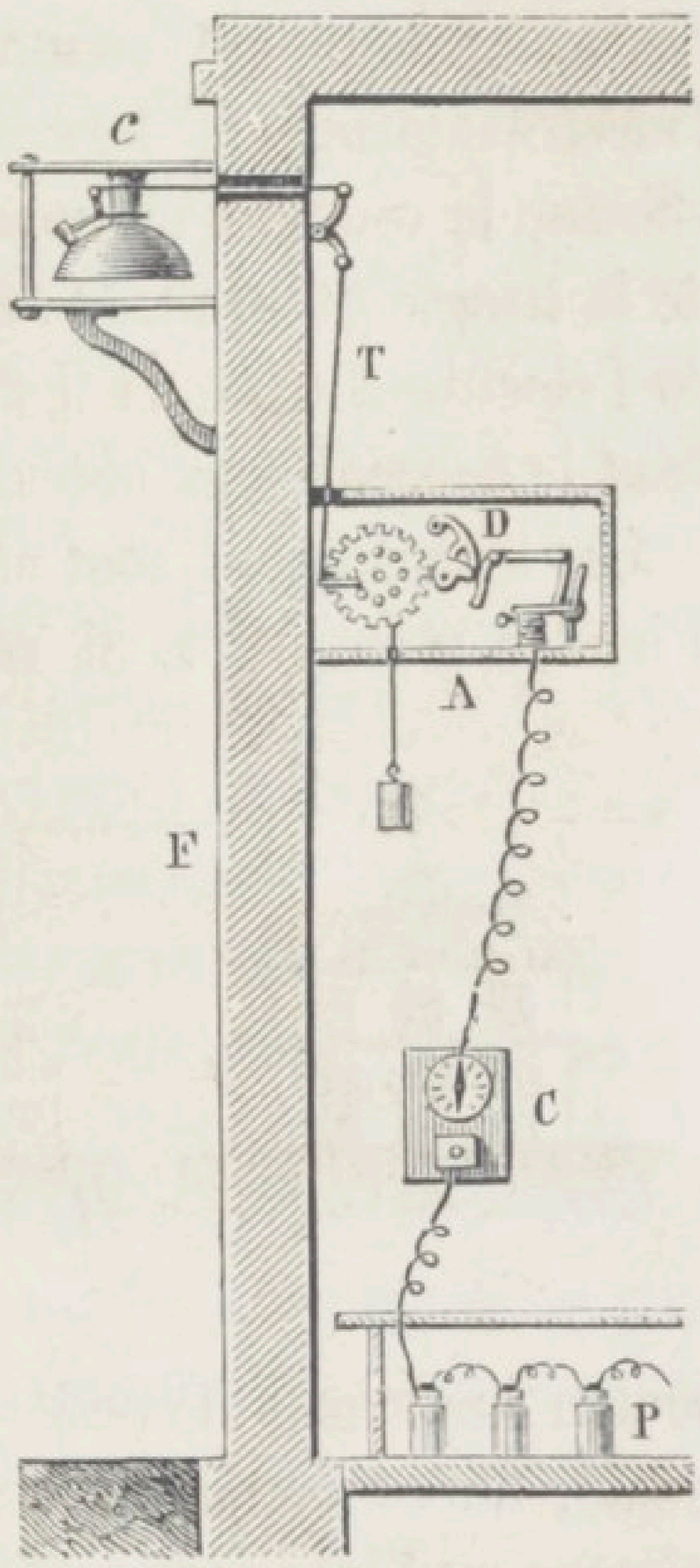


Fig. 190.

Un courant électrique permanent circule entre chaque groupe de deux gares consécutives, en passant par les postes répartis le long de la voie, notamment dans les maisons des garde-barrières. En interrompant et en rétablissant ensuite dans un poste quelconque le courant électrique, on met simultanément en mouvement, dans ce poste et dans chacun des autres, un marteau qui frappe une fois la cloche correspondante.

Les appareils des gares se composent d'un fort timbre (cloche), dont le marteau est relié à un électro-aimant au moyen de leviers et d'une tringle convenablement disposés (fig. 190).

Ces leviers reçoivent leur mouvement d'un système de rouages A, entraîné par un contre-poids et obéissant à l'action

intermittente d'un déclanchement commandé par l'interruption de l'action du courant sur l'électro-aimant.

Le levier oscillant précité reçoit l'action successive de mannetons portés par une roue à engrenage; à chaque action d'un de ces mannetons correspond un déplacement de la tringle et du marteau, et par suite un coup de cloche. A l'état de repos, l'électro-aimant est sur contact. Lorsqu'on interrompt le courant, la palette qui commande le déclanchement s'éloigne de l'électro-aimant, et lorsqu'on rétablit le courant, l'engrenage effectue la course d'un manneton à l'autre et agit sur le levier de la tringle du marteau; la palette revient ensuite au contact de l'électro-aimant, et il faut interrompre puis rétablir de nouveau le courant pour obtenir un nouveau coup de cloche.

Les interruptions sont obtenues au moyen d'un commutateur à bouton placé sur le fil reliant l'appareil à la pile électrique,

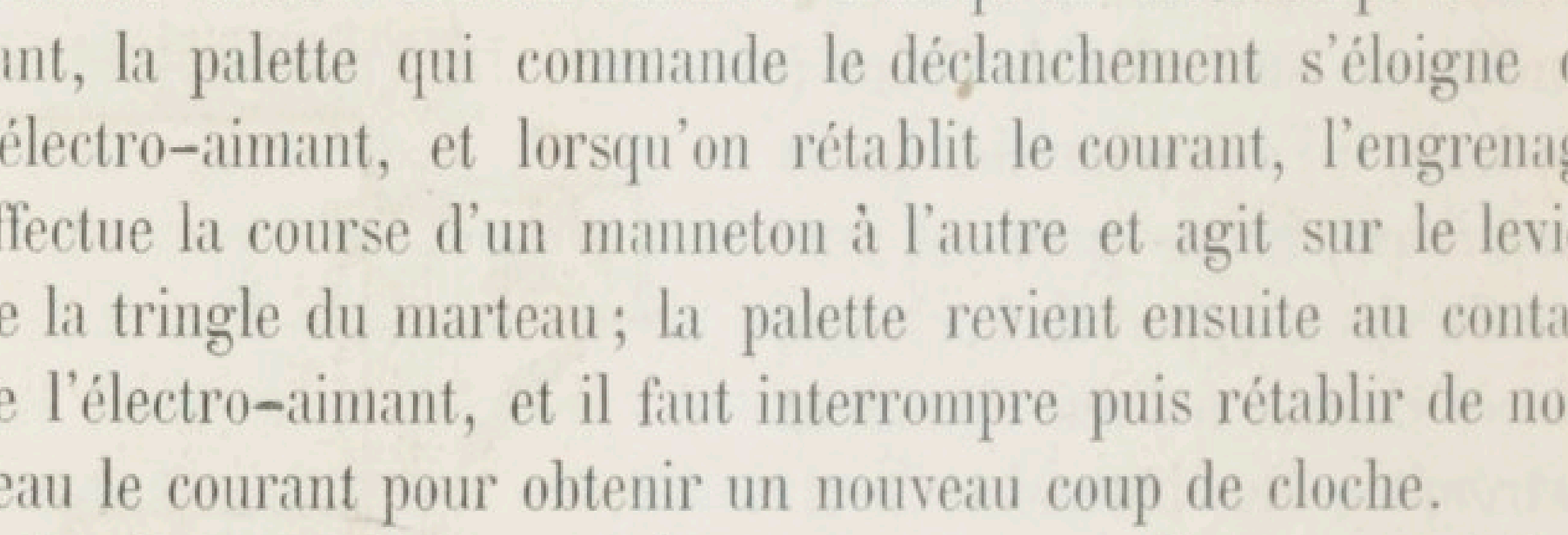


Fig. 191.

bouton sur lequel il suffit d'appuyer le doigt pendant une seconde. Ce commutateur est muni d'une boussole indiquant le passage ou l'interruption du courant.

Les appareils placés le long de la ligne consistent en un fort timbre placé sur les maisons des gardes ou sur des guérites (*fig.* 191) et relié à un électro-aimant, comme dans les appareils de gare, au moyen de leviers enclanchés avec des rouages qui sont entraînés par un contre-poids toutes les fois que l'on interrompt et que l'on rétablit ensuite le courant. Seulement, dans les appareils de ligne, le fil enveloppant l'électro-aimant est relié avec le fil de ligne dans les deux directions.

En faisant varier le nombre des coups de cloche et la durée de l'intervalle qui les sépare, on produit des signaux tout à fait distincts. En désignant les coups de cloche par des points, et les intervalles séparant deux groupes consécutifs de coups de cloche par des traits, on obtient une représentation graphique des signaux. Ainsi .. — .. — .. représente un groupe de deux coups de cloche trois fois répété.

Un tableau indiquant les différents signaux et leur signification est affiché en permanence dans chaque poste, le plus près possible du commutateur.

Quand les agents entendent un coup de cloche isolé, ils doivent en conclure que le fil des cloches est rompu, et que la communication électrique entre les deux gares au moyen des cloches ne fonctionne plus. Cet incident pouvant provenir d'une rupture de la ligne télégraphique occasionnée par un éboulement obstruant la ligne ou par la destruction d'une partie de la voie ou d'un ouvrage d'art, le signal de ralentissement est montré à tout train ou à toute machine se présentant pendant les trente minutes qui suivent ce coup de cloche isolé. Les appareils des signaux à cloches sont très simples; il suffit, en règle générale, d'en remonter le contre-poids toutes les fois qu'il approche de la fin de sa course pour maintenir leur bon fonctionnement. Des instructions spéciales sont d'ailleurs données par les contrôleurs du service télégraphique à tous les agents intéressés à connaître les détails de l'installation des appareils à cloches, et les précautions à prendre pour en assurer le fonctionnement régulier.

Applications de la télégraphie aux annonces d'incendie. — Dès 1851, la ville de Stuttgard était pourvue d'un réseau télégraphique complet destiné à relier entre eux les postes de pompiers et à opérer une surveillance continuelle nuit et jour sur les gardiens chargés d'observer la ville. Un travail récent de M. Von Fischer Truenfeld nous apprend que l'Allemagne est à peu près le seul pays d'Europe où cet important service ait été institué d'une façon complète, et qu'en Amérique la plupart des grands

centres ont leur réseau télégraphique destiné aux annonces des incendies.

Grâce à l'emploi de ce système, la proportion des incendies graves atteint à peine 3 0/0 à Berlin, 1.77 0/0 à Hambourg, 2.79 0/0 à Amsterdam, et 5 0/0 à Francfort, tandis qu'il atteint 10 0/0 à Londres, malgré les moyens actifs et puissants employés par la *Metropolitan Fire Brigade*.

La ville de Hambourg possède deux stations centrales où se trouvent la brigade centrale d'incendie et la brigade centrale de police. Toutes les deux sont reliées par sept lignes qui rayonnent de ces centres aux faubourgs, et chacune de ces lignes est reliée avec un certain nombre de stations de police et de pompiers au moyen d'appareils automatiques. Par ces lignes les postes de la brigade sont avisés immédiatement de l'endroit où le feu s'est déclaré. En outre, une communication télégraphique peut être maintenue entre les différentes stations, de sorte que l'on peut organiser convenablement l'assistance.

Tous les incendies sont d'abord signalés à la station centrale, qui prend les mesures nécessaires pour organiser les secours, et cette station centrale règle et contrôle tout le système.

L'appareil telégraphique est très simple. L'avertisseur, ou interrupteur du courant, est placé dans une boîte en verre, aux coins des rues principales et aux stations des chemins de fer, et il a pour effet de produire, à la station centrale et sur un récepteur Morse, un certain nombre de signaux qui se trouvent préparés d'avance en relief sur le pourtour du disque de l'avertisseur. Dès qu'un incendie éclate, on doit d'abord courir à la boîte de l'avertisseur le plus voisin, l'ouvrir ou briser la boîte en verre et tirer une manivelle placée là dans ce but. Cette manœuvre met en jeu le disque des contacts, qui transmet le signal plusieurs fois de suite.

A Hambourg, il y a quarante-sept stations avec appareil Morse, et cinquante avertisseurs automatiques. Les lignes sont en parties souterraines et en partie aériennes. Toutes les sta-

tions, à l'exception du poste central, ont leur Morse hors du circuit; il n'y a dans ce circuit qu'une sonnerie d'alarme très bruyante. Un signal envoyé par une des stations à Morse, ou par un des avertisseurs, est enregistré à la station centrale sur un Morse à déclanchement automatique. La station envoie alors le signal d'alarme d'incendie à toutes les stations du district, ou, si cela est nécessaire, à toutes les stations des sept districts, au moyen d'un commutateur spécial.

Le système d'Amsterdam est connu sous le nom de système circulaire : la ville est divisée en trois grands cercles, qui ont chacun leurs bureaux en communication avec une station centrale. Il n'y a dans ces cercles principaux que des brigades d'incendie et des postes de police; et les stations sont reliées de telle sorte que les postes de police sont placés dans une moitié et les brigades d'incendie dans l'autre moitié des cercles. Par suite de cet arrangement, les deux séries de stations peuvent être divisées et communiquer séparément avec leur bureau central propre.

A chacun de ces trois cercles principaux est rattaché un certain nombre de circuits secondaires ayant leur centre dans une des stations de la brigade d'incendie. En règle générale, ces cercles secondaires contiennent seulement des avertisseurs automatiques; cette règle n'est pas cependant absolue. Il y a aussi un cercle suburbain, formé de fils aériens, tandis que les cercles principaux et secondaires sont reliés par des lignes souterraines. Le système comprend en tout trois cercles principaux, treize cercles secondaires, un cercle suburbain, cinquante appareils Morse et cent trente-cinq avertisseurs automatiques d'incendie. Toutes les lignes fonctionnent à circuit fermé. Les appareils Morse sont installés comme à Hambourg, et les communications s'opèrent de la même manière. Sur les bords des canaux et des rivières, une forte sonnerie à déclanchement avertit, en cas d'incendie, les bateaux qui y sont amarrés. A la station centrale se trouve un inducteur magnétique pouvant déclancher les sonneries d'alarme de toutes les stations, et, à l'aide de combinaisons

conventionnelles de sonneries, la station centrale peut appeler une station séparément ou toutes les stations ensemble. Le mécanisme de la cloche d'alarme est mis en mouvement par un poids, et le courant n'a qu'à opérer un seul déclanchement, comme dans le système d'avertissement sur les chemins de fer à une seule voie dont nous avons parlé plus haut.

Le troisième type de télégraphe d'incendie est celui de Francfort-sur-le-Mein. Comme le premier, il est rayonnant; mais les lignes de section sont munies d'embranchements.

Il comprend huit circuits principaux et trente-huit circuits de ramification. Les premiers relient des stations pourvues d'avertisseurs ou d'appareils de transmission; les autres comprennent des stations munies seulement de signaux d'alarme. Il y a en tout vingt-cinq stations Morse avec trente et un instruments et cinquante avertisseurs automatiques.

Aucune maison ne se trouve éloignée de plus de 600 mètres d'un avertisseur. Toutes les stations ont un personnel en faction, nuit et jour. Toutes les lignes principales, reliant le poste central aux appareils Morse et aux avertisseurs, présentent un développement de 3 035 mètres; elles sont souterraines et construites en câbles recouverts de fils de fer. Outre les lignes souterraines, il y a 1 782 mètres de lignes aériennes ou branches secondaires, pourvues seulement de sonneries qui sont placées dans les maisons des chefs de brigade régulière ou volontaire et dans les postes de police. Les lignes fonctionnent à circuit fermé, comme à Hambourg et à Amsterdam.

En Amérique, le télégraphe d'incendie ressemble à ceux que nous venons de décrire, avec cette différence que, dans les villes, un arrangement automatique fonctionne en un point central. Quand arrive une alarme, le signal traverse ce point central, et la circonscription tout entière où se trouve l'incendie reçoit directement ce signal du point même qui l'a transmis. De cette façon, il ne peut y avoir de retard dans la transmission de l'alarme, puisque toute la circonscription où le feu s'est déclaré

est directement avisée sans intermédiaire. L'intermédiaire de la station centrale fait perdre 40 ou 50 secondes, entre le moment où l'avertisseur est mis en action et celui où la circonscription où est le feu reçoit l'alarme définitive ; mais cette légère perte de temps est compensée par l'unité d'action résultant des ordres donnés par le chef de service.

La valeur de ce système est démontrée par ce fait qu'il est en service dans *soixante-dix-neuf villes* des États-Unis et du Canada, et en construction dans plusieurs autres, et que son usage n'a été nulle part abandonné ni même suspendu un seul instant.

D'après M. Saxton, directeur du télégraphe d'incendie à Saint-Louis, le système américain aurait économisé 548 955 dollars par an aux compagnies d'assurance.

Le travail de M. Truenfeld est très important, et son étude suggère le regret de voir cette application de la télégraphie un peu trop négligée dans notre pays (1). La conclusion de M. Truenfeld est la suivante :

« Les villes sans télégraphes d'incendie sont exposées à une grande proportion d'incendies graves (on appelle *incendie grave* celui qui exige plus de deux pompes), causés par le retard que met la brigade de pompiers à arriver sur les lieux du sinistre. Au contraire, l'emploi des télégraphes d'incendie tend à diminuer cette proportion des incendies graves, et plus le système est parfait plus cette proportion diminue. »

Application de la télégraphie aux opérations militaires. — D'après M. Floridor Dumas, le premier emploi qui ait été fait de la télégraphie *ambulante* dans les armées françaises remonte à l'année 1857, époque de la conquête de la grande Kabylie. Le maréchal Randon ordonna alors à M. Lair, chef du service télégraphique civil en Algérie, de suivre le quartier général de l'armée en faisant établir un fil suspendu aux arbres. Les ordres du maréchal furent exécutés, et c'est de Souk-el-Arba, le

(1) Un système de télégraphe d'incendie a été proposé récemment pour la ville de Paris.

24 mai 1857, que le maréchal annonça à l'Algérie la conquête des premiers rameaux du Djurjura.

Lorsqu'on eut admis la possibilité de faire suivre les quartiers généraux par des bureaux mobiles, la première idée qui se présenta fut de placer les appareils sur une voiture légère et de charger sur une seconde voiture le matériel destiné au développement de la ligne. Les câbles étant fréquemment employés, on réunit parfois dans la même voiture les appareils et les bobines de déroulement.

Les *voitures-postes* qui furent adoptées, permettent de communiquer d'un bout de la ligne à l'autre, même pendant la marche.

La voiture-poste est divisée en deux compartiments dont le premier sert de bureau. Le second contient les bobines.

Le bureau contient une table portant les appareils, une caisse contenant les piles et servant de banquette. En face de l'appareil sont suspendus une sonnerie et deux commutateurs. Les communications sont établies au moyen de bornes et de fils recouverts de gutta-percha. Une lanterne à bougie éclaire le travail de nuit.

Le compartiment des bobines est pourvu de longerons en fer, sur lesquels reposent les axes des bobines, quatre à droite et quatre à gauche. Des sacs en toile, contenant les outils et des paniers remplis de crampons, sont répartis dans le compartiment. Les ouvriers attachent ces sacs à leur ceinture.

Le fil de terre est boulonné à l'essieu des roues d'arrière; cet essieu fait corps métalliquement avec la boîte de bronze du moyeu. On attache à cette boîte une tige métallique qui se rattache au cercle de métal qui entoure la roue; cette attache mobile peut suivre les mouvements de la roue sans interrompre la communication à la terre, mais elle est fréquemment insuffisante.

Le fil de ligne se rattache aux longerons en fer qui supportent les bobines et, par leur intermédiaire, communique avec le câble ou le fil de ligne pendant le déroulement même. En marche, cette communication est très précaire, et pour obtenir une bonne terre il faut parfois, aux arrêts, mouiller les roues, et si cela ne suffit

pas, enfoncer en terre un piquet creux percé de trous dans lequel on verse de l'eau.

Les voitures *poste-central* étant destinées à changer périodiquement de place, ont la même mobilité que les voitures-poste, mais n'étant pas destinées au déroulement, elles ne contiennent pas de bobines et sont plus spacieuses. L'un des côtés est occupé par une longue table sur laquelle sont rangés les appareils, et sous la banquette en face sont disposées les piles.

Une journée moyenne de marche est de 20 kilomètres. Les voitures-poste n'ayant que 8 bobines de 2 kilomètres seraient insuffisantes à ce travail. On a donc construit des chariots spéciaux destinés à recevoir un approvisionnement de câbles, et sur lesquels on charge aussi les lances qui supportent les fils aériens que l'on pose en certains endroits. On se sert pour ces transports de voitures du train des équipages connues sous le nom de *chariots porte-bobines*, et comme les lances ont $3^{m}.90$ de long, ces chariots ont dû être allongés de $0^{m}.70$. Un coffre contient les outils nécessaires aux réparations. On suspend aux côtés du chariot une pelle, des pioches, une échelle en deux pièces et une perche à crochet. Ces chariots peuvent contenir douze bobines de 3 kilomètres de fil chacune; elles sont disposées sur deux rangs, entre lesquels on dispose trente ou quarante lances et des paniers contenant des isolateurs, porte-haubans, anneaux de rallonge, piquets de fer, supports, etc.

Les lanternes des voitures sont disposées pour pouvoir éclairer convenablement un travail de nuit.

En pays très accidenté on a recours aux mulets de bât.

Le *poste volant* ainsi constitué comprend une petite tente carrée devant fournir l'abri au télégraphiste, une table à trépied sur laquelle on dispose l'appareil. Ce dernier, ainsi que la pile, sont contenus dans deux *cantines* munies de tiroirs contenant les crampons, poignées, joints, etc. Ces cantines s'ouvrent par devant comme des armoires, de façon à pouvoir en retirer les objets désirés sans décharger le mulet. Un premier mulet

porte les cantines, la tente, le pied de table et les sacs à outils. Un second mulet porte deux bobines suspendues de chaque côté du bât au moyen de cadres pourvus de chaînes. On peut avoir autant de mulets à bobines que cela est nécessaire. On comprend que le déroulement à dos de mulet est peu pratique, on se sert donc d'une brouette formant brancard sur laquelle on place les bobines à dévider.

La manivelle d'embobinage est arrangée de façon à ce que l'ouvrier puisse la manœuvrer sans se courber. Dans le déroulement elle agit comme frein.

La brouette brancard est très-utile, même dans les terrains accidentés. Elle permet d'utiliser les raccourcis dans les routes à lacets, et si l'on a à traverser un cours d'eau, elle servira très-bien à la pose d'un câble submergé en la plaçant à l'arrière d'un bateau.

Les postes volants servent souvent pour les petites lignes en plaine qu'on veut établir vite et sans embarras.

L'atelier de construction comprend : un sous-officier, deux caporaux et douze hommes. Les chariots à bobine ouvrent la marche, la voiture-poste suit. Le sergent, en tête, trace la ligne, et les soldats, divisés en trois groupes, se partagent le travail comme suit :

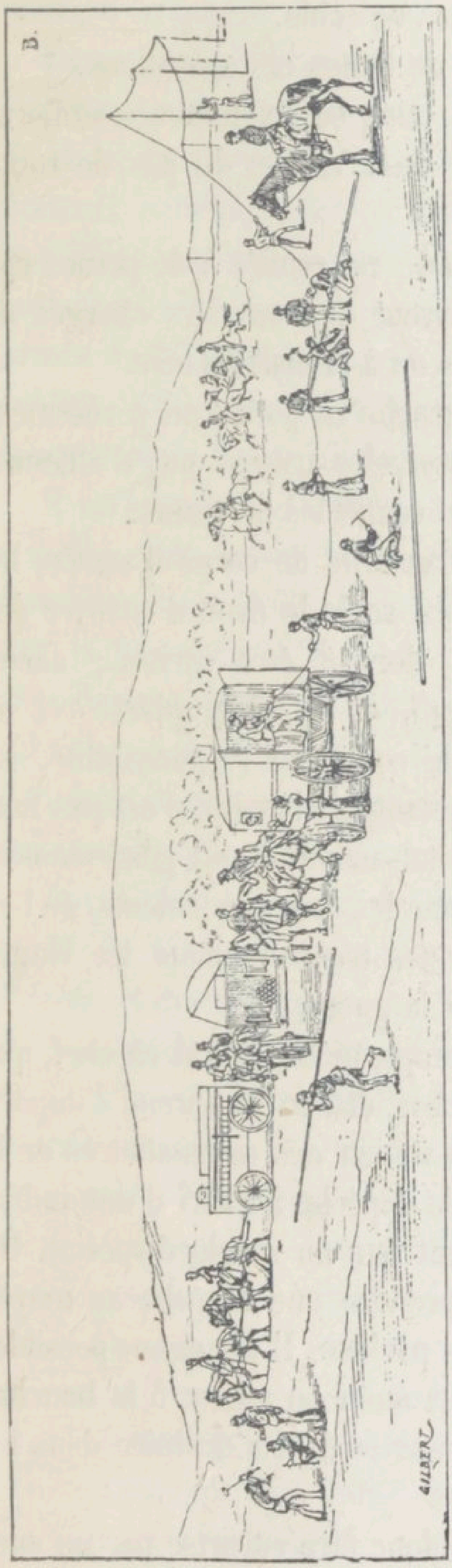
Le premier groupe creuse les trous pour les lances, si la ligne doit être aérienne; si la ligne doit être souterraine, il creuse des rigoles et assure des passages au câble.

Le second groupe est occupé aux bobines ; il déroule le câble ou le fil, fait les épissures ou les joints, et dispose le conducteur à passer dans les mains de ceux qui doivent le poser.

Le troisième groupe, enfin, attache le fil aux lances, dresse ou consolide celles-ci, ou bien fixe le câble à terre et le cache dans les rigoles. Les lances sont ordinairement espacées de 50 à 60 mètres. Les intervalles des crampons qui retiennent le câble varient selon les accidents du terrain.

Les officiers reconnaissent le terrain et déterminent le tracé de la route et sont responsables de l'ensemble du service (1).

(1) Ces officiers appartiennent aux télégraphes.



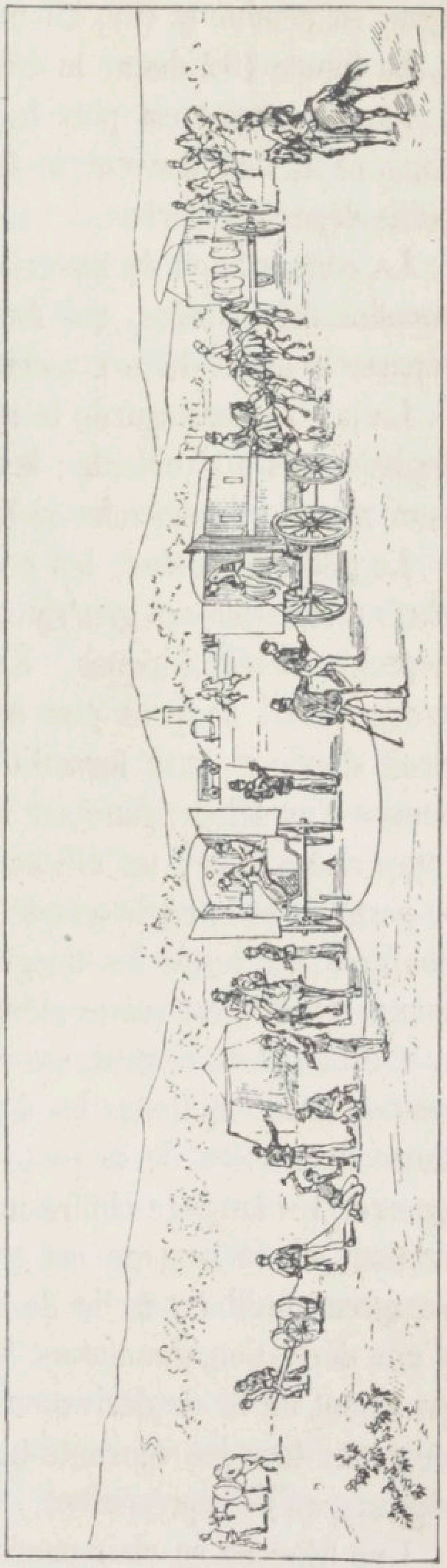


Fig. 192.

En terrain plat, on peut poser deux kilomètres à l'heure de ligne suspendue et cinq kilomètres de câble.

La figure 192 donne le détail de toutes ces opérations.

Le relèvement est plus facile: cinq ou six hommes suffisent dans ce cas et peuvent le faire à la vitesse du pas de route qu'ils dépassent parfois.

La conservation du matériel posé est confiée à de petites escouades échelonnées, qui fournissent des ouvriers chargés de réparer le dégât dû aux accidents ou à la malveillance.

La prévôté sauvegarde le télégraphe en punissant sévèrement les habitants malveillants ; les escouades armées ont, d'ailleurs, pour mission de défendre la ligne contre les partisans.

Le général en chef, les commandants de corps d'armée, les chefs d'états-majors généraux, ont seuls le droit d'envoyer des dépêches télégraphiques. Elles doivent être écrites ; aucun ordre verbal ne peut être accepté, et le télégraphiste est en droit d'exiger cette formalité qui couvre sa responsabilité. La remise d'un télégramme sur un champ de bataille n'est pas toujours chose aisée ; un officier d'état-major en est généralement le porteur, et la règle adoptée dans les commandements, où l'on confirme par lettre les télégrammes transmis dans les vingt-quatre heures, est suivie même à la guerre.

C'est au poste central, qui accompagne le général en chef, que sont centralisées toutes les dépêches, et l'on comprend l'importance du service de ce poste au milieu des circonstances de la guerre. Un langage chiffré met la dépêche à l'abri d'une indiscrétion, et ce langage est traduit par un employé spécial. On comprend qu'il est facile de surprendre une dépêche au moyen d'une dérivation aboutissant à un parleur. Il est même possible, en tenant un fil de dérivation à la main ou mieux à la bouche, de sentir tous les courants transmis et de les traduire dans les signaux qu'ils représentent.

Une dépêche en clair pourrait donc être surprise par un employé télégraphique ennemi, appuyé de quelques partisans bien

montés. Les Américains se sont ainsi soutiré plus d'une dépêche pendant la guerre de sécession.

Le corps des télégraphistes militaires doit comprendre quatre employés par section et douze à quatorze pour le poste central. On devra ensuite être en mesure de remplacer les employés des bureaux ennemis dont on aura fait la conquête, en attendant que l'élément civil puisse fournir son contingent. On a calculé que le service des lignes demandait, pour les besoins d'une armée de 80 000 hommes, 15 officiers, 550 sous-officiers ou soldats, 280 chevaux et 50 voitures, pouvant porter de 6 à 700 kilomètres de ligne; le tout formant une brigade télégraphique.

Il sera sans doute intéressant pour nos lecteurs de lire ici la relation, faite devant la Société des ingénieurs télégraphiques de Londres, des résultats de la télégraphie militaire prussienne pendant la guerre de 1870. Cette relation, faite par M. von Chauvin, actuellement ingénieur électricien en chef de la compagnie du câble sous-marin de Paris à New-York (1), n'est dépourvue ni d'intérêt ni d'enseignements. En débutant, M. von Chauvin rappelle que la campagne de 1866 contre l'Autriche avait démontré suffisamment que la guerre moderne était presque impossible sans l'aide du télégraphe électrique sur le champ de bataille. En Prusse, et durant la paix, on avait dressé au service de la guerre de nombreux opérateurs tirés des bureaux de l'administration civile. Peu après l'ouverture de la campagne, 300 télégraphistes étaient prêts à partir avec l'avant-garde de l'armée, et une communication fut promptement établie avec l'arrière-garde. Le corps télégraphique était muni d'appareils du système Morse, et l'on n'employa en aucun cas le parleur. La brigade accompagnant l'avant-garde était munie de poteaux légers et de fils de cuivre, utilisant aussi des fils isolés ou câbles disposés sur le terrain, ou bien encore suspendus suivant les nécessités du parcours. Les appareils Morse avaient à peu près le même poids que ceux du service civil.

(1) M. von Chauvin vient de résigner ces hautes fonctions.

Une seconde brigade établissait sur des poteaux de petite dimension une ligne moins légère, fournissant les communications au moyen desquelles les vivres et munitions de guerre pouvaient être expédiées de Prusse. Une troisième brigade de télégraphistes, suivant l'arrière-garde dans son avance sur le territoire français, changeait les lignes temporaires de la seconde brigade en lignes définitives, de la même force et des mêmes dimensions que celles employées par le gouvernement. L'utilité du télégraphe a surtout été démontrée dans le cas du siége des villes et forteresses. Sans le télégraphe électrique, il eût été impossible de maintenir le siége de Paris et celui de Metz.

Un circuit de 150 kilomètres de lignes télégraphiques entourait Paris, et l'on comprend aisément que cet espace énorme n'aurait pu être comblé de soldats. Deux lignes de fils aériens furent ainsi établies hors de portée des projectiles français. Chacune d'elles portait quatre fils établissant des communications avec vingt-quatre stations différentes, et des milliers de dépêches étaient transmises chaque jour autour de Paris. L'empereur d'Allemagne exprima son avis à Moltke que, sans le télégraphe, il n'eût pas été possible de faire le siége de Paris ou de maintenir celui de Metz pendant si longtemps. Un autre avantage du télégraphe se rapportait à l'approvisionnement et au maintien du matériel au moyen des communications télégraphiques.

Toutes les subsistances de cette armée immense étaient puisées en Allemagne; car on ne pouvait trouver, dans les pays occupés, les rations suffisantes. Quand on demandait des provisions par le télégraphe, la réponse précisait l'époque où l'on pouvait les attendre. On trouvait aussi dans le télégraphe un immense avantage concernant le rapatriement des malades et des blessés.

Il arriva fréquemment que les lignes de chemins de fer furent encombrées de trains portant des troupes, des canons, des munitions ou des vivres. C'était avec le télégraphe que les trains de malades et de blessés pouvaient atteindre l'hôpital le plus

proche, et l'on régla le système de manière à ne plus admettre qu'exceptionnellement les télégrammes privés des officiers et soldats de l'armée.

Ces dépêches purent toutefois être admises plus tard, quand le nombre des stations fut augmenté, et qu'on les eut reliées toutes entre elles. Toutes les fois que cela fut possible, un fil fut approprié aux dépêches privées avec des taxes déterminées, dont le montant était perçu à la station d'arrivée.

La protection militaire de la ligne avait été organisée au moyen de patrouilles. Néanmoins il était rare qu'une ligne pût se maintenir en bon état pendant plus de vingt-quatre-heures, et les travaux de réparation étaient incessants. Le seul moyen d'éviter les dégâts consistait à rendre les autorités françaises responsables de la destruction des lignes télégraphiques, en imposant une réquisition importante à la ville voisine. Ce système fonctionnait mieux que tout autre. Les Prussiens s'étaient d'ailleurs servis, pour la construction de leurs lignes, de l'immense matériel télégraphique qu'ils avaient trouvé en France. (1)

En Prusse, des sous-officiers sont exercés à Berlin au service du télégraphe, et sont ensuite envoyés comme auxiliaires dans les chefs-lieux des grandes circonscriptions militaires.

En Angleterre, le télégraphe militaire est une des attributions du génie militaire, aidé d'auxiliaires civils.

En Italie, des compagnies du génie sont chargées du service télégraphique et emploient des soldats à la manipulation.

En Russie, il y a quatre compagnies spéciales de récente création, et des télégraphistes non militaires. En Autriche, le matériel appartient à l'administration télégraphique, qui reçoit des auxiliaires militaires.

Application du télégraphe á la prévision du temps (2). —

(1) Extrait du *Journal of the Society of Telegraph Engineers*. Vol. I, 1872.

(2) Une partie des renseignements qui suivent sont empruntés à *l'Exposé des applications de l'électricité*, de M. le comte Dumoncel.

Dans le rapport que Romme avait adressé à la Constituante sur le télégraphe aérien de Chappe, en 1793, il n'avait pas oublié de mentionner, au nombre des avantages présentés par la nouvelle invention, la possibilité de prévoir l'arrivée des tempêtes et d'en donner avis aux ports et aux cultivateurs.

Dans un ouvrage intéressant publié sur cette question, M. Marié-Davy rapporte que Lavoisier avait organisé en France la publication d'un journal de prédictions basées sur les données fournies par la province, mais il ne pouvait user de moyens de communication rapides. Cette publication fut brusquement interrompue.

L'Angleterre et l'Amérique surtout ont considérablement développé le service météorologique, et le service télégraphique français, grâce aux efforts de M. Leverrier, donne depuis 1855, à l'Observatoire de Paris, des renseignements qui sont concentrés dans un Bulletin publié périodiquement. M. Sainte-Claire Deville, considérant l'Algérie comme le centre certain de tous les ouragans qui traversent la Méditerranée, a fait de très grands efforts pour créer, dans cette colonie, des postes d'observation qui fonctionnent régulièrement et rendent de grands services.

C'est à l'amiral Fitz-Roy qu'est due la pensée de prévoir et d'annoncer les coups de vent et les tempêtes quelque temps à l'avance. Il proposa au gouvernement anglais d'établir sur les côtes du Royaume-Uni vingt stations météorologiques qui devaient lui fournir les éléments de ses prévisions.

Il lui fut difficile de vaincre l'incrédulité que rencontra d'abord son projet; mais ses premières prédictions se vérifièrent avec une si grande précision, que, les Compagnies d'assurance maritime aidant, tous les ports d'Angleterre furent promptement munis d'une station météorologique.

Les indications de l'amiral Fitz-Roy sont basées sur un système raisonné et scientifique, et il serait injuste de les confondre avec celles de nos modernes prophètes, dont les prédictions apparaissent chaque mois dans les petits journaux. L'amiral Fitz-Roy a

exposé sa théorie dans un travail qu'il a présenté aux sociétés savantes de son pays et dans lequel il dit : « Comme les instruments météorologiques signalent ordinairement les changements importants plusieurs jours d'avance, nous examinons quel temps et quel vent on doit attendre d'après les observations du matin comparées à celles des jours précédents, et nous en concluons, pour chaque lieu, le temps probable du lendemain et du surlendemain. Nous prenons une moyenne de ces indications locales pour former celle de la région, et nous calculons alors les effets qui doivent se produire. Nous plaçons sur une carte des fiches mobiles qui indiquent le sens du courant et la possibilité des cyclones, et nous notons la direction, l'étendue et la marche de ces vents autour de leur centre, suivant qu'ils se rencontrent, se combinent ou se succèdent. »

Quand l'état du temps est bien établi dans chacune des régions de l'Angleterre, l'avis des coups de vent présumés est expédié aux ports menacés, qui hissent immédiatement un signal d'alarme que les marins connaissent tous, et qui signifie : *Soyez sur vos gardes, l'atmosphère est troublée.*

L'organisation française du service météorologique prévoit non seulement la marche des cyclones, mais aussi les temps pluvieux et orageux. Comme en Angleterre, les côtes françaises sont divisées en régions, et des secteurs les conduisent jusqu'au centre de la France et même sur les crêtes des Alpes et des Pyrénées. Le célèbre observatoire créé sur le pic du Midi par le général Nansouty rend certainement d'importants services à la météorologie, à la prévision du temps, et à l'annonce des inondations.

L'Amérique, dont l'immense territoire fournit les observations les plus variées, voit se former, dans le golfe du Mexique, ces grands cyclones que le Gulf-Stream entraîne avec lui pour les jeter sur nos côtes. Les observations météorologiques faites dans ce pays permettent de calculer, avec une précision quasi mathématique, le jour de l'arrivée d'une de ces grandes pertur-

bations à travers l'Atlantique, et souvent leur apparition a correspondu parfaitement avec le jour prédit par les observateurs américains.

Les cyclones, ayant un centre de dépression qui se déplace, permettent de suivre la direction de leurs déplacements. Or, ce sont ces déplacements qu'il faut épier pour avoir des données sur la prévision des temps. En saisissant les premiers signes de l'arrivée de chacun de ces cyclones ou mouvements tournants, en déterminant son étendue et l'intensité des mouvements qui l'accompagnent, en calculant la distance à laquelle il doit passer dans la région considérée, la direction qu'il suit et la vitesse avec laquelle il se transporte, on peut annoncer aux pays placés dans la direction suivie par le météore, non seulement son approche, mais encore l'époque où il arrivera à tel ou tel endroit. Ces prédictions ne se réalisent sans doute pas toujours, car il est impossible de prévoir les causes de perturbation qui peuvent se produire sur la route, et l'océan Atlantique offre parfois de nombreuses causes pertubatrices de ce genre ; mais il est rare qu'on se trompe, surtout pour les cyclones qui engendrent des tempêtes, et les avis reçus d'Amérique, aussi bien que ceux qui sont régulièrement communiqués par l'Observatoire et affichés dans les différents ports, ont évité bien des sinistres.

La météréologie peut rendre aussi de grands services à l'agriculture : « Tant qu'une récolte est pendante, dit M. Marié-Davy, le cultivateur subit le temps d'une manière passive, à de rares exceptions près ; mais à l'époque des labours et des semailles, et particulièrement lorsque les fruits de la terre sont prêts à être recueillis, l'avis des changements du temps, de l'arrivée des beaux jours et des pluies, et surtout de l'approche des orages, peut être pour lui d'une incontestable utilité.

» Mais ces avis, pour être efficaces, doivent pénétrer jusque dans les hameaux. Ils doivent être assez clairs et assez simples, non pour indiquer aux cultivateurs ce qu'ils doivent faire, mais pour aider à leur expérience des signes du temps, et pour mieux

asseoir leur jugement en en élargissant les bases ; enfin, ils doivent gagner assez d'avance sur le temps réel pour parvenir utilement aux intéressés, soit qu'ils aient à se mettre en garde, soit qu'ils aient à choisir l'époque la plus favorable pour entreprendre des travaux de quelque durée. »

Application du télégraphe aux sémaphores. — Ces établissements et le service électrique qui s'y rattache sont sous la dépendance du ministre de la marine et sous la surveillance directe des majors généraux. Ils ont été créés surtout en vue de la défense de nos côtes, mais ils ajoutent d'autres fonctions à la surveillance des navires. Chaque matin ces postes transmettent à l'Observatoire le bulletin du temps probable, et certains d'entre eux fournissent ces observations deux fois par jour au ministère de la marine.

Les postes électro-sémaphoriques transmettent ou reçoivent aussi les dépêches télégraphiques qui leur sont communiquées par les navires, et le bureau télégraphique, ainsi que la ligne qui les relie à la station du réseau départemental, sont placés sous la surveillance directe de l'ingénieur inspecteur des télégraphes, qui correspond, pour ce service, avec le préfet maritime. Les employés des postes sémaphoriques sont désignés sous le nom de *guetteurs*. Ils sont au nombre de deux dans chaque poste, et le plus ancien reçoit le nom de *guetteur chef*. Des capitaines de frégate, relevant du major général de la marine, sont chargés du service d'inspection, concurremment avec l'inspecteur du télégraphe. Ils prennent dans cette circonstance le titre d'*inspecteurs des électro-sémaphores*.

Les postes électro-sémaphoriques correspondent avec les navires à la mer au moyen du Code commercial des signaux pour la marine.

Applications autres du télégraphe. — On comprend aisément les ressources qu'offre l'emploi du télégraphe dans une infinité de circonstances, et il serait oiseux de les relater toutes. Nous dirons cependant encore quelques mots sur l'utilité du télégraphe pour signaler les crues d'eau anormales qui se manifes-

tent en amont des fleuves. Ces avis peuvent prévenir des désastres, si les stations d'aval sont prévenues à temps pour se garer contre les effets de l'inondation. Ce service est fort bien organisé maintenant en France, et l'on avertit les riverains menacés assez longtemps à l'avance pour qu'ils puissent prendre les mesures les plus urgentes. Une commission hydrométrique se rattache à ce service pour tous nos grands cours d'eau. L'inondation de la Seine en 1876 a révélé les services rendus par cette commission sous la direction de M. Belgrand. L'observatoire du pic du Midi avait aussi annoncé plusieurs jours à l'avance les inondations de la Garonne en 1875.

Les grandes pêcheries de morues et de harengs se font généralement dans des parages très connus; mais, à l'époque où le poisson vient déposer son frai, des bancs entiers disparaissent dans des baies où s'opère la ponte, après laquelle le poisson regagne la pleine mer. Les pêcheurs perdraient donc leur temps et leur proie, s'ils ne se faisaient aviser des endroits où les banc se réfugient. En Norvège, où la pêche au hareng est parfaitement organisée, on signale le banc dès qu'on l'aperçoit au large, et on peut toujours le reconnaître par le flot qu'il soulève. Des câbles sous-marins relient entre elles des stations situées à des intervalles rapprochés, communiquant avec les villages habités par les pêcheurs, et le télégraphe peut ainsi signaler à chaque village le *fiord* ou la baie où le hareng a pénétré.

La police et le service judiciaire utilisent journellement le télégraphe à la recherche des criminels, et les parquets connaissent toutes les ressources de la télégraphie. M. le comte Dumoncel rapporte que l'on a même eu l'idée récemment d'utiliser le télégraphe autographique à la reproduction des traits des malfaiteurs. Des expériences ont été faites dans ce but par M. d'Arlincourt, en 1876 et 1877, à la préfecture de police. Les résultats ont été, paraît-il, des plus satisfaisants, et l'on s'étonne à bon droit que cette application si intéressante de la télégraphie ne soit pas utilisée, alors qu'il existe une classe in-

téressante d'appareils pour une reproduction qui aiderait la justice dans ses recherches.

Il nous reste à signaler une dernière application de la télégraphie, qui a été faite pendant quelques mois en Angleterre. Nous voulons parler du bâtiment télégraphique le « Brisk », qu'on avait ancré dans la Manche et relié par un câble à la terre ferme. Voici quel était le but de ce poste flottant :

Quand les vents d'est soufflent dans la Manche, une large flotte de navires est retenue à l'entrée de ce bras de mer et ne peut prendre facilement le large. Les capitaines pouvaient donc signaler leur situation à leurs armateurs, de même que les bâtiments arrivant du large pouvaient télégraphier leur prochaine entrée dans la Tamise. Cette spéculation n'a pas réussi; le bateau-télégraphe était d'ailleurs mal ancré, et le câble fut rompu plusieurs fois par suite de ce fait. Il y eut danger pour les employés en plus d'une circonstance; mais tous ces points de détail pouvaient être facilement modifiés, et M. F.-C. Webb avait proposé de rendre le navire et le câble fixes au moyen de certains appareils qu'on n'adopta pas. En somme, la Compagnie liquida, et aucune tentative de ce genre n'a été renouvelée depuis. Il semble pourtant que ce projet soit réalisable, et sans doute aussi pratique. On sait qu'un navire télégraphique reste constamment en communication avec la terre en posant son câble, même pendant de longues traversées; ce fait suggère l'idée d'établir des bouées stationnaires rattachées à un câble, que les navires au large pourraient facilement repêcher pour réclamer du secours ou donner des nouvelles de mer. Un bâtiment désemparé se trouverait bien d'une facilité de ce genre et pourrait indiquer son point, afin qu'on pût lui expédier de l'aide. Il ne serait certes pas nécessaire de poser ces câbles par des grands fonds; mais on pourrait attacher, à un câble principal reposant par des fonds d'environ 3 à 400 brasses, d'autres câbles plus légers se dirigeant vers le large et espacés de deux ou trois milles. En rattachant leurs extrémités à des

bouées munies de cloches, les navires désireux de communiquer avec la terre pourraient facilement retrouver le câble, le relever au moyen du treuil de bord et rattacher la ligne à un appareil télégraphique. Un navire parti sur lest et ayant reçu l'ordre de communiquer avec son armateur à partir de telle bouée du large pourrait recevoir des ordres relatifs à sa destination. Il est facile de comprendre quelle utilité de pareilles stations flottantes offriraient à la navigation, et son application paraît tout au moins réalisable. Elle serait certainement de nature à éviter de nombreux désastres maritimes, et la perte d'un navire tel que l'*Atalanta*, qui contenait tant de jeunes gens d'avenir, eût peut-être pu être conjurée si ce bâtiment avait pu communiquer avec la terre, par un moyen de ce genre, à un moment donné.

En terminant ce travail, nous remercions le lecteur indulgent qui nous a suivi jusqu'ici, et nous sommes persuadé qu'il partage notre enthousiasme pour ces outils merveilleux de la pensée. Modifiant un peu l'épigraphe symbolique et charmante des volumes de la « Bibliothèque des Merveilles », et nous inspirant de Victor Hugo, nous dirons avec lui :

L'homme force le sphinx à lui tenir la lampe.

Disons aussi avec C. Delavigne :

Que n'a-t-il pas produit, ce siècle de merveilles?

Et que ne produira-t-il pas encore. Chaque jour nous révèle un fait nouveau, une nouvelle découverte, qui viennent enrichir le domaine scientifique, déjà si étendu, de l'humanité. A voir la rapidité avec laquelle s'agrandit chaque jour ce domaine, nous regrettons de vieillir et nous envions le sort de nos neveux, qui accroîtront encore des ressources déjà considérables.

FIN

BIBLIOTHÈQUE R.F. IMPRIMÉS

TABLE DES GRAVURES

1. Télégraphe de Chappe. . . . . page 12
2. Télégraphe aérien. 17
3. Télégraphe optique 19
4. Télégraphe militaire. 21
5. Héliographe de Leseurre 25
5 *bis*. Écran de l'héliographe. 26
6. Héliographe de Mance. 28
7. Installation téléphonique 43
8. Téléphone Gower 45
9. Signal téléphonique d'Ader 48
10. Diagramme de ce signal d'appel 50
11. Disposition des signaux d'appel 50
12. Commutateur du téléphone Gower 52
13. Station téléphonique centrale de Paris. 55
14. *Idem* de New-York 59
15. Switchman parlant à un abonné 58
16. Téléphone d'Édison 58
17. Switchmann établissant la communication 63
18. Etui à dépêches pneumatiques. 71
19. Valves de M. Varley. 72
20. *Idem* 73
21. *Idem*. 74
22-23. Valves de M. Wilmott. 75
24. Circuit pneumatique 78
25. Réseau pneumatique. 81
26. Puisards d'évacuation de l'eau. 83
27-28-29-30. Valves Siemens 84-85
31. Signaux électriques de manœuvre. 89
32. Appareil de M. Ch. Bontemps pour déterminer la distance d'un obstacle. 91
33-33 *bis*. Poste pneumatique. 95-99
34. Sonnerie à air comprimé 102

35. Port de Folkestone (premier essai de télégraphie sous-marine) 127
36-37. Premières formes des câbles sous-marins. 129-130
38. Câble de Douvres à Calais (1851) 131
39. Première tentative pour la pose d'un câble. 133
40. Câble de Calais, après 8 années de fonctionnement 135
41. Tambours d'épreuve des fils de fer 139
42-43. Torsades et outils à torsades 140
44. Jointure des fils. 141
45. Poteaux Hamilton. 143
46-47. Poteaux Siemens et Halske 144-145
48-49. Poteaux Oppenheimer. 146-147
50. Poteau à ruban. 148
51-52. Isolateurs belges. 149
53. Isolateur anglais. 151
54-55-57. Supports de tension. 152-153
58-59-61-62. Isolateurs interrupteurs. 154-156
63-64-65. Isolateurs anglais. 157
60-66-67-68-69. Tendeurs 155-160
70. Passages des fils par-dessus routes. 162
71. Appuis pour poteaux. 164
72. Poteaux accouplés. 165
73. Haubans pour poteaux 166
74. Tranchées. 168
75. Cuiller espagnole 168
76-77. Fouissage Marshall. 169-170
78-79. Tendeurs de lignes aériennes. 172-173
80. Barres des tuyaux Delperdange. 175
81-82. Tuyaux Delperdange 176
83. Regards des tuyaux Delperdange. 177
84. Câbles souterrains. 177
85. Supports des câbles souterrains 177
86. Consoles de raccordement des lignes de tunnel aux lignes aériennes 179
87. M. John Pender 182
88. M. le baron d'Erlanger. 183
89. Sir James Anderson. 184
90. Sir Daniel Gooch, baronnet. 185
91-92. Fabrication du fil de gutta-percha. 187-188
93. Opération de la soudure du câble. 189
94. Câble de Marseille à Bône. 192
95. Machine à servir l'âme de filin de chanvre 193

96. Câble de Cagliari à Bône 194
97. Machine à armer le câble avec des fils de fer. 195
98. Machine à recouvrir les câbles d'étoupes et d'asphalte . . . 195
99. Câble côtier (section de Brest à Saint-Pierre-Miquelon). . . 196
100. Câble de l'Atlantique (1865). 197
101. Câble Siemens 198
102. Plan et coupe d'une usine de câbles sous-marins 199
103. Arrière d'un navire télégraphique (coupe) 201
104. Détails du frein Appold et du dynamomètre 204
105. Frein Appold. 205
106. Atterrissement d'un câble côtier à Fao (golfe Persique). . . 208
107. Atterrissement d'un câble côtier au moyen de chaloupes . . 209
108. Atterrissement du câble à Duxbury (Amérique du Nord) . . 210
109. Câble côtier flotté, atterri au moyen de bouées 211
110. Détail des bouées 212
111. Câble flotté par des bouées et atterri au moyen d'une locomotive. 213
112. Banquise de glaces. 214
113. Teredo et Xylophaga. 216
114. Limnoria 217
115. Câble perforé par un espadon 218
116. Machine de relèvement. 223
117. Vapeur filant sous le câble 225
118 et 119. Grappin et bouée 226
120. Ancre de bouée. 227
121. Câble amarré à deux bouées. 227
122. Bouée à pavillon 228
123. Relèvement d'une bouée dans l'Atlantique 229
124. Mise à l'eau d'une bouée 230
125. Le *Great-Eastern* relevant un câble 232
126. Chaînette formée par un câble soulevé. 233
127. Cordage attaché au grappin dans l'Atlantique. 234
128. Machine de relèvement du *Great-Eastern*. 237
129. Relèvement du câble transatlantique. 240
130. Première forme de la pile Daniell. 243
131. Forme définitive de la pile Daniell 243
132. Pile Daniell modifiée par sir W. Thomson. 244
133. Pile Siemens. 246
134 et 135. Piles Minotto. 247
136. Grille zinc de la pile à auge. 248
137. Pile à auge montée 249

138. Pile Callaud 251
139. Autre pile Callaud. 252
140. Pile Meidinger 253
141. Pile américaine 254
142. Pile Bunsen 254
143 et 244. Piles Leclanché. 255
145. Diagrammes de piles en tension et en quantité 258
146, 147, 148, 149 et 150. Appareil à aiguilles de Wheatstone. 264-268
151. Clef du Wheatstone 268
152 et 153. Appareil à miroir de sir W. Thomson et sa clef. . . 269
154. Commutateur. 270
155. Résistance d'eau 271
156. Connexions du miroir. 271
157. Condensateur électrique. 272
158. Siphon enregistreur de Thomson. 275
159. Clef commutateur de B. Smith. 274
160. Connexions du siphon enregistreur 280
161. Autre forme de suspension du siphon. 282
162. Connexions du Morse encreur. 283
163. Morse encreur de Siemens 283
164. Morse encreur de Digney. 285
165. Connexions d'un appareil Morse avec relais 286
166. Relais Siemens. 287
167. Relais Brown et Allan. 289
168. Manipulateur Morse à courant direct 290
169. Manipulateur à double courant pour appareil Morse 291
170. Perforateur du Wheatstone automatique. 295
171. Principe des courants alternés du Wheatstone 296
172. Détail du travail des tiges dans le Wheatstone automatique. 298
173. Récepteur du Wheatstone. 299
174. Détail de l'axe de la molette d'impression 300
175. Connexions du Wheatstone automatique. 303
176. Appareil imprimeur de Hughes. 305
177. Électro-aimant de Hughes 306
178. Duplex différentiel. 309
179. Analogie physique du Duplex 312
180. Duplex à balance 313
181. Détail d'une ligne artificielle. 317
181 bis. *Idem* 317
182. Duplex pour câbles. 318
183. Commutateur suisse. 320

184. Paratonnerre Siemens 323
185. Paratonnerre de sir Charles Bright 324
186. Galvanomètre à miroir 328
187. Pont de Wheatstone 330
188. Boîte de résistances 331
189. Disques des chemins de fer 337
190. Système d'avertissement à cloches 339
191. *Idem*. Détail de la voie 340
192. Télégraphes militaires 349

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION. . . . . page 1

PREMIÈRE PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE — TÉLÉGRAPHIE ACOUSTIQUE.
TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

CHAPITRE Ier. — Télégraphie optique. — Système des anciens. — Diverses méthodes ayant précédé le télégraphe de Chappe. — Télégraphe aérien. — Héliographe de Leseurre. — Héliographe de Mance. — Son application au service de l'armée anglaise en Afghanistan. — Système proposé par sir William Thomson pour le signalement des phares 7

CHAPITRE II. — Télégraphie acoustique. — Système des anciens. — Tubes acoustiques. — Télégraphe à ficelle. — Téléphones. — Compagnies téléphoniques. 32

CHAPITRE III. — Télégraphie pneumatique. — Historique. — Établissement des tubes. — Chariots. — Appareils et machines pour condenser ou raréfier l'air. — Utilisation de l'air comprimé. — Marche des trains. — Dérangements. — Service pendant un dérangement. — Sonnerie à air comprimé. — Réseau de Paris et de Berlin. 66

DEUXIÈME PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

CHAPITRE Ier. — Historique. — Premiers essais. — Sœmmering, Schilling, Gauss et Weber. — Leur télégraphe. — Steinheil. — Introduction de la télégraphie commerciale en Angleterre par

MM. Cook et Wheatstone. — Introduction du télégraphe électrique en France par MM. Bréguet et Gounelle. — Développement européen. — Historique du télégraphe sous-marin 103

CHAPITRE II. — Construction des lignes aériennes. — Fils conducteurs. — Raccordements. — Poteaux. — Isolateurs, etc. . . . 137

CHAPITRE III. — Construction et pose des cables sous-marins. — Atterrissements. — Choix de la route. — Causes de détérioration. — Réparations. — Relèvements. 181

CHAPITRE IV. — Sources d'électricité. — Piles Daniell, Thomson, Siemens, Minotto. — Pile à auge de Thomson. — Piles Callaud, Meidinger, Bunsen, Grave et Leclanché. — Disposition des piles. — Électro-aimants 242

CHAPITRE V. — Appareils télégraphiques Wheatstone et Cooke. — Miroir de Thomson. — Commutateurs. — Condensateurs. — Siphon recorder. — Morse. — Relais. — Appareil automatique de Wheatstone. — Hughes, Duplex. — Plaques de terre. — Paratonnerres 263

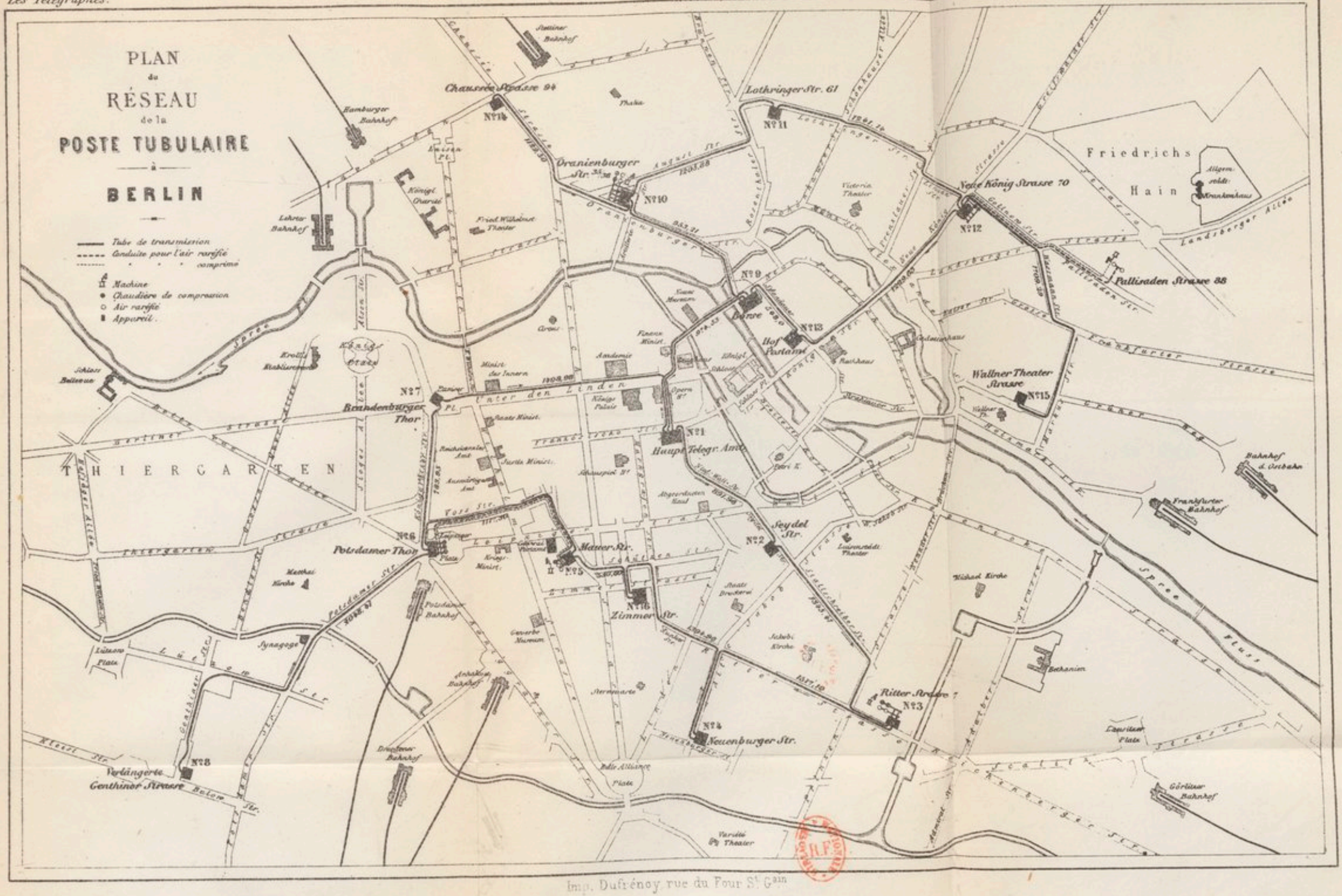
CHAPITRE VI. — Dérangements, fautes. — Galvanomètre à miroir. — Boîtes de résistances 326

CHAPITRE VII. — Applications diverses de la télégraphie. — Applications du télégraphe aux chemins de fer. — Aux incendies. — Aux armées en campagne. — Au service météorologique et à la prévision du temps. — A la pêche. — Au service judiciaire. — Aux sémaphores. — Stations flottantes. 335

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

PARIS. — TYPOGRAPHIE DU MAGASIN PITTORESQUE
(JULES CHARTON, ADMINISTRATEUR DÉLÉGUÉ)
rue des Missions, 15

PLAN du RÉSEAU de la POSTE TUBULAIRE à BERLIN



Imp. Dufrénoy, rue du Four St. Gain

RÉSEAU PNEUMATIQUE DE PARIS

HACHETTE & Cie

MINISTÈRE DES POSTES ET DES TELEGRAPHES

LÉGENDE

- Station télégraphique.
- Atelier de production d'air.
- Canalisation pneumatique.
- Canalisation d'air.

Imp. Dufrénoy, 34, rue du Four St Gain

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES VILLES RETROUVÉES

PAR

GEORGES HANNO

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS

OUVRAGE

ILLUSTRÉ DE 75 GRAVURES D'APRÈS LES DESSINS

DE P. SELLIER, É. THÉROND, ETC.

969.

THÈBES D'ÉGYPTE

NINIVE — BABYLONE — TROIE — CARTHAGE

POMPEI — HERCULANUM

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

C

INTRODUCTION

LES VILLES ANCIENNES

L'homme est né sociable et il est né industrieux. Son industrie le porte à se procurer un abri. Son instinct de la société le porte à rapprocher son séjour de celui de son semblable.

Sitôt que les hommes se réunissent en société les voilà bâtisseurs. L'art de la pierre est un des premiers arts qu'ils connaissent. Ils remuent la terre et font des remparts ; ils taillent le bois et font des maisons ; ils soulèvent des monolithes et font des temples.

Ainsi naquirent certainement les premières villes.

Mais ces maisons, ces poutres mal équarries, mal jointes, ces levées de terre, ces rangées de pierre sacrées les protègent peu contre les attaques du dehors. La crainte pèse sur la tribu qui dort. Les bêtes fauves, le lion, l'ours, le loup, rôdent et veillent tout autour, profitent d'un moment de lassitude, pénètrent et font leur terrible razzia.

Il faut fuir : quel est l'abri le plus sûr, le rempart infranchissable ? L'eau. C'est donc dans les marais, au milieu des lacs que s'élèveront les premières cités. On bâtira sur pilotis des Venises lacustres où l'on pourra

s'abriter et se défendre, dormir en paix loin du danger, et commencer le lent et paisible progrès de l'industrie humaine.

Les cités lacustres. — Mais pour construire la ville elle-même que de peines ! il faut couper des arbres énormes, il faut les tailler en pointe ; il faut les porter au bord du lac, il faut les piquer dans la vase et les enfoncer jusqu'au roc. Ce n'est pas tout : entre ces troncs debout, d'autres s'enlaceront pour faire treillis ; des pierres sont jetées dans les interstices et consolident tout l'ouvrage. En effet quelle force ne lui faut-il pas afin qu'il résiste à la terrible massue des vagues dans les jours de tempête !

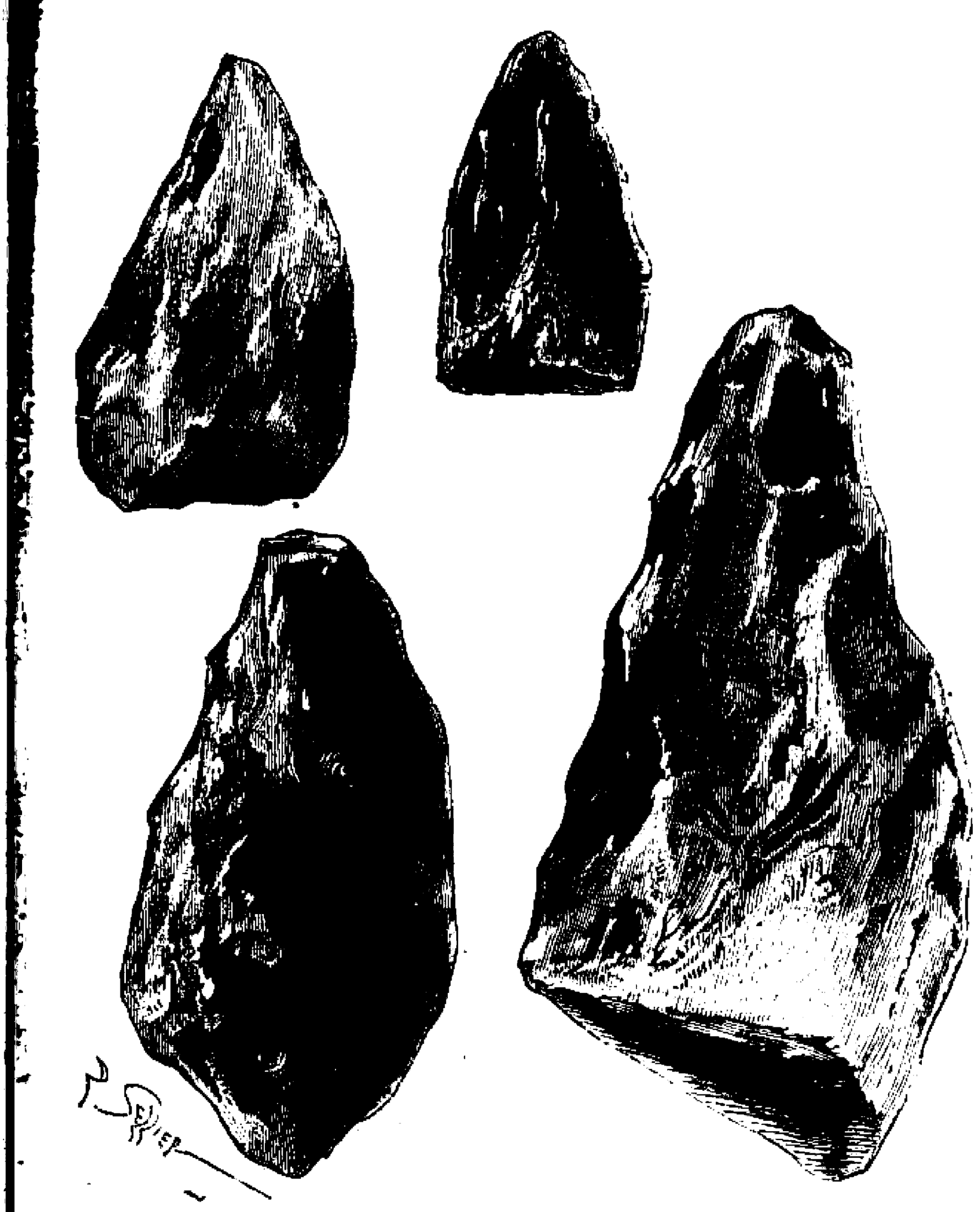
Pour accomplir un pareil travail ces hommes anciens n'avaient que des outils de pierre, des silex aiguisés en forme de hache. L'usage du fer et même du cuivre leur était encore inconnu. Pour abattre un arbre on le brûlait au pied, lentement, avec précaution ; pour le dégrossir, on se servait alternativement du feu et du couteau de silex. Quant au procédé qu'ils employaient pour dresser ces poutres et les fixer dans le fond du lac, on n'a pu encore s'en rendre un compte exact. On voit bien que quelques tribus se contentaient de maintenir les arbres debout en entassant à leurs pieds des amas de pierres ; mais d'autres troncs pénètrent dans le sol. L'effort qu'il fallait pour obtenir ce résultat semble aujourd'hui même prodigieux. Cependant l'on connaît des cités lacustres dans lesquelles on a compté jusqu'à 40 000 pilotis.

Quels étaient le degré de civilisation, les mœurs, les usages de ces anciens architectes ? La patiente et lente étude des débris innombrables trouvés dans les stations lacustres soulève peu à peu le voile qui semblait devoir couvrir éternellement ces problèmes.

On a découvert de nombreux instruments en silex, les uns ayant la forme de haches, d'autres celle de couteaux,

Bourgade lacustre.

de scies, de têtes de flèche. On a trouvé de nombreux débris de poterie ; ces poteries affectent quelquefois la

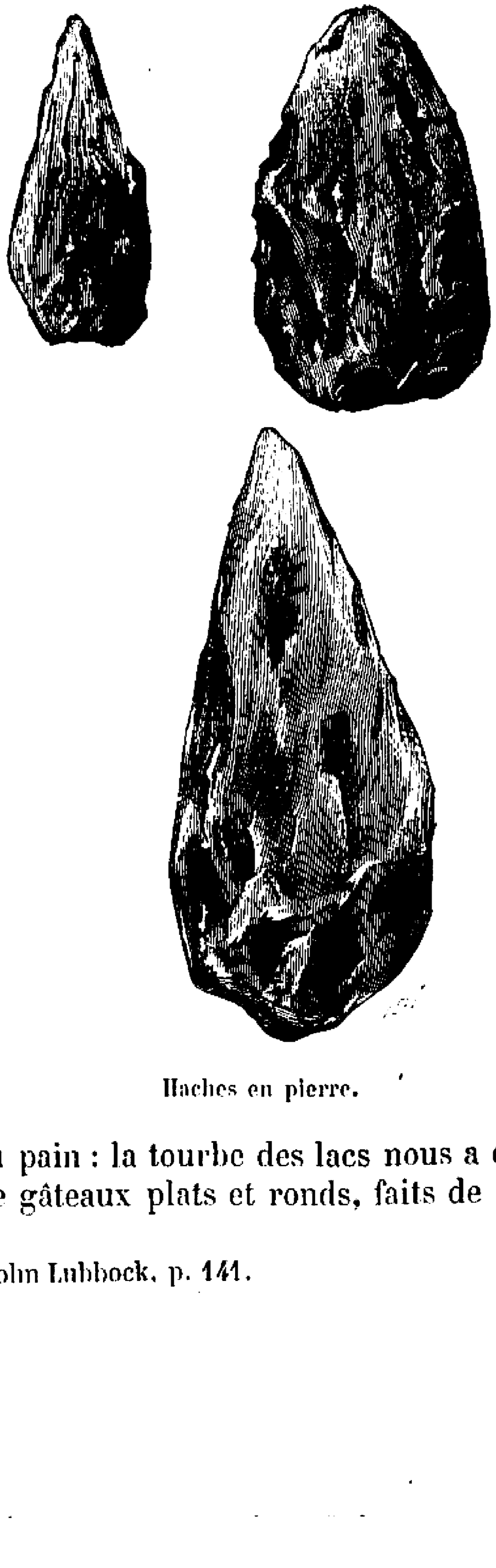


Les plus anciennes haches (trouvées à Saint-Acheul).

forme de *molettes de tisserand*. Nos aïeux ne se contentaient pas pour se vêtir de la peau des animaux tués par eux à la chasse. On a retrouvé en assez grande quantité des morceaux d'étoffe tissés avec du chanvre et

de la toile; et ces précieux débris remontent à l'âge de pierre [1].

Que dis-je? ils n'ignoraient pas la culture du blé ni



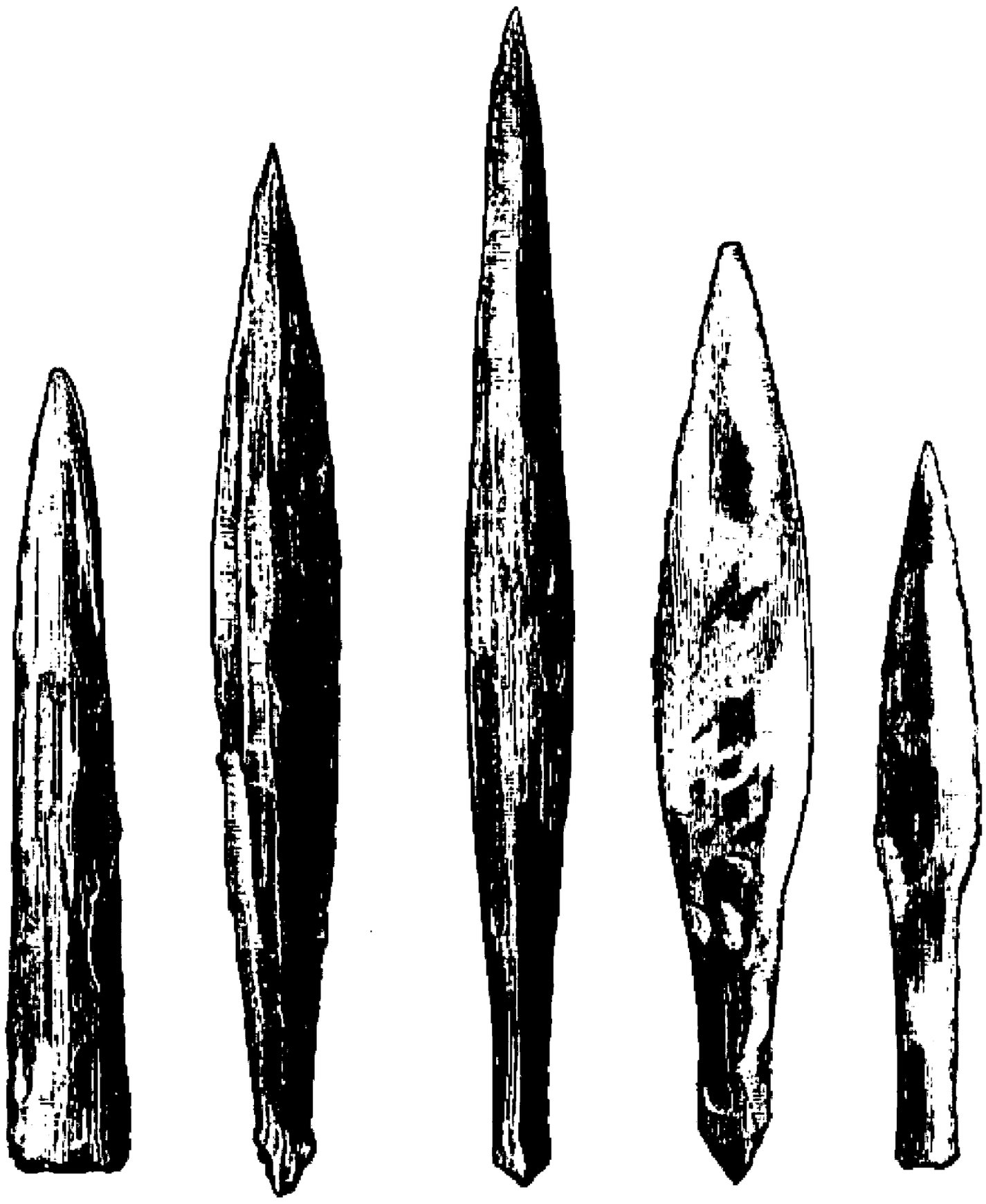
Haches en pierre.

l'usage du pain : la tourbe des lacs nous a conservé des espèces de gâteaux plats et ronds, faits de grains gros-

[1] V. Sir John Lubbock, p. 141.

ièrement écrasés; des pommes et des poires séchées. Nos ancêtres avaient auprès d'eux des animaux domestiques : les bœufs, les chevaux, les moutons. Tout ce monde vivait pêle-mêle dans des habitations suspendues au-dessus des eaux.

Cette civilisation antique qui apparait peu à peu et



Têtes de lances.

lentement à la lumière (la première découverte de cités lacustres est de 1853 [1]) cette civilisation, dis-je, est d'une époque bien antérieure à celle où César conquit les Gaules. Ce n'est point ici le lieu d'en discuter la véritable date : contentons-nous de dire, pour en établir une évaluation approximative, que les cités datent de l'âge de pierre; qu'à cet âge a succédé une civilisation

pendant laquelle les instruments de pierre furent remplacés par des outils de bronze; et que ce ne fut qu'après un nouveau et lent progrès de l'industrie que l'homme apprit à se servir des instruments de fer, instruments avec lesquels les Gaulois combattirent contre les légions romaines.

A cette heure, on connait plus de 200 de ces villes ou villages anciens dont le souvenir même n'avait laissé aucune trace dans l'histoire des hommes; et les investi-

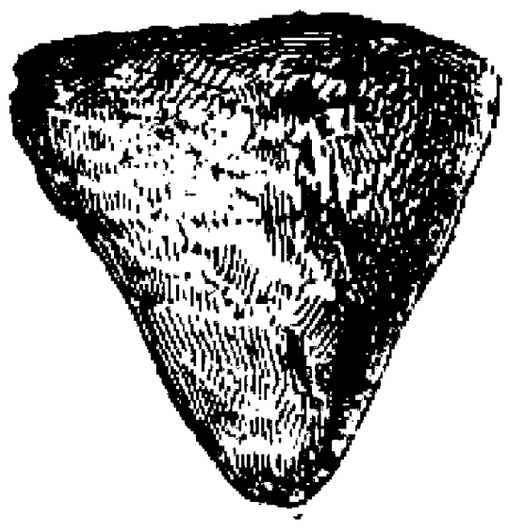
Têtes de flèches.

gations, remarquons-le, n'ont porté que sur un des points les plus restreints du champ immense ouvert aux recherches des historiens et des antiquaires.

Pour trouver maintenant d'autres restes des villes anciennes, il faut se transporter en Orient : c'est là que la tradition met le berceau de l'humanité.

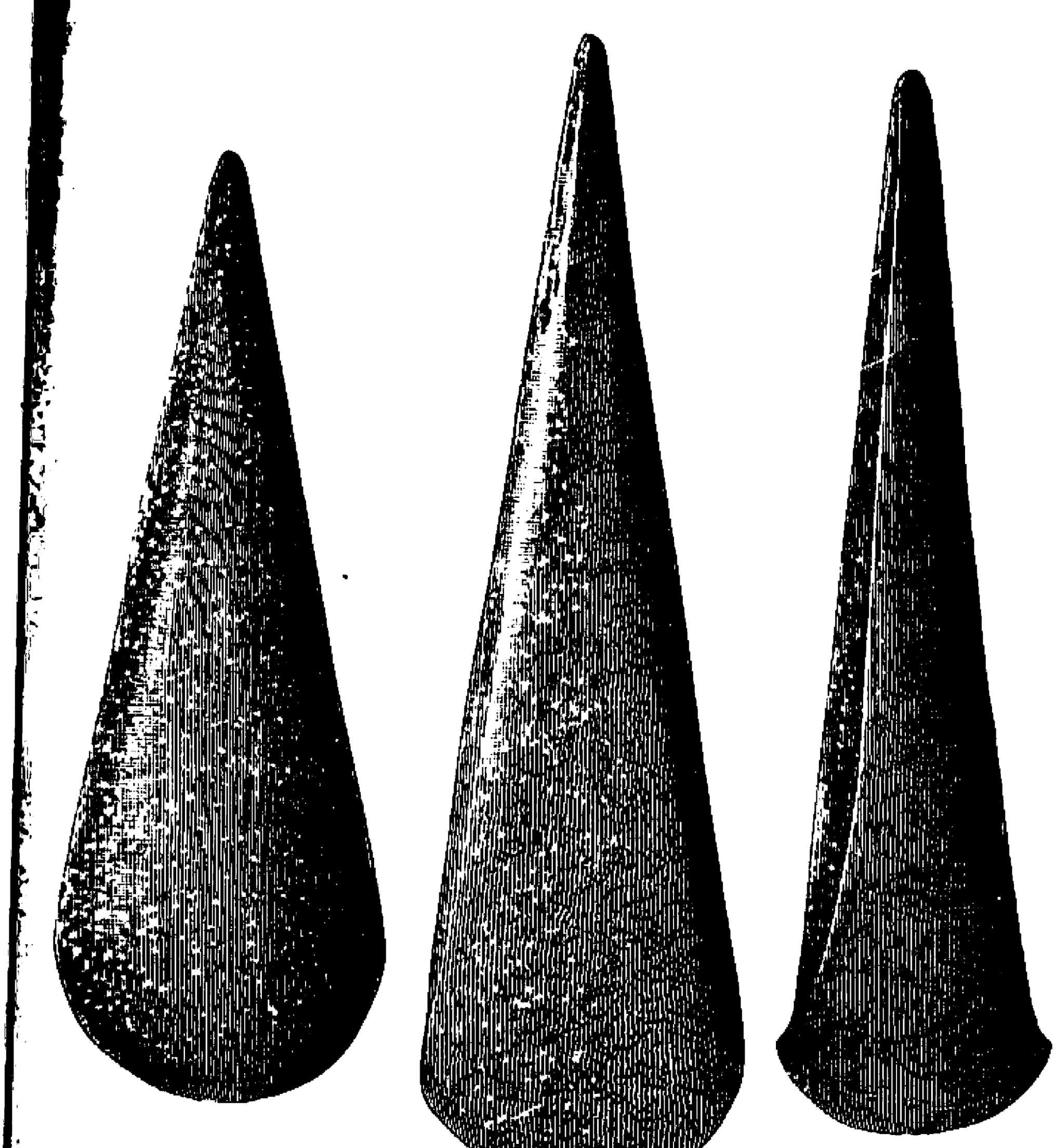
Si ces pays ont eu aussi leurs âges de pierre et de bronze, ç'a été dans des temps tellement reculés que peu de traces en sont parvenues jusqu'à nous. Les plus vieilles tombes de ces contrées renferment des objets en or, en bronze et en fer, couteaux, hachettes, faux, bra-

1 Faite par M. Appli de Milan, dans le lac de Zurich.



Débris de chanvre et de toiles.

celets, boucles d'oreilles ciselées. A côté on trouve encore, et ils étaient concurremment employés, des instruments et des armes en silex taillé et poli, têtes de



Haches en pierre polie.

flèches, haches et marteaux. Le métal le plus répandu est le bronze; c'est en bronze que sont tous les instruments usuels. Quant au fer, il est plus rare et ne sert encore que comme métal précieux [1].

[1] V. Maspero, p. 141 ; Fr. Lenormant, p 118.

Voilà tout ce que la science nous apprend de plus positif sur ces origines.

Les villes bibliques. — En somme, si loin que l'on remonte, dans l'histoire de ces régions, on trouve déjà debout les énormes empires de l'Asie centrale et la vieille Égypte. La civilisation est arrivée à un tel progrès que le concert des sciences humaines préside à la construction des gigantesques monuments qui nous apportent le souvenir de ces âges reculés : l'astronomie, la mécanique, le calcul, l'écriture, les arts du dessin, la poésie, toutes les branches de l'industrie humaine ont groupé leur effort autour d'un seul de ces édifices, d'une seule des pierres qui y sont employées.

La Bible d'ailleurs place la construction de la première ville dans des temps bien reculés : c'est Caïn lui-même qui l'éleva :

« Caïn s'étant donc éloigné de la face du Seigneur habitait errant sur la terre sur la rive à l'orient d'Eden. Mais il eut de sa femme un fils, Hénoch, et il bâtit une cité, et lui donna le nom d'Hénoch du nom de son fils. »

Ce serait probablement une recherche superflue que d'entreprendre de déterminer le lieu où fut bâtie cette aînée de toutes les villes élevées par la main des hommes. Mais il n'est pas sans intérêt de noter les ruines d'autres cités nommées bientôt après par la Genèse et qui ont été découvertes et étudiées par la science moderne. C'est celles que Nemrod, le fort chasseur devant l'Eternel, bâtit dans la plaine de Sennaar.

C'est Babylone, c'est Ninive, c'est Chalé, c'est Resen. Cette dernière ville était située entre Ninive et Chalé, « et c'était la grande ville », dit le récit ancien. Comme nous le verrons plus tard, Ninive et Babylone cachées sous le sable ont survécu en quelque sorte à leur destruction; Chalé aussi a été découverte et ses ruines, relevées près du village de Kalah Skerkat, comptent parmi les plus belles de la Mésopotamie.

Resen enfin a été identifiée avec l'antique Larissa des Grecs, et complète ainsi le quadrilatère de ces anciennes cités dont le vénérable récit de la Bible nous a transmis les noms.

Mais à côté de ces découvertes dont l'ensemble suffit pour attester la haute valeur historique du témoignage de la Bible, combien d'autres recherches semblent devoir rester toujours sans résultats. Il est des villes — et combien ! — dont les noms même ne sont point parvenus jusqu'à nous ; on peut leur appliquer le vers d'Horace

Vixere fortes ante Agamemnona....

« Il y eut des héros avant Agamemnon ; mais aucun poète ne les a chantés, ils sont tombés dans l'oubli. »

Ainsi des villes. Il en est beaucoup dont le nom est le seul souvenir qui nous reste de leur antique existence. Qu'étaient autrefois et où sont maintenant Badaca d'Elem, Naditou, Khamanou de la Chaldée, qui toutes portaient le nom de villes royales : Si l'on a identifié ou à peu près Our la Bituminée (aujourd'hui Mougheir), qui lançait ses vaisseaux à travers le golfe Persique, jusque dans la mer des Indes, ce n'est qu'avec hésitation et à tâtons, pour ainsi dire, qu'on place sur la carte de ces anciennes régions l'Orech de la Bible, et Sépharvaïm, et Sirgilla, et Karrak et Ségos ; et pourtant « c'est dans l'enceinte de ces vieilles cités aujourd'hui perdues que se fit l'énorme croisement de races et d'idées d'où sortirent la nation et la civilisation chaldéenne [1]. »

Il en est d'autres encore qui ne nous ont transmis quelque lambeau de leur histoire que mêlé au sinistre souvenir de la catastrophe qui les a fait disparaître. Tandis que leurs sœurs, plus heureuses, tombaient peu à peu dans la cendre et dans l'oubli, elles, avec

[1] Maspero.

plus de gloire et plus de malheur, semblent brûler encore dans la nuit des temps et attirent l'œil inquiet de l'historien, comme ces volcans dont la clarté fumeuse flambe sur un lointain horizon.

Ainsi sont Gomorrhe et Sodome : « Et le Seigneur dit : La clameur contre Sodome et contre Gomorrhe s'est multipliée, et leurs péchés se sont accrus; je descendrai et je verrai si leurs œuvres ont ou non mérité cette clameur... C'est pourquoi le Seigneur a fait tomber sur les deux cités une pluie de soufre et de feu, et il a détruit leur cité et toute la région d'alentour, et tous les habitants des villes, et tous les verts produits de la terre. »

Contre le feu vivant, contre le feu divin,
De larges toits de marbre ils s'abritaient en vain :
Dieu sait atteindre qui le brave;
Ils invoquaient leurs dieux; mais le feu qui punit
Frappait ces dieux muets dont les yeux de granit
Soudain fondaient en pleurs de lave!

Ainsi tout disparut sous le noir tourbillon,
L'homme avec la cité, l'herbe avec le sillon;
Dieu brûla ces mornes campagnes;
Rien ne resta debout de ce peuple détruit.
Et le vent inconnu qui souffla cette nuit,
Changea la forme des montagnes.

Aujourd'hui le palmier qui croît sur le rocher
Sent sa feuille jaunir et sa tige sécher
A cet air qui brûle et pèse;
Ces villes ne sont plus; et, miroir du passé,
Sur leurs débris éteints s'étend un lac glacé
Qui fume comme une fournaise[1]!

Nous avons cité quelques-unes des villes connues par les récits de la Bible; mais l'étude des débris des civilisations antiques apprend de jour en jour l'existence de peuples anciens puissants et riches qui jusqu'ici

[1] Victor Hugo.

dormaient dans l'oubli et le silence. Quand un monarque assyrien avait promené sa redoutable férocité sur les frontières de son empire, quand il avait refréné les révoltes de ses satrapes, contenu ses vassaux dans le devoir, conquis des terres nouvelles et jeté bien loin l'effroi de son nom, il s'arrêtait enfin au pied de quelque roc énorme et là taillait dans la pierre le nom des peuples qu'il avait soumis et des cités qu'il avait renversées.

Voici l'inscription du redoutable Touklat-habal-hasar : « Le dieu Assour mon Seigneur me dit de marcher, je disposai mes chars et mes armées et je m'emparai des forteresses du pays d'Itui et du pays d'Ayu, sur les pics élevés des montagnes impénétrables, aiguës comme la pointe d'un poignard et qui n'offraient pas de passage à mes chars. Je laissai mes chars dans la plaine et je pénétrai dans la montagne tortueuse. Je couvris de ruines le pays de Saranit et d'Ammanit ; depuis un temps immémorial ils n'avaient pas fait leur soumission. Je me suis mesuré avec leurs armées dans le pays d'Arouma, je les ai châtiés, j'ai poursuivi leurs guerriers comme des bêtes fauves, j'ai occupé leurs villes, j'ai emporté leurs dieux. J'ai fait des prisonniers, je me suis emparé de leurs biens et de leurs trésors, j'ai livré les villes aux flammes, je les ai démolies ; je les ai détruites ; j'en ai fait des ruines et des décombres ; je leur ai imposé le joug pesant de ma domination, et, en leur présence, j'ai rendu des actions de grâces au dieu Assour, mon Seigneur. »

« Car je suis Touklat-habal-asar, le roi puissant, le destructeur des méchants, celui qui anéantit les bataillons ennemis [1]. »

Les villes syriennes. — Quand, dans le cours de ces excursions, quelqu'un de ces promeneurs de massacres allait du côté de la mer occidentale, il rencontrait des peuples déjà arrivés aussi à une civilisation bien avancée.

[1] Maspero, *Histoire ancienne*, p. 280.

Ces peuples étaient tous d'une même famille et tous, si l'on en croit les anciens récits, venaient du pays même des Assyriens. Dans des âges très reculés leurs ancêtres avaient quitté les bords du Golfe Persique et les environs de la ville d'Our pour venir, à la suite de longues pérégrinations s'installer sur les bords de la Méditerranée.

C'est le pays que les modernes appellent Syrie, pays étroit, resserré entre les sables de l'Arabie et la mer, sillonné par des chaînes de montagnes hautes et épaisses. Plutôt une côte qu'une province, plutôt le grand chemin entre l'Asie et l'Afrique qu'un lieu de séjour pour des peuples stables et puissants. — Pays toujours traversé et jamais conquis, par sa forme naturelle, il a dû subir toutes les dominations, et aussi éviter d'être le siège d'aucune; en somme, région riche, bien située. C'est par là que se fait naturellement le transit des produits de l'Orient et de ceux de l'Occident.

Le pays étant fait pour le commerce, les peuples qui l'habitaient étaient des commerçants. Combien citerons-nous ici de villes que leur situation rend en quelque sorte immortelle; qui apparaissent dès la plus haute antiquité et qui ont survécu jusqu'à nos jours, en vertu de cette loi historique qui fait que des groupes d'hommes subsistent là où aboutissent les grands chemins de l'humanité? C'était, en remontant le cours de l'Euphrate, au gué le plus méridional, Thapsaque; au gué central, Karkémish; au gué du nord, dans les montagnes, Samosate.

Des trois villes, toutes grandes et riches, la plus importante était Karkémish. Les fêtes religieuses connues de toute l'antiquité étaient l'occasion de foires célèbres où se rencontraient toutes les jaunes figures des commerçants orientaux.

Plus au sud on trouvait Batna, Halep aux champs altérés, puis Damas; Damas, ville fertile, à l'entrée du désert, ville ombreuse, ville pleine de verdure, de gaieté

de vie, aux confins des sables arides et étouffants de pierreuse Arabie.

Aujourd'hui encore sa vue arrache au voyageur qui débouche de l'Anti-Liban un cri de joie et d'admiration : « L'impression de ces campagnes richement cultivées, de ces vergers délicieux, séparés les uns des autres par des rigoles et chargés des plus beaux fruits, est celle du calme et du bonheur. Vous vous croyez à peine en Orient dans ces environs de Damas, et surtout au sortir des âpres et brûlantes régions de la Gaulonitide et de l'Iturée. Ce qui remplit l'âme, c'est la joie de retrouver les travaux de l'homme et les bénédictions du ciel. Depuis l'antiquité la plus reculée jusqu'à nos jours toute cette zone qui entoure Damas de fraîcheur et de bien-être n'a eu qu'un nom, n'a inspiré qu'un rêve : celui de « paradis de Dieu [1]. »

Aux avantages d'un climat si favorable, Damas en joignait un autre : protégée par l'Anti-Liban, séparée par lui du grand chemin de la côte, elle reposait tranquillement dans ses vergers, laissant passer devant elle les fureurs belliqueuses des puissants despotes, ses voisins de l'Orient.

Sur les bords de la mer s'étageaient les villes des Phéniciens, plus puissantes, plus célèbres, mais aussi plus exposées, et que leur retraite au sein des eaux ne suffisait pas toujours à protéger. Il passait quelquefois des Alexandres qui jetaient des digues pour arriver jusqu'à elles.

C'était Gebel ou Byblos qui se vantait d'être la ville la plus vieille du monde et d'avoir été construite par les dieux. C'était Bérouth, c'était Sidon « la fleurie » avec son beau port, elle aussi s'appelait orgueilleusement « le premier-né de Canaan ». Au milieu des eaux on avait bâti Arad ; et Tyr, la reine de la mer. Faut-il citer plus au sud les noms d'Acca, de Mageddo, de Joppé, d'Asca-

[1] Renan.

lon, de Gaza, dont la gloire pâlit à côté de celle de leur brillante sœur. Si nous rentrons dans l'intérieur des terres, nous trouvons bien d'autres cités encore. Elles étaient déjà puissantes en ces temps anciens et opposaient aux rois de l'Assyrie une rude résistance; la plupart d'entre elles existent encore aujourd'hui et attestent la prodigieuse vitalité qui émane de ces fertiles provinces.

Nous avons déjà cité Kadesh; il faut ajouter Tibeskah qui devint plus tard la célèbre et opulente Baalbek ou Héliopolis, la ville du soleil. Ses ruines entassées sont encore aujourd'hui un des grands spectacles de l'Orient. Les Romains y ont, dans des temps postérieurs, épuisé tous leurs efforts, comme s'ils avaient voulu tenter d'effacer par l'étalage de leur luxe et de leur puissance celle des anciens rois qui avaient embelli les contrées voisines.

Il faut enfin citer la ville des villes, celle que son influence morale sur le monde a mise en un plus haut degré de gloire entre toutes ses sœurs, celle vers laquelle se tournent encore avec respect et avec amour les yeux de la moitié du monde occidental, Jérusalem.

Chacune des villes de la Syrie et de la Palestine était à la tête de petits Etats tantôt confédérés, tantôt ennemis. Cette région présentait à peu près l'aspect politique de l'Italie au moyen âge. Divisés entre eux ces fils d'un même sol résistaient mal aux invasions étrangères que leurs dissensions attiraient même quelquefois. Par contre chacun de ces petits Etats avait une activité personnelle, une force d'absorption et d'expansion qui en devait en faire au plus haut degré les intermédiaires, les instructeurs et les colonisateurs de l'Ancien Monde.

Il n'est pas inutile de constater qu'en dehors de Baalbek, qui est toute moderne relativement, nous ne trouvons pas ici de ces ruines magnifiques dont le vaste spectacle appelle la curiosité du voyageur et l'étude de l'historien. Il a fallu toute la reconnaissante attention que mérite de l'Occident la patrie de Cadmus, la mère

du commerce, de la religion, la colonisatrice des bords méditerranéens pour que des savants éminents s'appliquassent à relever les traces relativement minimes de cette ancienne civilisation. Les Phéniciens construisaient peu ou plutôt construisaient mal. Des huttes faites de bois et d'argile les abritaient tous.

La mission en Phénicie, dirigée par M. Renan, n'a trouvé que des traces bien incomplètes de leur ancienne architecture. On a voulu leur en faire un reproche : « Si l'architecture, a-t-on dit, est le critérium le plus sûr de l'honnêteté, du sérieux, du jugement d'une nation ; si l'historien peut juger les peuples et les époques par la solidité et la beauté des édifices qu'ils ont laissés, c'est seulement par le défaut de ces qualités chez les Phéniciens qu'on peut s'expliquer le néant de leur œuvre d'architecture [1] ».

Ce jugement est sévère et j'ajouterai qu'il me semble reposer sur une erreur d'argumentation. Non, les monuments durables ne sont pas toujours le critérium le plus sûr de l'honnêteté, du sérieux et du bon sens chez un peuple. Ils ne sont souvent au contraire que les témoins immortels de la folie d'un despote et du malheur de ses sujets.

Je n'en veux citer qu'un exemple; c'est le plus éclatant de tous : Qui a construit les Pyramides de Giseh? Est-ce une Égypte sage, réglée, développant librement la nature de son génie propre et de sa civilisation? Non ; c'est la fantaisie barbare de quelques Pharaons maudits par leurs sujets, et qui n'ont pas même trouvé dans les flancs de ces édifices l'orgueilleux tombeau qu'ils prétendaient s'y réserver.

Certes, toutes ces ruines anciennes sont étonnantes. Méritent-elles l'admiration du sage? J'en doute. Que de misères ne représentent-elles pas! L'amas de douleurs qu'a coûtées leur construction ne dépasserait-il pas la plus

[1] J. Soury, *Études historiques*, p. 106.

haute d'entre elles de plus de cent coudées? On s'étonne, et nous aurons l'occasion de nous étonner plus d'une fois, devant ces prodiges de la force. On s'écrie : Quelle civilisation avancée ! Pourrions-nous soulever de tels blocs ? Ne sommes-nous pas dégénérés ? — Non pas ; disons-le ici, une fois pour toutes. Tant de monuments merveilleux mettent souvent au cœur une grande tristesse. Si c'est une bien glorieuse histoire que celle des rois qui les projetèrent, c'est une bien mélancolique histoire que celle des malheureux — sujets ou prisonniers — qui les élevèrent. Cet idéal de l'architecture ancienne, qui consistait à faire colossal et éternel, est une préoccupation de peuples jeunes et presque de barbares ; le résultat atteint n'est nullement à comparer avec l'effort dépensé.

Il y a dans les carrières voisines de Baalbek d'immenses blocs de marbre monolithes taillés de la main des anciens peuples. Ils sont tout prêts, bons à être transportés et mis en place ; cependant ils sont restés là ; la force a manqué à ceux qui les avaient choisis. Cette fois, le rêve despotique a été plus loin que le possible. Le tyran a été battu par la nature. On a cru que ces blocs avaient été façonnés ainsi par les Romains. De leur énormité même, M. Oppert conclut avec raison que ce n'est point à eux qu'il faut les attribuer. Ils avaient le sens de l'utile et du pratique trop développé pour tenter une pareille folie ; ils eussent coupé ces blocs en plusieurs morceaux faciles à transporter, quitte à les ajuster et à les rejoindre par du ciment quand ils eussent été en place. Et cependant les Romains étaient — même en architecture, — un peuple plein de sérieux et de jugement.

Il en fut ainsi des Phéniciens ; race de commerçants et d'industriels avant tout, ils devaient avoir le sens très éveillé pour les choses utiles, possibles.

Certes, ils n'ignoraient ni l'art ni la science ; ce sont leurs architectes que Salomon fit venir pour bâtir le

temple de Jérusalem. Ils ont instruit les premiers ouvriers de la Grèce, ils savaient bâtir, décorer, orner avec goût, ils mélangeaient adroitement la pierre, le bois et le métal dans leurs constructions; mais l'effort qu'ils dépensaient était toujours en proportion de ce qu'ils voulaient et de ce qu'ils pouvaient.

Leurs villes devaient être belles; les ruines de ces villes sont peu intéressantes, faut-il le regretter? Oui peut-être pour les archéologues; mais non certainement pour l'ancien peuple phénicien lui-même, et non encore au point de vue réel de la civilisation. Car en somme si les Phéniciens n'avaient pas été ces hardis commerçants, ces navigateurs audacieux, tenant peu au sol, rapides à l'ouvrage, prompts dans le dessein, plus prompts encore dans l'exécution, tirant habilement parti des circonstances actuelles et sachant y conformer leurs besoins et leurs ambitions, ils n'eussent point eu d'occasion de porter loin de chez eux ces arts et ces sciences qu'ils avaient inventés ou qu'ils avaient empruntés à leurs voisins plus immobiles. Ce n'est pas l'Égypte qui a instruit le monde, quoi qu'en ait dit la Grèce menteuse. En réalité c'est la Phénicie; et les descendants des Pélasges, des Hellènes et des Gaulois doivent se féliciter encore du génie hardi, industriel, mercantile, si l'on veut, qui lança sur les mers la communicative civilisation des Phéniciens.

La colonisation phénicienne. — Sur toute la ceinture du bassin méditerranéen les hardis marins de la Syrie portèrent l'influence féconde du vieil Orient. Ce furent eux qui avec Cadmus « l'inventeur des lettres » fondèrent Thèbes, et instruisirent la Grèce. Toutes les îles de l'Archipel leur appartinrent.

Sur la côte de l'Asie Mineure ils trouvèrent, déjà établi, un empire puissant, qui sous le nom de royaume de Midas est resté célèbre dans les légendes de la Grèce; il ne fallut pas moins que l'épée d'Alexandre

pour trancher le nœud gordien, seul souvenir de cette antique domination. « Près des sources du Sangarios, en Phrygie, un voyageur anglais, Leake, découvrit au commencement du siècle une vallée pleine de tombeaux antiques. Ces tombeaux sont d'une époque inconnue, mais de beaucoup antérieure à la domination grecque et romaine ; leur caractère tout indigène nous révèle le style architectural des vieux phrygiens. La langue même des inscriptions est purement phrygienne, et cette langue, avec l'alphabet encore incomplètement déchiffré, qui nous en a conservé les rares débris, reste enfermée dans les limites de l'ancien royaume où régna la dynastie de Midas. Dans toute l'étendue du pays où se trouvent ces restes vénérables du peuple indigène, on ne voit que de rares débris des monuments appartenant à l'époque Romaine; il semble que les conquérants successifs de la contrée aient ignoré ces vallées solitaires où plus tard des familles chrétiennes vinrent chercher un refuge contre la persécution du paganisme, peut-être aussi contre l'invasion musulmane.

« Quelques tombeaux, des ruines de forteresses et des bas-reliefs inexpliqués, c'est tout ce qui nous reste de ces rois de Phrygie, si célèbres au début de l'histoire grecque par leur richesse, leur amour pour les chevaux et l'adoration fanatique qu'ils rendaient à la mère des dieux (Cybèle) et à Dyonisos [1]. »

C'est dans cette contrée encore que M. G. Perrot a découvert les ruines de l'antique Ptérium dont quelques lignes d'Hérodote formaient toute l'histoire. Le trône de ses vieux rois est renversé, enfoui sous terre auprès des fondations de leur palais et des restes de murailles que Crésus démolit; il est reconnaissable aux deux lions de pierre qui le gardaient autrefois et qui gisent encore aujourd'hui près de lui dans la poussière

[1] Maspero ; et Texier, *Description de l'Asie Mineure.*

comme des serviteurs fidèles morts aux pieds de leurs maîtres et reposant dans le même tombeau.

Sur cette côte les Phéniciens établirent leur domination partout où la résistance du pays ne fut point assez forte pour les rejeter à la mer. Un peu plus au nord ils rencontrèrent encore un empire redoutable que tous les efforts de la Grèce conjurée ne purent abattre qu'après dix ans de combats : c'est Pergame, l'Ilion chantée par Homère; la ville dont M. Schliemann a tout récemment découvert les restes vénérables.

Suivrons-nous plus loin les marins de Tyr et de Sidon dans le cours de leurs nombreuses pérégrinations ? Pénétrerons-nous avec eux dans la Propontide, sur les noires eaux du Pont-Euxin, où, d'après la légende, les *Symplégades* écrasaient les galères à la sortie du Bosphore? Ils étaient attirés dans ces régions lointaines par la réputation des mines d'or, d'argent et d'étain du Caucase ; les premiers ils ouvrirent ces veines abondantes que des fouilles séculaires n'ont pas épuisées.

Rentrons plutôt à la suite de l'Hercule Tyrien dans des régions plus connues et où ses efforts devaient avoir plus de gloire et ses établissements plus de durée.

C'est en Grèce d'abord ; dans la Grèce, amante des fables, qui leur paye le tribut de sa reconnaissance en célébrant dans ses légendes l'enlèvement d'Europe par Zeus, et les voyages de Cadmos à la recherche de sa sœur.

Plus loin encore c'est l'Italie, la Sicile, la Sardaigne qui les reçoivent et qui leur fournissent encore l'ambre, la pourpre, les métaux précieux et usuels. Mais là, comme ailleurs, leur domination s'étend peu dans l'intérieur des terres; ils se heurtent à la solide confédération des Étrusques. S'ils échangent avec elle quelques-uns de leurs produits et s'ils influent sur le développement de la civilisation italienne, ce n'est qu'à la faveur de négoce; ils ne fondent pas de domination politique. C'est qu'ici encore les Phéniciens

avaient rencontré une nation qui s'était développée par elle-même et que la force de l'originalité nationale avait repoussé l'influence de l'importation étrangère.

La civilisation des Étrusques est encore un des pro-

Vases de Clusium.

blèmes les plus ardus que présente l'étude de l'antiquité. Il nous manque ici la clef naturelle de toute histoire : la connaissance de la langue.

Les Étrusques nous ont laissé bien des objets précieux, bien des vases que nous collectionnons avec

Murs de Norba.

soin et que nous imitons même, bien des tombeaux, bien des inscriptions, bien des documents de toutes sortes; l'antiquité classique a laissé sur cette race nombre de renseignements épars. Mais il manque le trait de lumière qui coordonne cet ensemble confus et donne à chacun de ces restes sa véritable valeur. L'Étrurie, on l'a dit, est pour nous ce qu'était l'Égypte avant Champollion.

Pour ne parler ici que de ce qui nous intéresse directement, qui ne connaît cette célèbre fédération des douze cités étrusques. Des murs énormes les entouraient faits à l'image de ceux qu'avaient autrefois construits les Pélasges. Leurs assises immenses formées de pierres jointes sans ciment, et non taillées, faisaient croire aux anciens qu'elles avaient été entassées les unes sur les autres par des géants. Chacune de ces villes, dont les plus célèbres étaient Véies, Céret, Clusium, Chiusi, Volterra était à la tête d'un peuple qui prenait part aux délibérations et aux entreprises de la confédération, mais qui conservait à l'égard de ses associés une sorte d'indépendance jalouse.

Ces peuples, d'abord unis, partant de Toscane leur centre commun, conquirent ou colonisèrent une bonne partie de l'Italie. Au nord ils occupèrent l'Ombrie et fondèrent Mantoue, Pérouse, Melpum, Adria, qui donna son nom à la mer Adriatique; dans la Toscane, le val d'Arno et celui de la Chiana furent desséchés, la Maremne assainie et six des douze capitales bâties sur cette côte maintenant inhabitable.

Car les Étrusques furent avant tout un peuple industriel, appliqué aux travaux des champs et de la maison, habiles ouvriers, fins ciseleurs, les meilleurs potiers du monde antique; l'agriculture chez eux était en grand honneur; la charrue est souvent représentée sur leurs vases. Persuadés qu'eux-mêmes et leurs dieux devaient mourir au bout de mille ans, ils s'appliquaient surtout à tout ce qui pouvait donner à l'homme des

jouissances immédiates, perçaient des routes, ouvraient des canaux, desséchaient les marais et construisaient à leurs morts de solides tombeaux. « Ainsi, dit M. Duruy, se réalisa ce problème que l'antiquité n'a presque jamais su résoudre, de grandes villes au milieu de campagnes fertiles, l'industrie et l'agriculture, la richesse et la force : « *Sic fortis Etruria crevit* [1]. »

Leurs conquêtes et leurs établissements au sud du Tibre ne furent pas moins importants que ceux que nous avons signalés dans le nord ; jusqu'au jour où ils rencontrèrent sur les bords mêmes de ce fleuve la puissance romaine contre laquelle leur confédération, déjà disjointe, se brisa. La campagne de Rome leur doit Fidènes et Tusculum. Rome leur doit une bonne partie de son éducation; l'art d'élever des voûtes que la Grèce elle-même semble avoir ignorée; la science des augures, si importante dans sa politique.

En Campanie s'élevèrent Volturnum qui fut plus tard Capoue, Nola, Acerroe; Herculanum et Pompéi, dont la fin désastreuse a fait des villes à jamais célèbres. « Du haut des rochers de Sorrente que couronnait le temple de la Minerve Étrusque, ils guettaient les navires assez hardis pour s'aventurer dans les golfes de Naples et de Salerne, et leurs longues galères couraient jusqu'aux côtes de la Corse et de la Sardaigne où ils eurent des établissements. » Mais quelque importantes que fussent leurs expéditions maritimes, jamais leur puissance ne prit en ce sens l'extension de celle des Phéniciens; ils se bornèrent le plus souvent aux deux mers qui bai-

[1] Il n'est point inutile de mentionner ici la façon singulière, tout à fait digne des anciens Étrusques, dont furent découverts les premiers restes de cette antique civilisation. Il y a de cela cinquante ans environ, un bœuf passant pesamment fit écrouler dans la Maremme une voûte cachée sous l'herbe. On poursuivit les fouilles. *Vulci*, ville étrusque presque totalement inconnue, à peine mentionnée une fois par les historiens romains, apparut peu à peu. Depuis ce temps des travaux incessants ont amené au jour une bonne part des restes que la terre recouvrait. Consultez le beau livre de M. Noël des Vergers.

Tombeau étrusque.

gnent les côtes de l'Italie. Là ils régnèrent longtemps ; de là ils éloignèrent les Phéniciens et essayèrent de chasser les Grecs. Ceux-ci finirent par vaincre à leur tour. Mais les Phéniciens n'eurent jamais sur cette côte fameuse les établissements importants dont ils ont semé toute la côte méditerranéenne.

Les Phéniciens d'ailleurs ne s'étaient laissés effrayer ni par cette résistance, ni par les difficultés redoutables des pas de Charybde et de Scylla. Ils avaient franchi la mer Thyrrhénienne et avaient abordé aux rivages méridionaux de la Gaule. Là ils avaient apporté les arts, introduit la culture de la vigne, fondé Narbonne, Nîmes, Arles, les plus anciennes villes de notre France.

Un peu plus au sud, les îles Baléares les recevaient et l'Espagne leur offrait ses richesses. C'est le Pérou des anciens. Ils ne tarissent pas d'éloges et d'enthousiasme sur les plaines fortunées de la Bétique. L'or, disait-on, y coulait dans le gravier des fleuves, les ruisseaux étaient de lait, les arbres suaient le miel, les cavales y étaient fécondées par le vent. Assis sur les bords extrêmes du rivage occidental, on voyait, disait-on, le soleil baisser sur l'horizon et plonger tout à coup dans la mer comme un feu qui s'éteint. Là les Phéniciens fondèrent Abdère, Malaca, Gadès (Cadix), Hispalis (Séville), en un mot, les villes les plus importantes de l'Espagne méridionale.

Ils ne s'arrêtèrent pas encore, ils franchirent le grand pas du Gibraltar, rompirent le détroit, séparèrent les colonnes d'Hercule,.... et là, debout sur la poupe, le marin Phénicien put voir au loin s'étendre la haute mer, l'Océan immense, et rêver dans le mirage de la brume les fortunés rivages des Hespérides et de l'Atlantide.

Autour de l'Europe, autour de l'Afrique ils naviguèrent, allant, allant toujours poussés par la soif du gain, bravant tous les courants, les vents contraires, les mers

froides, inconnues et hostiles. Ils allèrent ainsi, — qui sait? — jusqu'en Angleterre, en Danemark, en Norvége, d'une part; de l'autre, ils s'enfoncèrent jusqu'aux îles de Pourpre (Madère), aux îles Fortunées (Canaries); plus bas encore ils virent les Leucœthiopiens, les hommes à queue de singe, et bien d'autres merveilles.

On dit même qu'ils firent le tour du continent Africain; et les prêtres égyptiens racontèrent à Hérodote que, partant de la mer Rouge, des marins phéniciens, après trois ans de navigation étaient revenus par les colonnes d'Hercule: récit que nous ne pourrions croire, pas plus qu'Hérodote qui le rapporte, si dans le cours de sa narration il ne témoignait lui-même de ce fait véridique et concluant que les marins phéniciens avaient vu le soleil du côté de l'*Ourse*.

D'ailleurs si cet antique périple peut être mis en doute, il faut bien accepter comme un fait, la colonisation de l'Afrique septentrionale par les commerçants de la Syrie: c'est là que leur Hercule avait fondé la ville fabuleuse d'Hécatompyles; c'est là que des récits plus authentiques placent la fondation de Leptis la grande, d'Œa, de Sabrata, de Thapsos, d'Utique, et enfin de Kambé que remplaça plus tard « la ville neuve », Carthage.

C'est elle qui, s'engraissant plus tard de la ruine de sa mère Tyr, absorba à son profit tout le commerce de l'Occident, devint la reine de la Méditerranée et balança la fortune de Rome. Nous la retrouverons plus tard.

Si nous nous replions, cependant, sur les parages plus voisins de la Phénicie, si nous poursuivons la côte nord de l'Afrique jusqu'au moment où elle rejoint l'Asie, il est un point où les vaisseaux des Syriens n'osèrent jamais aborder en conquérants; un pays que tous les puissants États de l'Asie, envièrent et respectèrent quoiqu'il fut leur plus proche voisin; un État dont les ori-

...ines remontaient aux plus hauts souvenirs de l'humanité, et qui se prétendait à bon droit l'aîné de tous les peuples ; un royaume dont la force inspirait la terreur et dont les richesses excitaient l'envie. C'est l'Égypte. Que les Arabes et les Syriens (sous le nom de Pasteurs et de Khetas), que les Assyriens (au temps de Cambyse), eussent essayé de l'envahir, son peuple calme et fort avait résisté lentement et finalement culbuté et mis en fuite les armées des envahisseurs. Sa durée paraissait immortelle, et comme les sources de son fleuve, le Nil, son histoire semblait se perdre au loin dans l'inconnu et dans la nuit.

Les cités égyptiennes. — C'est par les villes énormes qu'il construisit que nous terminerons ce rapide examen des villes anciennes. L'imposant spectacle qu'elles présentent aujourd'hui encore après des centaines de siècles, donne une bien haute idée de l'état avancé et de la haute civilisation de ces peuples.

L'Égypte c'est le Nil. Dans la brûlante et morne Afrique, le Nil donne la fraîcheur, la joie, la gaieté, la vie. Est-il digne de remarque que ce fleuve immense, ce bras de mer déroulant des montagnes, inspire non seulement le respect par sa masse, mais aussi la bonne humeur par sa douce action bienfaisante. Osburn dit : « Il n'y a peut-être pas dans tout le domaine de la nature un spectacle plus gai que celui présenté par la crue du Nil. Toute la nature en crie de joie. Hommes, enfants, troupes de bœufs sauvages gambadent dans les eaux rafraîchissantes, les larges vagues entraînent les bancs de poissons dont l'écaille lance des éclairs d'argent, tandis que des oiseaux de toute plume s'assemblent en nuées au-dessus ». C'est la fête de la nature.

Agenouillées, serrées autour de cette immense mamelle, les villes de l'Égypte puisent dans son sein la vie. Le Nil est le père, c'est le Dieu ; c'est lui que célèbre, depuis l'embouchure jusqu'aux cataractes, le grand

poème hiéroglyphique déroulé par la main des Pharaons : « *Salut*, ô Nil, — ô toi qui t'es manifesté sur cette terre — et qui viens en paix — pour donner la vie à l'Égypte ! — Dieu caché — qui amènes les ténèbres au jour qu'il te plaît les amener, — irrigateurs des vergers qu'a créés le Soleil — pour donner la vie à tous les bestiaux; — tu abreuves la terre en tous lieux, — voie du ciel qui descends, — Dieu Seb, ami des pains ! — Dieu Nepra, oblateur des grains ! — Dieu Pthah qui illumine toute demeure ! SEIGNEUR des poissons, quand tu remontes sur les terres inondées — aucun oiseau n'envahit plus les biens utiles; — créateur du blé, producteur de l'orge, il perpétue la durée des Temples; repos des doigts est son travail — pour des millions de malheureux !.... Tu as réjoui les générations de tes enfants : — on te rend hommage au Sud. — Stables sont tes décrets quand ils se manifestent — par devant les serviteurs du Nord. — Tu bois les pleurs de tous les yeux et prodigues l'abondance des biens[1] ! »

Énumérons les villes que ce puissant nourricier avait semé sur ses deux bords :

D'abord les villes du Delta, Saïs, Tanis, Xoïs, toutes villes anciennes et puissantes. Mais leur position excentrique empêcha qu'elles tinssent jamais d'une façon durable le premier rang en Égypte. Plus tard la fondation d'Alexandrie les ruina. Dès la plus haute antiquité elles profitaient de leur situation au bord de la mer pour se livrer à un commerce actif. Les Phéniciens y avaient des comptoirs.

Au sortir du Delta la vallée se resserre; nous sommes en pleine Égypte; c'est là que s'entassent l'une sur l'autre : On du nord, l'Héliopolis des Grecs, la ville sainte; il se tenait dans ses temples une école de théologie où Solon, Pythagore, Platon étaient venus prendre les leçons des prêtres de l'Égypte; Babylone d'Égypte

[1] Papyrus Sallier, II, traduction Maspero.

si célèbre dans les récits du moyen âge, où les Grecs avaient cru reconnaître une ville bâtie par la main des Troyens prisonniers.

En face, sur la rive gauche, plus puissante à elle seule, et plus célèbre s'étalait l'orgueilleuse Memphis (Mannover). Au treizième siècle, l'arabe Abd-al-latif décrivait en ces termes l'aspect imposant que présentaient encore ses ruines. « Malgré l'immense étendue de cette ville, disait-il, et la haute antiquité à laquelle elle remonte, ses débris offrent encore aux yeux des spectateurs une réunion de merveilles qui confond l'intelligence et que l'homme le plus éloquent entreprendrait inutilement de décrire.... Les pierres provenues de la démolition des édifices remplissent toute la surface de ces ruines; on trouve en quelques endroits des pans de murailles encore debout, construits de ces grosses pierres dont je viens de parler; ailleurs il ne reste que les fondements, ou bien des monceaux de décombres. J'ai vu l'arc d'une porte très haute dont les deux murs latéraux sont formés chacun d'une seule pierre; et la voûte supérieure qui était aussi d'une seule pierre était tombée au devant de la porte... Les ruines de Memphis occupent actuellement une demi-journée de chemin en tous sens. »

De cette ville qui dans sa splendeur avait été tellement importante qu'elle avait donné son nom à l'Égypte, (Hakaptah, c'est-à-dire ville de Phtah), si l'on s'achemine vers l'autre centre de la puissance Égyptienne vers la capitale du sud, Thèbes, on rencontre encore sur les bords du Nil bien d'autres centres importants. Il y avait la ville de Khéops, Menat-Khouwou, aujourd'hui Minieh. Il y avait l'antique Hermopolis, qui s'appelait encore Sesounnou, et qui passait pour une des plus vieilles villes de la vieille Égypte. Puis, plus haut encore, l'un des grands centres religieux de l'Égypte, une des villes dont le nom se trouve le plus fréquemment répété dans les inscriptions antiques, Abydos (Aboud), plus tard Ptolé-

maïs. Elle dut à certains moments balancer la puissance de Thèbes et de Memphis. Enfin après avoir traversé On du midi (Hermonthis), dont l'existence remontait aux âges antéhistoriques, l'on arrivait à la ville qui résumait en elle seule toutes les splendeurs et toutes les gloires de l'empire, à celle dont le nom était répandu au loin, et dont les ruines donnent encore une idée si magnifique et si complète des splendeurs antiques, à la ville sainte, Ape, T-ape, la Thèbes aux cent portes des Grecs, la demeure d'Ammon-Ra, roi des dieux et créateur du monde.

LES

VILLES RETROUVÉES

I

THÈBES D'ÉGYPTE

Toutes les traditions, toutes les légendes, tous les monuments de l'antiquité parlent de Thèbes d'Égypte avec un enthousiasme que le lointain de l'espace et du temps ne fait qu'accroître; depuis le vieil Homère, qui racontait sans les avoir vues « les fabuleuses richesses de la ville aux cent portes, par chacune desquelles passent deux cents chars tous attelés de blancs chevaux, et montés par leurs cavaliers en armes, » jusqu'à Germanicus, qui visita l'Égypte en amateur éclairé et se fit expliquer par les prêtres les hiéroglyphes inscrits sur les murailles. « Il admira la grandeur des ruines de la vieille Thèbes et s'étonna, dit Tacite, d'apprendre que la puissance des anciens rois d'Égypte avait écrasé les peuples voisins de charges et d'exactions non moins lourdes que celles dont les accable maintenant la puissance des Romains. »

Dans les temps modernes, ce fut en de grandes circonstances que ces ruines oubliées apparurent de nou-

veau et rentrèrent en quelque sorte dans le champ de l'Histoire dont elles étaient sorties depuis si longtemps.

L'armée française remontait en conquérante le cours du Nil. Épuisée par la fatigue, par les privations, abattue par l'âpreté d'un ciel et d'un sol inaccoutumés... tout à coup, au détour du chemin, Thèbes apparut. L'armée s'arrêta tout entière, et un cri, une acclamation sortie de toutes les poitrines salua le grand spectacle que le désert venait de dérouler tout à coup.

Quelques années plus tard, Champollion ayant découvert déjà le secret caché dans les inscriptions hiéroglyphiques, écrivait à son tour, en arrivant au même endroit : « Les Égyptiens, en présence de ce que je vois, concevaient les hommes de cent pieds de hauteur et l'imagination qui, en Europe, s'élance bien au-dessus de nos portiques, tombe impuissante au pied des cent trente-quatre colonnes de la salle de Karnak. Je me garderai bien d'en rien écrire; car ou mes expressions ne vaudraient que la millième partie de ce qu'on doit dire en parlant de tels objets; ou bien, si j'en traçais une fois l'esquisse très coloriée, je risquerais de passer pour un enthousiaste ou peut-être même pour un fou. »

C'est que Thèbes fut en réalité la plus haute expression de l'art égyptien ; que là se résuma, se traduisit en poèmes de pierre, ce délire architectural, que se transmettaient héréditairement les vieux Pharaons l'un après l'autre. Depuis les plus reculés jusqu'aux contemporains des Grecs, ils rivalisèrent là d'effort et de dépenses : temples, maisons, tombeaux tout y fut taillé dans le colossal. L'Égypte entière a souffert des siècles pour la bâtir, et des siècles d'abandon n'ont pas suffi pour en faire disparaître les merveilleux vestiges.

La ville que les Grecs appelaient Thèbes ou Diospolis, était nommée par les Égyptiens, eux-mêmes, Ape, T-ape, la ville d'Ammon-Ra, le plus puissant des dieux de l'Égypte. Elle s'étendait sur les deux rives du Nil,

eaucoup plus large en cet ndroit que la Seine à Paris. lle-même, lorsqu'elle fut arrivée au plus haut degré de son développement avait, selon Diodore, un circuit de plus de trois milles; son diamètre était de deux lieues et demie.

Les légendes égyptiennes attribuaient sa fondation au dieu lui-même, à Osiris. C'est dans cette ville que, pour la première fois, il avait enseigné aux hommes les arts utiles, l'agriculture, le maniement de l'airain et du fer, l'architecture. Il est certain que la fondation de Thèbes se perd dans la nuit des temps.

Mais pour l'histoire son nom n'apparaît guère que vers la XIe dynastie (plus de 4000 ans av. J.-C.) [1].

Avant cette époque le centre politique de l'Égypte se trouvait placé plus au nord, principalement à Memphis. D'origine thébaine, les rois de la XIe dynastie commencèrent à l'embellir, mais d'une manière rude et grossière qui contrastait avec les

Vue de Thèbes du plus loin qu'on peut l'apercevoir.

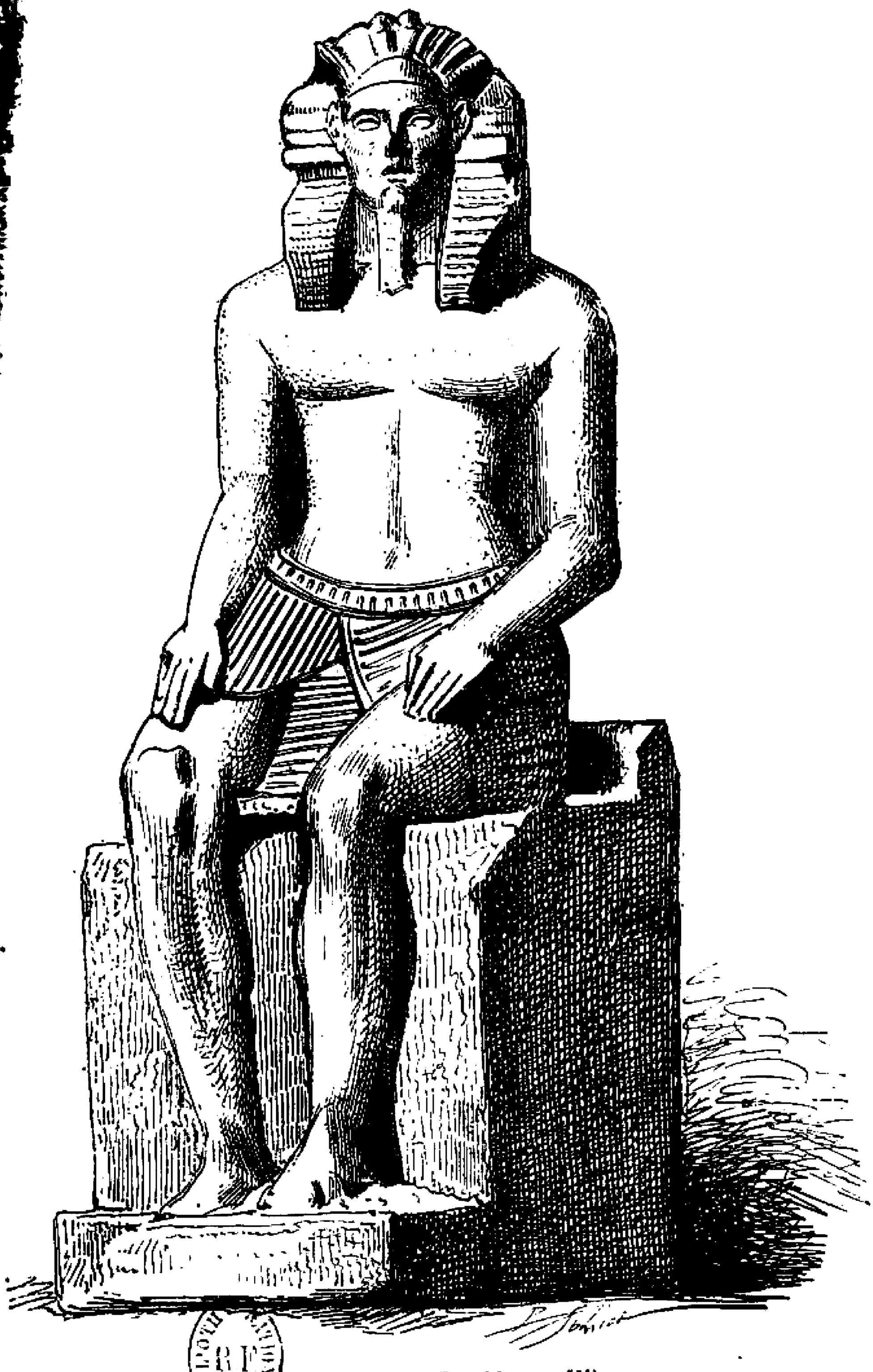
[1] Selon Maspero. — 2391 av. J.-C., selon M. Dunker. — V. de Rougé, *Mélanges d'Archéol. égypt.*

splendeurs dont étaient déjà revêtues les villes du centre et du nord. Les souverains de la XIIe dynastie, les Amenemha, guerriers et conquérants, continuèrent les grands travaux; c'est un Amenemha qui fonda le grand temple de Karnak [1]. On a retrouvé dans les ruines un fragment de la statue de ce roi et de sa femme assis sur un même socle de granit rose.

Le mouvement de construction prit alors dans ces régions un développement considérable. C'est sous le roi Ousortesen Ier, de la XIIe dynastie, qu'une stèle raconte ainsi les fonctions d'un architecte du temps : « Je suis, dit-il, le scribe Mevic, je suis un serviteur du prince, ingénieur en chef des travaux, une palme d'amour. Mon maître m'envoya en grande mission d'ingénieur pour lui préparer une grande demeure éternelle. Les couloirs et la chambre intérieure étaient en maçonnerie et renouvelaient les merveilles de construction des Dieux. Il y eut là des colonnes sculptées belles comme le ciel, un bassin creusé qui communiquait avec le Nil, des portes, des obélisques, une façade en pierre blanche de Rouwou ; aussi, Osiris, seigneur de l'Ament, s'est-il réjoui des monuments de mon seigneur, et j'ai été moi-même dans le transport et l'allégresse en voyant le résultat de mon travail [2]. » Ce récit ne nous expose-t-il pas de la façon la plus claire le projet de la construction, l'ordre des travaux et l'aspect extérieur d'un temple dans ces temps antiques dont trop peu de monuments nous restent à l'heure qu'il est dans cette région ?

L'art à cette époque avait déjà atteint un degré d'élévation et une habileté d'exécution qu'il ne dépassa presque jamais. Nous n'en voulons pour preuve que la belle statue de Sevekhotep III, conservée aujourd'hui au Musée du Louvre [3]. L'élégance du torse, le port gracieux

[1] V. Mariette, *Karnak*.
[2] Stèle du Louvre, traduite par M. Maspero.
[3] Louvre, A. 16. Voir dans Rosellini la série des Rois.



Roi égyptien (Sevekhotep III).

de la tête, l'expression de sérénité douce et majestueuse qui se dégage des moindres détails de la pose et de la figure royale ; le fini de l'exécution, en particulier dans les jointures des genoux, font de cette statue un des plus beaux modèles de l'art égyptien. Ce sont là des qualités qui ajoutent un prix inestimable à une œuvre que sa haute antiquité suffirait seule à illustrer.

Dans toutes les parties de l'architecture une ère d'apogée se manifeste. C'est le moment où les premières colonnes remplacent les lourds massifs des âges précédents ; elles sont fortes, cannelées et couronnées d'un simple dé. La sculpture adopte des formes plus allongées et plus grêles. Les bas reliefs fouillés avec beaucoup de soin et de finesse, atteignent parfois, par un heureux rendu des détails, une expression naturelle et vraie, quoique la perspective soit tout à fait négligée. Ils sont toujours soigneusement peints. Les statues de pierre calcaire sont peintes des pieds à la tête ; quant aux statues de granit, les yeux et les cheveux seuls sont coloriés[1].

Malheureusement pour Thèbes, les dynasties suivantes l'abandonnèrent presque complètement et reportèrent leurs efforts vers les villes du Delta. D'ailleurs une ère de misère allait peser sur l'Égypte tout entière. Les gens du désert, les pasteurs (peut-être les Arabes et les Hébreux), envahirent le pays, détruisirent les temples, renversèrent les statues sacrées, interdirent le culte des dieux indigènes.

Il semble bien, à la vérité, que Thèbes ne fut pas touchée par eux[2]. C'est là que se réfugièrent les restes de l'indépendance nationale ; c'est de là que partit le mouvement de résistance, qui, peu à peu, après une lutte bien des fois reprise et bien des fois abandonnée, finit par chasser les étrangers ; mais pendant plus de

[1] De Rougé dans Brucsgh, *Hist. d'Égypte*, p. 69.
[2] Mariette, *Karnak*.

deux siècles, les embellissements des villes et les grandes constructions furent délaissées.

Le premier des rois conquérants, Ahmès Ier, reprit la tradition ancienne, répara les temples des Dieux et rouvrit solennellement les carrières. Ses successeurs suivirent ses traces et, tandis que les bataillons égyptiens s'ébranlant lourdement commençaient la période des conquêtes et allaient porter la terreur jusqu'aux frontières de la Syrie d'une part, jusqu'à celles de la Nubie de l'autre, Thèbes, enfin, sous les rois de la dix-huitième et de la dix-neuvième dynastie, atteignait le plus haut degré de sa splendeur. C'est la grande époque des Amenophis, des Ramsès (le Sésostris des Grecs) et des Seti. Ce sont ces princes qui furent les véritables constructeurs de Thèbes. C'est à leur époque qu'il faut se placer pour donner de cette ville un tableau qui reproduira, en quelque sorte, la grande impression que dut faire, sur les visiteurs étrangers, l'aspect de la puissante capitale.

Avant d'entrer dans cette description, donnons en raccourci le récit des conquêtes des princes de la dix-huitième et de la dix-neuvième dynastie. La puissance de leur domination sera en quelque sorte la mesure de la splendeur de leur capitale.

Les premiers rois de la dix-huitième dynastie, Thoutmès Ier, Thoutmès II et sa femme et sœur Hatasou, qui dirigea les affaires sous son règne, avaient ouvert à la domination égyptienne les frontières de la Syrie et de l'Arabie. Sans établir une domination durable leurs incursions avaient jeté au loin la terreur du nom égyptien et préparé les triomphes de leurs successeurs. Le premier en date et l'un des plus redoutables par son habileté politique et sa vaillance fut Thoutmès III. C'est lui qui réprima dans une rapide campagne la révolte des nouveaux sujets de l'Égypte.

Nous avons le récit de la bataille dans laquelle, par une habile manœuvre déconseillée par ses officiers, il

nit en fuite sans effusion de sang la formidable armée es Syriens révoltés ; c'est de lui dont il est dit dans es stèles de Thèbes : « Je suis venu, lui dit le dieu mmon ; je t'accorde d'écraser les princes de Frahi ; e les jette sous tes pieds[1] à travers leurs contrées ; je leur fais voir ta majesté telle qu'un seigneur de lumière, lorsque tu brilles sur leur tête comme mon image. — Je suis venu, je t'accorde d'écraser les barbares d'Asie, d'emmener en captivité les chefs des tribus des Routennou ; je leur fais voir ta majesté couverte de ta parure de guerre, quand tu saisis tes armes, sur le char. — Je suis venu, je t'accorde d'écraser la terre d'Orient. Kewa et Asi sont sous la terreur ; je leur fais voir ta majesté comme un taureau jeune, ferme de cœur, muni de ses cornes, auquel on n'a pu résister. — Je suis venu, je t'accorde d'écraser les peuples qui résident dans les iles ; ceux qui vivent au sein de la mer sont sous ton rugissement ; je leur fais voir ta majesté comme l'hippopotame seigneur de l'épouvante sur les eaux, et qu'on n'a pu approcher..... (et après une longue énumération qui se poursuit ainsi ; le poète termine son ode en ces termes flatteurs pour la famille royale tout entière) : « Je suis venu ; je t'accorde d'écraser les barbares de Nubie ; jusqu'au peuple de Pat, tout est dans ta main ; je leur fais voir ta majesté semblable à tes deux frères dont j'ai réuni les bras pour assurer ta puissance[2]. »

Après la mort de ce grand roi, qui ne régna pas moins de cinquante-quatre ans, ses quatre successeurs immédiats maintinrent l'Égypte au degré de gloire où il l'avait élevée. Ils poussèrent même leurs conquêtes

[1] Il y a une allusion fréquente à cette formule de victoire dans les statues représentant les rois d'Égypte. Les peuples qu'ils ont vaincus sont décrits et représentés généralement sur le socle de la statue qui les supporte. V. entre autres les pieds colossaux du roi Aménophis III, au musée du Louvre. A. 18. C'est exactement l'expression de la Bible : « Que tes ennemis soient l'escabeau de tes pieds. »

[2] Mariette.

jusqu'à Ninive qui dut leur payer tribut : de toutes ces expéditions ils ramenèrent force prisonniers qui, comme nous le verrons, ne contribuèrent pas peu à l'embellissement de toute l'Égypte et à la gloire de Thèbes en particulier.

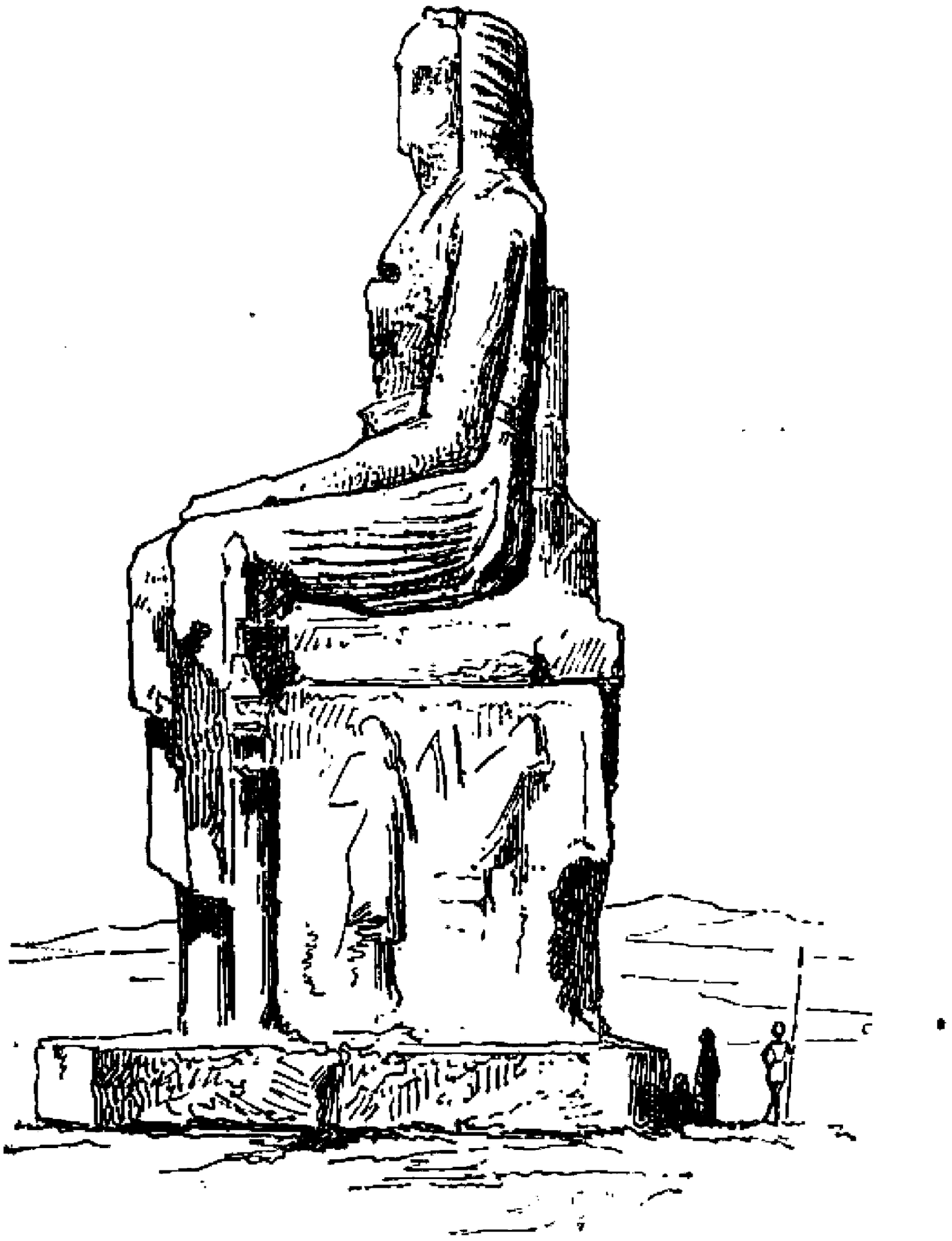
Ils travaillèrent à l'Assassif, à Medinet-Habou, à Deir-el-Bahari, où la reine Hatasou fit peindre et sculpter en détail sa campagne contre l'Arabie.

Le plus célèbre d'entre eux fut Amenhotep III, le Memnon des Grecs ; c'est lui qui fit élever au sud de Karnak, à l'endroit nommé aujourd'hui Louqsor, un temple consacré au dieu Ammon, qui peut passer à bon droit pour un des chefs-d'œuvre de l'art égyptien. A la porte de ce temple s'élevaient, et aujourd'hui encore au milieu des ruines s'élèvent deux énormes colosses de pierre représentant chacun un Pharaon assis, les mains sur les genoux, dans une attitude de repos. L'un d'entre eux est celui qui fut si célèbre dans l'antiquité sous le nom de statue de Memnon.

On racontait que cette statue était l'image d'un roi égyptien, fils de l'Aurore, qui combattit avec les Troyens contre les Grecs, et qu'Achille sacrifia aux mânes de Patrocle. On ajoutait qu'aux premiers rayons du soleil, l'image, baignée des larmes de l'Aurore pleurant son fils, rendait des sons harmonieux. Ce fut dans toute l'antiquité romaine un but de pèlerinage et même un objet de dévotion que cette statue miraculeuse ; des empereurs lui rendirent hommage ; des poètes la chantèrent. Bien des inscriptions gravées sur le socle même de la statue attestaient que devant les visiteurs la statue avait chanté.

Cependant vers le temps de Septime-Sévère la voix se tut. Aujourd'hui, c'est en vain que le voyageur prête une oreille attentive ; la statue est muette. « Je ne nie pas, écrivait de Thèbes même, Champollion le jeune, la réalité des harmonieux accents que tant de témoins affirment unanimement avoir entendu moduler par le

merveilleux colosse, aussitôt qu'il était frappé des premiers rayons du soleil; je dirai seulement que, plusieurs fois, assis, au lever de l'aurore sur les immenses genoux de Memnon, aucun accord musical sorti de sa bouche n'est venu distraire mon attention du mélanco-



Colosse de Memnon.

lique tableau que je contemplais, la plaine de Thèbes, où gisent les membres épars de cette aînée des villes royales. »

Quels sont les faits historiques que cache cette gracieuse légende? Champollion-Figeac, en s'aidant des travaux de Letronne, sans en accepter les conclusions

les a résumés ainsi qu'il suit : 1° deux colosses firent partie du magnifique édifice que le roi Amenophis (Amenhotep III) fit élever à Thèbes; 2° ces colosses, selon l'usage, représentaient le roi lui-même et portent encore son nom ; 3° ils subirent comme tous les autres monuments de l'Égypte les effets du temps et des invasions étrangères ; 4° un tremblement de terre, l'an 27 avant l'ère chrétienne, brisa celui des deux colosses qui est placé vers le nord et en détacha la partie supérieure ; 5° quelques années après, il était bruit dans le pays des sons que rendait au lever du soleil la partie de la statue restée en place ou le socle qui la portait; 6° dès le règne de Néron la réputation de ce phénomène était généralement répandue et attirait les curieux de toute condition ; 7° dès cette même époque la statue parlante fut considérée comme étant une figure de Memnon, fils de Tithon et de l'Aurore, qui saluait sa mère de sa voix miraculeuse tous les jours au lever du soleil ; 8° à l'intérêt qu'excita cette merveille il se mêla bientôt un caractère religieux envers le héros d'Homère, le demi-dieu d'Hésiode, le roi de l'Orient ; l'admiration le divinisa et lui offrit des libations et des sacrifices ; 9° la statue mutilée fut restaurée par Septime-Sévère et sa voix merveilleuse ne se fit plus entendre ; le prodige et les chants cessèrent aussitôt. Ce fut l'époque fatale à bien des oracles antiques, et l'empereur voulut en vain opposer les miracles de Memnon à ceux du christianisme ; on pensait que la statue restaurée devait posséder une voix bien plus harmonieuse, rendre de véritables oracles : on fit disparaître le phénomène parce qu'on en ignorait la nature.

Voici l'explication naturelle qu'a donnée la science

nuit avaient couvert sa surface, et ils achevaient ensuite de dissiper celle dont les surfaces dépolies s'étaient imprégnées. Il résultait de la continuité de cette action que des grains ou des plaques de la pierre cédant ou éclatant tout à coup, cette rupture subite causait dans la pierre rigide et un peu élastique un ébranlement, une vibration rapide qui produisait ce son particulier que faisait entendre la statue au lever du soleil. »

Telles sont les traditions qui se répètent, telles sont les discussions qui s'élèvent encore aujourd'hui après plusieurs milliers de siècles autour du monument qu'avaient construit les rois de la dix-huitième dynastie. Telle est la longue durée de gloire que peut-être n'aurait pas osé espérer le constructeur Amenophis.

Malheureusement, sous les héritiers de ces glorieux Pharaons les traditions de gloire s'éteignirent; pendant plusieurs règnes l'espoir de la conquête et des arts s'arrêta. Thèbes même, sous le fanatique Kounatès, perdit un instant le rang de capitale. Sa splendeur ne devait reprendre et briller cette fois d'un éclat suprême qu'à l'avènement de la dix-neuvième dynastie.

Ramsès Ier, originaire de la basse Égypte, la fonda; son fils Séti (le Sethos des Grecs)[1] la consolida par ses conquêtes et par son mariage avec la fille des anciens rois; il prépara en un mot l'avènement de son glorieux fils Ramsès II, le Sésostris tant vanté des légendes grecques, le Napoléon des siècles anciens.

D'après Hérodote et Diodore de Sicile ce héros aurait rangé sous sa domination la moitié de l'Afrique, de l'Asie, et aurait même poussé jusqu'en Europe; il aurait semé de stèles à sa louange et de ses statues triomphales les contrées de l'Arabie, de la Syrie, de l'Asie Mineure et du Haut-Nil, qu'il aurait parcourues

[1] Les exploits de Sethos sont gravés sur un des murs du grand temple de Karnak. — V. Rosellini, III, 1, 320.

en vainqueur. Comme plus tard Alexandre il aura poussé jusqu'aux Indes ; comme Darius il se serait mesuré avec les Scythes ; et ce même Darius aurait fait l'aveu, quand il vint en Afrique plus tard, que sa statue n'était pas digne d'être posée auprès de celle de Sésostris dans les temples égyptiens. Ces récits sont en partie démentis, en partie confirmés par la lecture des nombreuses inscriptions que Ramsès a laissées.

Il n'est certainement pas un roi égyptien sur lequel nous ayons plus de renseignements; pas un qui ait élevé d'édifices plus nombreux et plus importants; pas un qui se soit plu davantage à faire graver son royal cartouche sur des monuments destinés à aller à la plus lointaine postérité.

Son histoire peut donc être reconstruite avec précision. Les premières années de son règne furent consacrées à des guerres contre les peuples nègres de la Nubie. Dans un temple construit dans ces régions on voit l'expédition représentée dans une série de tableaux. Le roi seul debout sur son char de guerre, l'arc bandé, se jette dans des masses de nègres armés de très longs arcs, vêtus de peaux d'animaux que les coursiers du roi foulent aux pieds. Les vaincus s'enfuient vers leurs villages, dans une vallée qu'ombragent des cocotiers auxquels grimpent des singes. Des femmes et des enfants viennent au-devant, tout affligés. Puis on amène au Roi les prisonniers et le butin. Ce sont des chefs et des nègres enchaînés qui portent des dents d'éléphant et du bois d'ébène, qui conduisent des tigres, des lions, des panthères, des antilopes, des gazelles, des autruches, et une girafe c'est-à-dire un animal de l'intérieur de l'Afrique. Les inscriptions disent que « le roi dans la première et la seconde année de son règne a pénétré au cœur des neuf peuples et dispersé la race des Cousch [1]. »

[1] Rosellini *Mon. Stor.*, III, II., 10-12; 24.

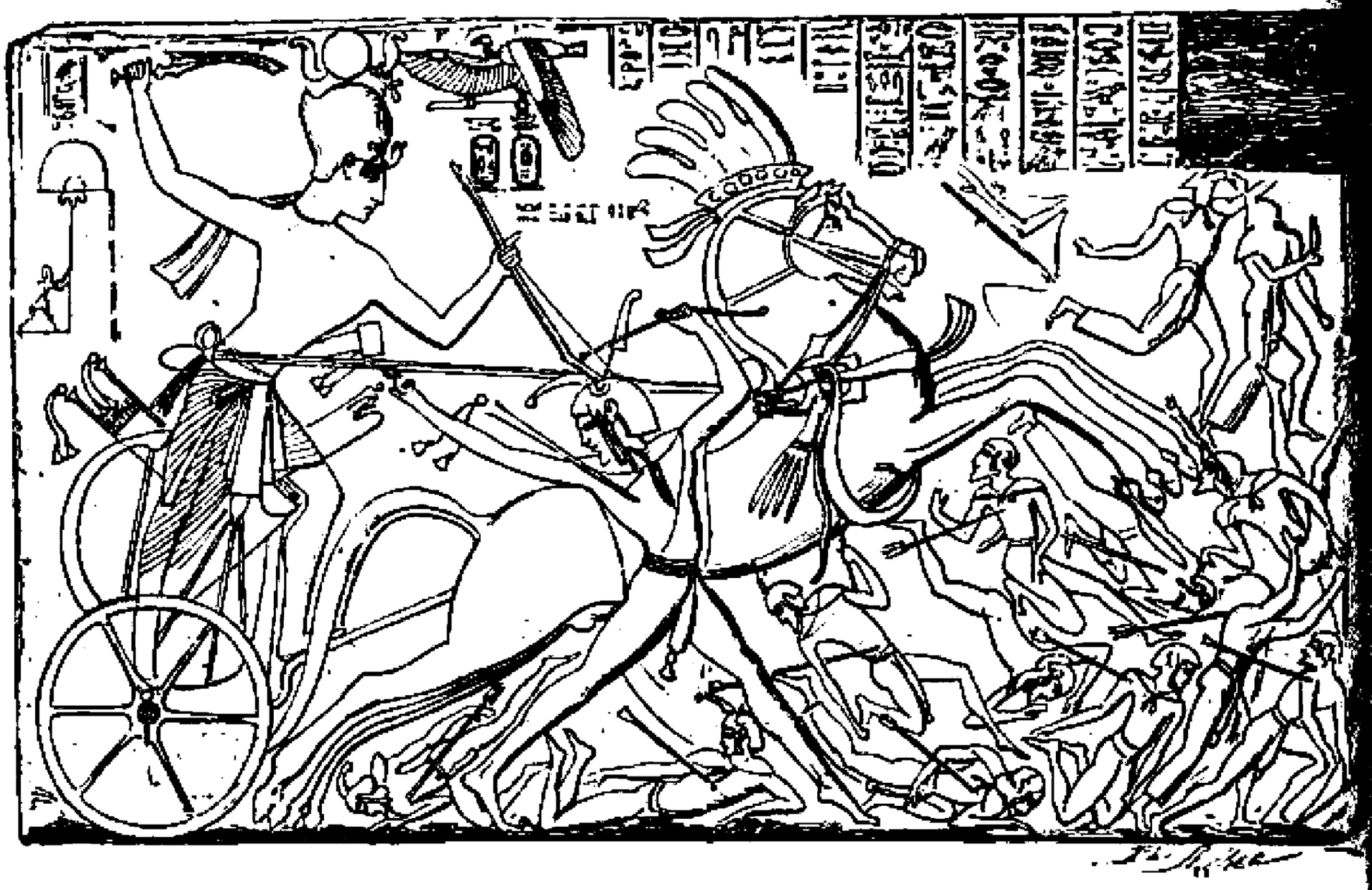
Ce succès comme on le voit fut grand, mais il fut in d'égaler la célèbre campagne de Ramsès en Syrie ontre la coalition à la tête de laquelle se trouvait le rince des Khétas.

Tous les peuples de la Syrie, une bonne partie de eux de l'Asie Mineure, les gens de Kati, de Kadès, e Karkemish et d'Arad, jusqu'aux Pardaniens, jusu'aux Mysiens, jusqu'aux Lyciens, jusqu'aux Troyens 'Illion s'associèrent dans cette levée d'armes contre e Pharaon. Le bruit des richesses de l'Égypte excilait toutes ces convoitises et ramassait ce troupeau de oups. Leur prince était un habile homme de guerre. ls s'avancèrent vers l'isthme de Suez; Ramsès ne les laissa pas approcher davantage; il accourut avec ses légions qui portaient chacune le nom d'un des dieux nationaux, Ammon, Phra, Pthah et Souteckh. Lui-même marchait en avant à la tête de sa garde. Mais il fut trompé par les habiles dispositions de l'ennemi. Sous les murs de Kadesh il fut attaqué à l'improviste, son armée coupée en deux, la légion de Phtah écrasée et lui presque seul au milieu du gros de l'armée ennemie.

C'est dans ce moment suprême que le héros prêt à se jeter dans la mêlée et à vendre chèrement sa vie élève son âme vers les dieux qui semblent l'abandonner. Écoutons le poète contemporain, qui raconte cette glorieuse journée :

« Mes archers et mes chars m'ont abandonné; aucun d'eux n'est là pour combattre avec moi. Quelle est la volonté de mon père Ammon? Est-ce un père que celui qui renie son fils? Est-ce moi qui me suis confié en mes pensées? Ne me suis-je point mis en campagne sur ta parole? N'est-ce point ta bouche qui a dirigé mes expéditions, ton conseil qui les a guidées. Ne t'ai-je point donné des fêtes solennelles, brillantes, nombreuses et n'ai-je point rempli ta maison de mon butin? Je t'ai élevé des temples en pierres de taille, je tire des obélisques d'Éléphantine et je fais venir des pierres éter-

nelles afin de te bâtir une demeure qui durera de milliers d'années. Je t'ai immolé trente mille taureaux avec des herbes odoriférantes et toutes sortes de parfums les grands vaisseaux voguent pour toi sur la mer afin de t'apporter les tributs des peuples. Pareille chose est-elle jamais arrivée ? Honte à celui qui résiste à ta volonté salut à celui qui te comprend ! Je t'invoque Ammon ! Je suis seul devant toi au milieu de peuples inconnus.



Le roi Ramsès dans la bataille.

« Mes archers et mes chars m'ont abandonné tandis que je les appelais ; aucun d'eux n'a entendu ma voix quand je criais au secours. Mais je préfère Ammon à des milliers d'archers, à des millions de chars de guerre. Les multitudes des hommes ne sont rien. Ammon l'emportera sur eux.

« Ma voix a retenti jusque dans Hermonthis, Ammon vient à mon invocation : il me donne la main, je pousse un cri de joie ; il parle derrière moi. « J'accours à toi, ô Ramsès Meiamoun, je suis avec toi. C'est moi, ton père ! Ma main est avec toi et je vaux mieux pour toi que des centaines de mille. Je suis le seigneur de la force aimant

vaillance; j'ai trouvé un cœur courageux et je suis
sfait. Ma volonté s'accomplira. »

« Pareil à Mouth, de la droite, je lance des flèches; de
gauche je bouleverse les ennemis, je suis comme Baal
son heure, devant eux. Les deux mille cinq cents
ars qui m'environnent sont brisés en morceaux devant
es cavales. Pas un d'entre eux ne trouve sa main pour
mbattre; le cœur manque dans leur poitrine et la
ur énerve leurs membres; ils ne savent plus lancer leurs
its et ne trouvent plus de force pour tenir leurs
nces. Je les précipite dans les eaux comme y tombe le
ocodile; ils sont couchés sur la face l'un sur l'autre
je tue au milieu d'eux. Je ne veux pas qu'un seul
garde derrière lui ni qu'un seul se retourne. Celui
ui tombe ne se relèvera pas. »

Ainsi l'intervention de la divinité et surtout le carage héroïque de Ramsès, rétablissent les affaires compromises par la défaite des légions et par la lenteur e l'arrière-garde. Ramsès après la victoire se retourne ur le gros de l'armée encore enveloppée par les ennemis; il la dégage, rassemble ses généraux et les ccable de reproches; c'est ici un des plus beaux passage du poème du Pentaour :

« Que dira la terre entière[1], lorsqu'elle apprendra ue vous m'avez laissé seul, et sans un second; que pas n prince, pas un officier de chars ou d'archers n'a oint sa main à la mienne? J'ai combattu, j'ai repoussé es millions de peuples à moi seul. Mes grands chevaux ont *Victoire à Thèbes* et *Noura satisfaite*; c'est eux seuls ue j'ai trouvés sous ma main quand j'étais seul au milieu des ennemis frémissants. Je leur ferai prendre moiême leur nouriture devant moi chaque jour, quand je erai dans mon palais, car je les ai trouvés quand j'étais u milieu des ennemis, avec le chef Menna mon écuyer, t avec les officiers de ma maison qui m'accompagnaient

[1] L'Égypte

et sont mes témoins pour le combat : voilà ceux que j'ai trouvés. Je suis revenu après une lutte victorieuse et j'ai frappé de mon glaive les multitudes assemblées. »

Cette grande victoire assura la paix à l'Égypte pendant la fin du règne de Ramsès. Ce roi mit à profit la tranquillité qu'il s'était assurée et utilisa les prisonniers qu'il avait ramenés de ses expéditions, en couvrant l'Egypte de palais, de temples et de tous les monuments de la paix.

Ce fut un grand constructeur ; M. Mariette dit de lui qu'il n'existe peut-être pas en Égypte une ruine importante qui ne porte son nom. Il poussa même le désir de perpétuer sa gloire jusqu'à un excès dont l'Égypte dut se sentir accablée. Il n'est pas croyable que les prisonniers étrangers si écrasés de corvées que nous les montrent les récits des Hébreux, aient pu suffire à tant de travaux. Le peuple d'Égyte dut apporter à leur exécution une bonne part de fatigues et de sueurs.

Ramsès II n'en est pas moins resté le plus populaire de tous les Pharaons ; il a obtenu le résultat qu'il avait poursuivi si ardemment : son nom aujourd'hui est encore dans toutes les bouches. Les légendes et les vanteries racontées à Hérodote par les prêtres de l'Égypte au sujet de leur Sésostris ont été longtemps et sont presque encore aujourd'hui la seule histoire officielle de ce vaniteux Pharaon.

Thèbes, surtout, profita du goût de Ramsès II pour les constructions. Elle se revêtit bientôt d'une nouvelle splendeur ; il agrandit le temple d'Aménophis III à Louqsor, et planta devant l'entrée deux superbes obélisques en granit rose, couverts de hiéroglyphes et d'images en son honneur.

Le plus beau des deux est maintenant à Paris, sur la place de la Concorde ; l'autre est seul, là-bas, dans le désert, et montre encore aux descendants des Égyptiens, qui ne peuvent plus les lire, les glorieux récits de leur ancienne histoire que les hommes d'Occident sont venus

déchiffrer. L'enlèvement de l'obélisque et son installation sur une des places de notre Paris, n'est-il pas un juste tribut de la reconnaissance que doit la vieille Égypte à la patrie de Champollion ?

Ramsès II mit aussi la main au grand temple de Karnac, que son père avait commencé et dont nous aurons l'occasion de détailler plus loin les merveilles. Enfin, c'est lui qui construisit sur la rive gauche du Nil, ce fameux tombeau du roi Osymandias que l'antiquité plaça au nombre de ses sept merveilles, dont Diodore nous a laissé une description si enthousiaste et que la science moderne a retrouvé dans les ruines du monument nommé *Ramesséion*, du nom de son fondateur.

A la mort de Ramsès II, cinquante ans de troubles intérieurs et de guerres civiles firent prévoir à l'Égypte que le moment de la décadence n'était pas éloigné. C'est au milieu de ces discordes que les esclaves amenés d'Asie commencèrent à lever la tête et à songer à rejeter le joug qui les avait écrasés jusque-là. Une bonne partie d'entre eux, originaires de la Palestine, se rassemblèrent sous les ordres d'un sage, instruit dans tous les mystères de la science et de la religion égyptienne. Il les constitua en corps de nation, leur donna des lois et les emmena hors de l'Égypte, du côté du désert. Ce sage se nommait Osarsyph ou Moïse, et cette histoire est celle de l'*Exode*, ou fuite du peuple hébreu.

Un prince guerrier, un nouveau Sésostris, avec qui on l'a confondu souvent, Ramsès III, releva bientôt l'Égypte, et lui assura, pour quelque temps encore, la domination sur l'Éthiopie et la Syrie, la paix au dedans, et le respect jusque chez les peuples les plus éloignés. Il battit plusieurs fois encore ces éternelles coalitions de Khétas qui se renouvelaient sans cesse et profitaient de la moindre faiblesse des Égyptiens pour pénétrer sur son riche territoire et y faire de terribles razzias. Ils venaient par terre et par mer ; et la surveillance des côtes ne deman-

dait pas moins d'attention et de dépenses que celle de l'isthme et du continent.

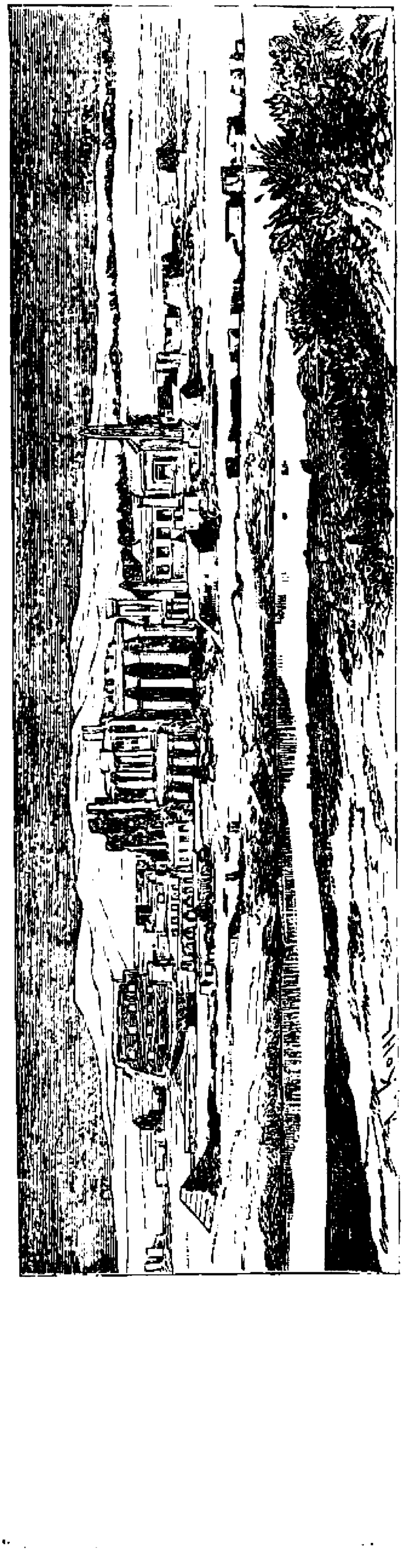
Aussi le monarque ne pouvait plus même songer à quitter les régions de la Basse-Égypte. C'est dans les environs du Delta qu'il établit sa résidence habituelle. Thèbes, qui était toujours le centre vénéré de la religion et des traditions égyptiennes, vit son importance politique diminuer de jour en jour. Cependant Ramsès III continua encore à l'embellir. Il éleva, près de Karnak, un temple au dieu de la lune Chounsou. Il ajouta au grand temple le petit sanctuaire d'Ammon. A Louqsor, il fit de nombreux embellissements et son cartouche se lit sur notre obélisque à côté de celui de Ramsès II ; enfin il construisit sur la rive gauche du Nil, à Medinet-Habou, deux palais qui, par l'élégance de la construction et la perfection des détails, ne le cèdent en rien aux monuments élevés par son illustre aïeul.

Après la mort de Ramsès III, la décadence, un moment arrêtée, s'abattit rapidement sur l'Égypte. Le temps des expéditions guerrières et des grandes constructions était passé. La force de l'ancien empire se dissipa peu à peu dans la mollesse et les luttes intestines. Des usurpateurs remplacèrent sur le trône les rois vénérés de l'antique dynastie thébaine. Ces usurpateurs, pour se maintenir, appelèrent les Barbares. L'ère de l'asservissement commençait pour les Égyptiens, en même temps que Thèbes cessait de leur donner des rois.

Nous ne poursuivrons pas plus loin l'histoire de cette antique capitale. Souvent prise et reprise, pillée et rebâtie, quelquefois regagnant un reste d'influence, le plus souvent délaissée et tombant peu à peu dans une sorte d'oubli, elle ne retrouvera plus jamais la splendeur dont elle brillait sous les rois dont nous avons signalé la puissance.

Certes, plus d'un des rois postérieurs, même parmi

les étrangers, s'attachèrent à restaurer les monuments anciens, à les compléter quelquefois. Il n'est pas rare de trouver dans ces ruines les cartouches d'un Ptolémée ou même d'un empereur romain. Mais ce sont là des exceptions. Somme toute, Thèbes perd son rang de capitale dès la XXIe dynastie. Depuis ce temps, elle n'a fait que décroître; son histoire n'est plus celle de l'Égypte. C'est à cette époque ancienne qu'il convient de se placer pour rêver le spectacle idéal que présentait l'ancienne ville et qu'on essaye de reconstruire à tâtons à l'aide des ruines actuelles.



Ruines de Thèbes.

Imaginez-vous donc une ville immense, couvrant d'édifices publics et privés un espace de plusieurs milles carrés, par-

courue du nord au sud par le Nil, comme Paris l'est par la Seine. Toute la partie de la rive droite semble avoir été consacrée spécialement au culte des dieux et à la demeure des prêtres. La rive gauche, où la vallée s'élargit, embrasse les nombreuses habitations privées, les palais des rois et des temples encore. Au delà, dans une ceinture de collines qui couvre l'horizon de teintes bleuâtres, s'étagent les tombeaux des rois et les tombeaux des particuliers, *la Cité des Morts* [1].

Quoique Homère ait parlé avec admiration d'une merveilleuse ceinture de murailles qui entourait Thèbes, il semble que cette enceinte n'ait jamais existé. Diodore remarquait déjà que le poète ancien avait dû indiquer par ces mots les merveilleux pylones qui de leur masse fermaient les temples [2].

Chaque temple égyptien était, en effet, entouré d'une quadruple muraille. Elle avait pour objet de délimiter le terrain sacré, de le protéger contre toute agression extérieure et surtout de dissimuler, aux yeux des profanes, les cérémonies secrètes du culte et les mystères qu'on célébrait dans l'intérieur. Ces enceintes, réunies entre elles par d'interminables allées de sphinx, devaient donner à Thèbes l'aspect général d'une ville fortifiée ; les nombreux pylones qui servaient de portails s'élevaient à une hauteur démesurée. Ce sont là les *cent portes* de la légende homérique.

En remontant le cours du Nil, le premier monument important qui se présentait et qui, de loin, attirait l'œil par sa masse, la hardiesse de sa construction et l'importance de sa destination, c'était le grand temple du dieu national de Thèbes, d'Ammon. C'était vers ce temple que se dirigaient de préférence, dans les jours de fête, les files interminables des adorateurs du soleil ; c'est ce temple qui a pris aujourd'hui le nom du vil-

[1] V. Leipsius, *Denkm*, II.
[2] V. Mariette, *Karnak*, p. 5.

lage arabe construit sur ses ruines, c'est le *grand temple de Karnak*.

L'impression produite par les restes de la salle du temple est tellement forte, qu'il faut, sous peine de l'affaiblir, laisser parler un visiteur encore tout plein de l'émotion qu'il a ressentie : « Au risque de passer pour un enthousiaste ou pour un fou, dit M. Ampère, j'essayerai de donner une idée de la prodigieuse salle de Karnak et de l'impression qu'elle a produite sur moi. Imaginez une forêt de tours ; représentez-vous cent trente-quatre colonnes égales en grosseur à la colonne Vendôme, dont les plus hautes ont soixante-dix pieds de hauteur (c'est presque la hauteur de notre obélisque) et onze pieds de diamètre ; couverts de bas-reliefs et de hiéroglyphes. Les chapiteaux ont soixante-cinq pieds de circonférence. La salle a trois cents dix-neuf pieds de longueur, presque autant que Saint-Pierre de Rome, et plus de cent cinquante pieds de largeur. Il est à peine besoin de dire que ni le temps, ni les deux races de conquérants qui ont ravagé l'Égypte, les Pasteurs, peuple barbare[1], et les Perses, peuple fanatique, n'ont ébranlé cette architecture impérissable.

« Elle est restée exactement ce qu'elle était il y a trois mille ans à l'époque florissante des Ramsès. Les forces destructives de la nature ont échoué ici contre l'œuvre de l'homme. Le tremblement de terre qui a renversé les douze colonnes de la cour que je viens de traverser a fait, je l'ai dit, crouler le massif du grand pylone, qui me rappelait tout à l'heure une chute de montagne; mais les cent trente-quatre colonnes de la grande salle que je contemple maintenant n'ont pas chancelé. Le pylone, en tombant, a entraîné les trois colonnes les plus voisines de lui; la quatrième a tenu

[1] Nous avons vu plus haut que la science moderne était portée à rejeter de l'histoire la prétendue invasion des Pasteurs à Thèbes.

bon et résiste encore aujourd'hui à ce poids immense de débris. Cette salle était entièrement couverte ; on voit encore une des fenêtres qui l'éclairaient. Ce n'était point le temple, mais un vaste lieu de réunion destiné probablement à ces assemblées solennelles qu'on appelait des *panégyries*. L'hiéroglyphe dont ce mot grec semble être une traduction, se compose d'un signe qui veut dire *tout*, et d'un toit supporté par des colonnes semblables à celles qui m'entourent. Ce monument forme donc comme un immense hiéroglyphe au sein duquel je suis perdu. »

Tâchons, à l'aide de M. de Rougé et de M. Mariette, de déchiffrer les différentes parties de ce hiéroglyphe architectural. Il faut faire d'abord une remarque générale sur l'ensemble du massif de Karnak ; tout dans cet immense pâté de monuments se rattachait au grand temple que nous allons décrire ; les autres constructions partaient de lui et aboutissaient à lui.

Cependant, on ne peut pas dire que Karnak ait été construit tout d'une pièce, et même sur un plan unique une fois tracé ; il n'y a pas l'harmonie, la préoccupation de la symétrie et de l'ensemble qui existe, par exemple, dans notre Louvre, bâti, lui aussi, sous plusieurs générations des rois.

M. Mariette fait, à ce sujet, une observation qui jette sur la formule de l'art égyptien un véritable trait de lumière : « On pourrait supposer, dit-il, que cette confusion est un effet voulu par les architectes, dans le but de varier et de donner de l'imprévu à l'aspect extérieur de l'ensemble des édifices sacrés. Je m'étonnerais bien, cependant, que les constructeurs de Karnak aient eu cette pensée. Tout au contraire, le pêle-mêle des temples provient de leur profonde indifférence en matière de symétrie, et je dirai presque en matière d'art. Pour eux, un temple était parfait s'il était durable ; à certains égards, le beau n'était qu'un accessoire. »

Si le *durable* était, avant tout, l'idéal des architectes

Karnac (état actuel).

égyptiens, on peut dire qu'ils ont réalisé leur rêve dans le grand temple de Karnak, qui reste en partie debout après plusieurs milliers d'années d'abandon.

Ce grand temple donc, dont la description résume à peu près celle de tous les temples importants de l'Égypte, s'annonçait, en remontant du nord au sud, par une première allée de sphinx. Ces sphinx étaient jetés, comme en avant-garde, soixante mètres environ avant l'entrée principale. Quelques obélisques complétaient la figure de ce péristyle peu important. C'était comme un temps d'arrêt, un point de repère, où l'on pouvait avantageusement se placer pour jouir dans une contemplation religieuse de l'effet imposant de la masse du temple. De là, en effet, on découvrait en plein l'immense pylone qui servait de portail. Les restes de ce pylone, tels que nous les voyons aujourd'hui, datent, à ce qu'il semble, du temps des Ptolémées ; mais on a de fortes raisons de croire que la dynastie grecque n'a fait que réparer ou reproduire les constructions telles qu'elles existaient dès les plus anciens âges.

Ce pylône conduisait à une immense cour fermée de toutes parts par une enceinte en briques cuites au soleil. L'ensemble de cette enceinte, aujourd'hui presque détruite, était coupé par quatre portes monumentales qui, sur les divers côtés, donnaient accès dans l'intérieur.

Au milieu de cette cour, étaient debout (plus tard, sous la XXIVe dynastie), dix ou douze colonnes du plus bel effet. Elles étaient rangées six par six et s'élevaient fièrement dans les nues. En outre, dans deux des coins de cette immense cour deux temples avaient été construits, l'un par Sethos Ier, l'autre par Ramsès III. Tous deux, servant, en quelque sorte, d'accessoires gigantesques, consacraient la piété particulière que ces deux princes avaient pour le dieu adoré dans le grand temple.

Le grand temple, lui-même, s'ouvrait au fond de la

cour. Deux statues colossales en granit rose veillaient aux portes et représentaient l'image du constructeur, Ramsès le Grand. Sur les murs d'un petit vestibule qui les suit s'entremêlent et se surchargent les représentations des exploits des Ramessides. Suit enfin la porte dernière, la *très grande*, comme l'appellent les monuments anciens. Elle ne mesurait pas moins de 29m,50 de hauteur. C'était pour des géants qu'on l'avait taillée.

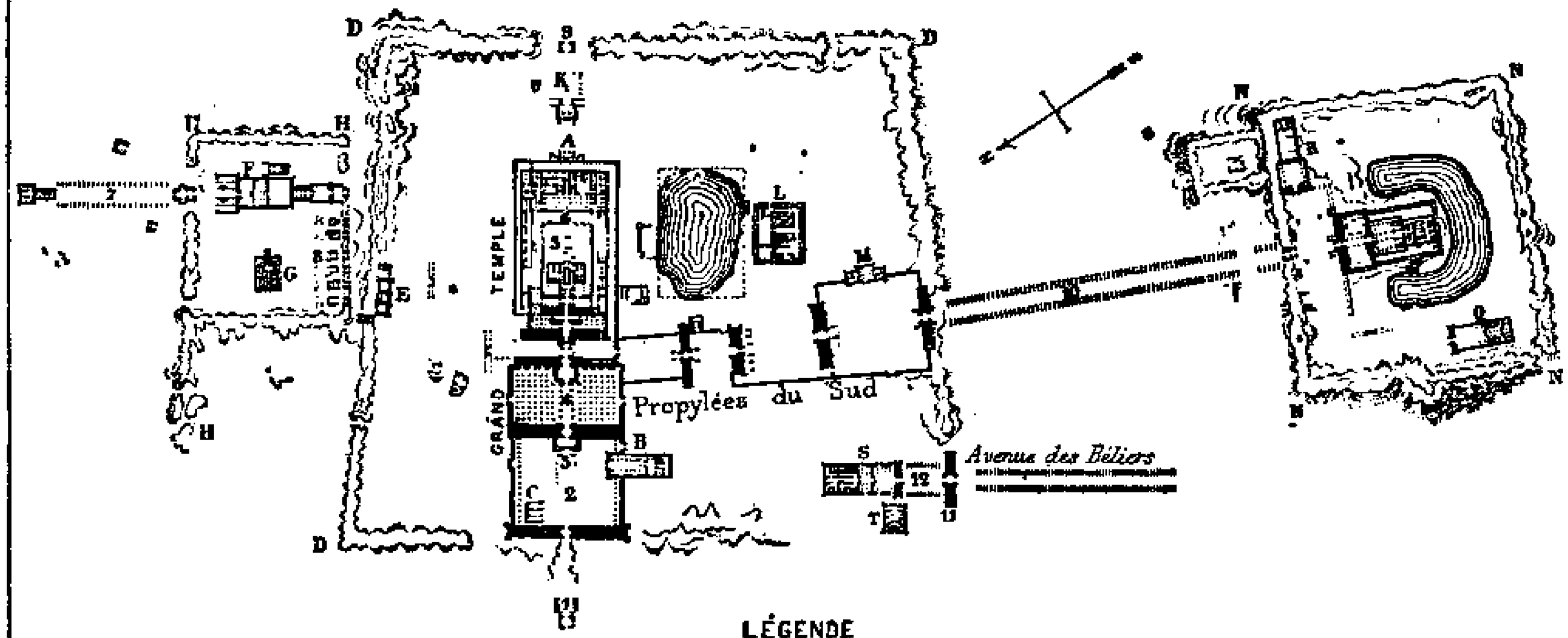
Comment ne pas s'arrêter ici un instant, pour essayer de donner à l'esprit écrasé un point de comparaison? Cette porte, construite par trois rois : Ramsès Ier, Sethos et Ramsès II, avait à peu près la taille de la porte de Saint-Denis. Et ce n'était qu'une partie d'un monument énorme. Elle ne faisait qu'annoncer les grandioses merveilles de la grande salle.

Après avoir franchi un nouveau pylône, que le tremblement de terre de l'an 27 a fait écrouler, on arrivait enfin dans cette salle hypostyle aux cent trente-quatre colonnes. Les murs d'enceinte portent, gravés en planches gigantesques, les exploits des Sethi et des Ramsès; ce sont leurs campagnes au Nord et au Sud ; ce sont leurs victoires en Asie et en Afrique, c'est le fameux poème du *Pentaour*, dont nous avons donné plus haut des extraits : défilés de prisonniers, processions en l'honneur d'Ammon, hécatombes d'offrandes, peuples entiers en prière, la confusion de la mêlée dans les batailles, l'ordre et la symétrie des peuples dans les marches triomphales, tels sont les tableaux qui se déroulent sur les murailles de cet autre Vatican.

Et au milieu s'élancent, pleines d'orgueil royal et d'effort surhumain, les cent trente-quatre colonnes qui portent aux pieds d'Ammon, comme une clameur triomphale, l'hommage de la reconnaissance et de la piété des Pharaons. Ramsès Ier, Sethi et Ramsès II furent les bâtisseurs de cet hymne monumental.

Il semble qu'après avoir décrit ces splendeurs l'on doive s'arrêter. Le narrateur, le lecteur se fatiguent à

PLAN DES RUINES DE KARNAK



LÉGENDE

A *Edifice de Thoutmès III.*
1 *Allée de Sphinx.*
2 *Grande Cour.*
B *Temple de Ramsès III.*
C *id. de Séti II.*
3 *Perron*
4 *Salle hypostyle.*
5 *Cour postérieure.*
6 *Porte Centrale.*
D *Enceinte générale.*
E *Temple de Phtah.*
F *id. d'Aménhotep III.*
7 *Avenue de Sphinx, du Nord.*
G *Temple ruiné.*
8 *Six petits temples.*
H *Enceinte du Nord.*
K *Restes d'un petit temple.*
9 *Porte monumentale.*
L *Construction à cellules*
M *Temple-reposoir.*
10 *Allée de Sphinx, du Sud.*
N *Enceinte du Sud.*
P *Temple de Mout.*
QR *Ruines de petits temples.*
11 *Propylône de Ptolémée Evergète.*
12 *Avenue de Sphinx.*
S *Temple de Khons*
T *id. de Ptolémée Evergète.*

Echelle.
0 50 100 150 200 Mètres

d'après Mariette-Bey

poursuivre l'énumération de ces incroyables beautés.... mais non l'architecte. Il a poursuivi, lui. Ce sont encore des colonnes, des labyrinthes de salles et de vestibules, des temples succédant à des temples, tout cela coupé, séparé, fermé par des obélisques, par des sphinx, par des pylônes gigantesques.

Traversons rapidement, arrivons enfin dans la cour intérieure, où se cachait loin des yeux du profane vulgaire le sanctuaire du dieu.

C'est ici la gloire de Thèbes, le temple vénéré des rois, celui qui attirait les files solennelles des adorateurs, dont les étrangers, regardant de loin les toits, interrogeaient avec respect les rares visiteurs. C'était là que se cachait l'animal sacré qui représentait la haute pensée des prêtres de l'Égypte. La vénération et le mystère l'entouraient.

Aujourd'hui, de ce sanctuaire il ne reste plus aucune trace. Quand tant d'autres splendeurs ont survécu, celle-ci, qui les dépassait et qui les motivait toutes, a disparu complètement.

Les fondations mêmes sont à peine visibles.

Quelle a été la cause d'une si complète destruction? Ici les paroles froides de l'archéologue et du savant, qui enregistre des faits qui peuvent se passer de commentaire, seront plus éloquentes que tout ce que l'on peut dire sur la vanité des choses humaines. « Nulle part, dit M. Mariette, la destruction n'a été plus complète. Les fondations elles-mêmes ont disparu, et c'est à peine si on lit encore aujourd'hui, le nom d'Usertesen Ier sur quelques fûts de colonnes, qui seuls ont échappé au désastre... On remarque que sur les colonnes le nom d'Ammon est martelé. Le sanctuaire avait donc traversé intact la période des Pasteurs et il était encore debout avant la fin de la dix-huitième dynastie. Mais comment a-t-il si complètement disparu, quand toutes les autres parties du temple sont relativement conservées? Thèbes a supporté plus d'un siège. Sennachérib, Cam-

byse, Ptolémée-Lathyre (sans compter ceux que nous ne connaissons pas) l'ont saccagée. Le sanctuaire est-il tombé sous les coups d'un ennemi victorieux qui, en le détruisant, a cru frapper Karnak au cœur ? Le calcaire dont il était construit, n'a-t-il pas plutôt été employé dans la construction des murailles et des fondations relativement modernes, et ne faut-il pas rendre *responsables de la destruction les entrepreneurs de fours à chaux?* Évidemment, cette cause suffit à expliquer la totale disparition d'un édifice qui n'a pour ainsi dire pas laissé de trace sur le terrain qu'il occupait et semble avoir été emporté minutieusement pierre à pierre[1]. »

Derrière la cour du sanctuaire se développait encore un nouveau système de salles et de vestibules que l'architecte semblait avoir élevé pour accompagner et préparer l'effet de la grande salle. C'était là que s'arrêtaient les processions et qu'elles se disposaient à la vénération dans le sanctuaire. Dans telle salle le roi venait adorer ses ancêtres. Telle autre était une sorte de chapelle consacrée au culte des éperviers, des crocodiles dont on a retrouvé les momies saintes.

Plus loin encore, après un nouveau petit temple s'étendait l'espace réservé aux eaux sacrées. Il y avait le lac qui servait aux jours des processions; là descendaient et circulaient les barques des prêtres. Leur marche lente autour du lac représentait soit la marche du soleil dans le ciel, soit l'entrée de l'âme dans le royaume des morts. Ce lac n'était alimenté autrement que par l'infiltration; aucun canal ne le faisait communiquer avec le Nil. Il avait été creusé de main d'homme et des quais superbes ornaient tous ses contours.

Les puits fournissaient l'eau employée pour les libations et pour les ablutions des prêtres.

Ainsi se complétait l'ensemble du grand temple.

[1] Mariette, *Karnak.*

Nous verrons plus loin quel était le chemin colossal qui le réunissait aux édifices de Louqsor.

Résumons donc notre impression.

Entassez l'un sur l'autre l'arc de triomphe de Constantin et la grande salle de Saint-Pierre de Rome; étendez en avant et en arrière les cours du Louvre et les bassins de Versailles; plantez devant les portes les obélisques qui ornent nos places et que nous avons ravis à l'Egypte; élevez l'une auprès de l'autre une forêt de colonnes presqu'égales en grosseur à nos colonnes *Vendôme* et de *Juillet;* bâtissez une immense enceinte qui enveloppe et protège cet amas de temples, de couloirs, de pylônes, de statues, de salles, de cours et de palais : vous aurez enfin une idée assez complète du grand temple de Karnak.

Et cependant les points de comparaison que vous fournissent les splendeurs des villes modernes ne vous auront pas suffi encore. Il reste une œuvre que rien n'égale et de laquelle nous n'avons pas dit un mot jusqu'ici : c'est l'immense allée de *mille sphinx* qui, longue de plus de deux mille mètres, reliait Karnak à Louqsor. Cette allée partait du flanc sud du temple et faisait ainsi régner l'*aire sacrée* sans interruption d'un bout des Apetu (Thèbes) à l'autre. L'allée avait vingt-trois mètres de largeur. De quatre mètres en quatre mètres, les sphinx étaient assis et regardaient avec leurs grands yeux mélancoliques et mystérieux passer la foule des adorateurs du Dieu. Aucun cartouche, aucune inscription ne révélait le nom du souverain dont la monumentale modestie avait étendu et déroulé aux portes du temple cette incommensurable prière.

Suivons à notre tour cette allée aujourd'hui presque entièrement disparue. En remontant le cours du Nil, nous arrivons à un nouveau massif de monuments. C'est *Louqsor*.

Louqsor, qui en arabe, veut dire les *Palais*, reproduit,

sans les égaler quelques-unes des splendeurs des constructions de Karnak. L'art à Louqsor est peut-être plus raffiné, plus élégant même, mais l'effort a été moindre et le résultat est moins imposant.

Ici encore se suivent et s'entremêlent en l'honneur d'*Ammon Ra*, les parties essentielles d'un temple égyptien, c'est-à-dire pylônes, cours, salles hypostyles et sanctuaires.

Deux souverains surtout s'étaient appliqués à la construction de cet édifice.

C'étaient Amenhotep III et Ramsès le Grand. Celui-ci ne fit que compléter les travaux de son prédécesseur. Mais il s'assura la meilleure part de la gloire en élevant à l'entrée du temple un portique du plus grandiose effet.

Ce portique se composait de deux pylônes très élevés sur lesquels se déroulait la suite des exploits de Ramsès. Entre ces deux pylônes était ménagée, une porte de plus de cinquante pieds de haut. En avant, quatre statues colossales de plus de quarante pieds de hauteur et taillées chacune dans un seul bloc de marbre de Syène représentaient le conquérant. En avant encore, on avait dressé deux obélisques dont le hardi pyramidion perçait les nues et attirait vers le ciel l'attention du pieux visiteur.

De ces deux obélisques l'un, comme nous l'avons dit déjà, est aujourd'hui sur la place de la Concorde. Il est haut de 70 pieds; son poids est de plus de 220 mille kilogr.; il reposait sur un dé de granit assez élevé. C'est une pierre monolithe sortie des carrières de Syène. Sur chacune de ses deux faces sont gravées en caractères d'une pureté admirable, des inscriptions en l'honneur de Ramsès II qui éleva le portique et de Ramsès III, qui l'acheva. Tous deux y sont mentionnés avec leurs titres ordinaires et en quelque sorte patronymiques de « *seigneur de la région d'en haut et d'en bas, fils des dieux et des déesses, seigneur du monde, soleil*

Entrée de Louqsor

gardien de la vérité, approuvé de Phré »; ou bien encore d' « *Aroéris puissant, ami de la vérité, roi modérateur, très aimable comme Thmon, étant un chef né d'Ammon, et son nom étant le plus illustre de tous.* »

Il n'était pas inutile d'insister quelque peu sur les obélisques du temple de Louqsor ; car outre l'intérêt que leur donne leur moderne destinée, il faut noter que chez les Égyptiens eux-mêmes, ces monuments passaient pour le type même de la construction, pour le monument par excellence. Ils représentaient un des attributs les plus mystérieux du dieu Ammon, et on les vénérait parfois comme symboles divins.

On trouve sur certains scarabées la scène suivante : c'est-à-dire un homme adorant un obélisque. C'est là un témoignage certain et confirmé plusieurs fois de l'importance que ces représentations monumentales avaient aux yeux mêmes des anciens Égyptiens [1].

L'importance des ruines de Louqsor est infiniment moins grande que celle de Karnak. Outre les causes de faiblesse relative qu'il y avait dans l'infériorité de la masse générale de l'édifice, l'usage qu'ont fait des pierres les habitants arabes du village de Louqsor pour élever leurs mosquées, et même leurs masures, a complètement défiguré l'ensemble des ruines. Les dépôts successifs du Nil, des arbres poussés, çà et là, les habitations éparses permettent à peine de retrouver quelque chose de la grande impression que dut faire le temple.

Même dans les parties qui subsistent, plus d'un fragment important, comme le grand quai sur le Nil, comme le nouveau sanctuaire en granit, sont d'une époque relativement moderne et doivent être attribués soit aux Lagides, soit même aux Césars.

Nous n'insisterons donc point sur la description du palais de Louqsor. Nous franchirons rapidement la vaste

[1] V. de Rougé, *Mélanges*, p. 105.

enceinte qui l'entourait et dont quelques restes apparaissent encore; et nous descendrons jusque sur les bords du Nil, dont les quais somptueux accompagnaient dignement l'ensemble des édifices qui couronnaient ses rives.

Il n'y avait pas de pont dans l'ancienne Thèbes pour passer sur l'autre bord. Des barques de toutes les grandeurs sillonnaient continuellement le fleuve, en descendaient ou remontaient le cours; depuis les fragiles canots de papyrus que les habitants du haut Nil portaient sur leurs épaules, aux endroits où les cataractes faisaient obstacle à la navigation, jusqu'aux bâtiments plus lourds, poussés par l'effort de dix ou douze rameurs, et destinés aux transports des marchandises ou des riches propriétaires. A l'arrière, une cabine élégamment aménagée servait de lieu de refuge, et sur le sommet était accroupi l'homme chargé de manier l'aviron servant de gouvernail. Quelques-uns de ces bateaux allaient à la voile. Mais la voile triangulaire dite *latine* n'était pas encore connue à cette époque et les monuments nous représentent toujours la voile carrée, aujourd'hui abandonnée presque partout [1].

[1] Les visiteurs de l'Exposition du palais du Trocadéro, en 1878, peuvent se souvenir des curieux *tableaux* qui s'y trouvaient exposés représentant les scènes les plus ordinaires de la vie des anciens Égyptiens. Le tableau 8 reproduisait les divers modèles de barques gravés sur les murailles des tombeaux de l'ancien Empire. Nous en empruntons la description au remarquable catalogue de Mariette-Bey (p. 55).

« Les barques en roseaux de papyrus paraissent au premier plan. Malgré leur fragilité, ces barques devaient s'aventurer quelquefois sur le grand Nil. Pline mentionne les barques que les habitants voisins des cataractes portaient sur leurs épaules pour leur faire franchir la partie du fleuve que la rapidité du courant rendait inaccessible. Ces esquifs, d'un transport si facile, devaient être, sans aucun doute, les barques en roseaux que nous trouvons ici.

« Le tableau nº 8 nous montre, à côté des barques en roseaux, des barques plus solides destinées au transport des denrées et des bestiaux. Nous en avons ici de curieux exemples. Ces barques sont, en général, mises en mouvement par un ou deux rameurs qui se tien-

Si nous mettons le pied sur la rive gauche du Nil, nous nous trouvons dans le milieu vraiment industriel, actif et laborieux de la grande capitale. Il semble, comme nous l'avons dit, que la rive droite était plutôt réservée aux cérémonies religieuses et aux maisons des champs. Ici, au contraire, se pressaient probablement ces maisons à plusieurs étages dont parle Diodore de Sicile. Ces mai-

nent debout à l'avant. Au centre de la barque sont amoncelés les produits à transporter. L'arrière, comme dans les canges modernes, est muni d'une cabine couverte, sur le sommet de laquelle est accroupi l'homme chargé du gouvernail.

« Des barques de même force étaient aussi employées non plus pour le transport des denrées, mais pour le transport des voyageurs les unes marchant à la voile, les autres à la rame. La voile latine triangulaire (la seule que l'on connaisse aujourd'hui en Égypte) ne se trouve pas à ce moment, et c'est la voile carrée qui est seule en usage. Les rameurs sont nombreux. On en compte habituellement de dix à douze sur chaque rang, ce qui porterait à vingt ou vingt-quatre le nombre des avirons dans chaque barque. Remarquez ici le mode employé pour donner au navire sa direction. L'aviron placé à l'arrière tient lieu de gouvernail. Il y a des barques qui ont à l'arrière deux rangs de rames, d'autres qui en ont trois ; on en trouve qui en ont jusqu'à cinq. Nous ne saurions dire si les Égyptiens ne se servaient pas du nombre de rames placées à l'arrière en guise de gouvernail pour exprimer, en une brève locution devenue familière à tout le monde, la force et la capacité de leur navire. Avec notre tableau, nous aurions ainsi, naviguant sur le Nil, des bâtiments à deux, trois, et à cinq rangs de rames.

« Comme scènes épisodiques, on remarquera les barques qui occupent le quatrième registre. Ici ce ne sont plus des denrées ou des voyageurs que les barques transportent. Au centre s'élève un édicule contenant la momie que l'on conduit à la nécropole. Des personnages dans la posture de la prière sont à gauche ; des serviteurs placés sur la rive tiennent la remorque ; un canot transporte une cuisse de victime destinée aux offrandes funéraires. A droite, représentation analogue. La barque est remorquée à la fois par des hommes placés sur la rive et par une autre barque plus petite. La momie est dans l'intérieur du coffre fermé.

« Le dernier registre donne lieu à une remarque que nous ne devons pas négliger. On y voit que les mariniers du Nil se servaient, non seulement de la rame (qui se manœuvre le dos du rameur tourné vers l'avant), mais aussi de la pagaie (qui se manœuvre le dos du pagayeur tourné vers l'arrière. »

sons, d'après le même auteur, étaient construites en brique; c'est ce qui explique, en dehors du long abandon et de la moindre importance des édifices, leur complète disparition.

De l'ancienne Égypte, il n'est resté debout que les maisons des Dieux, les maisons des Rois et les maisons des Morts. Les Dieux, les Rois et les Morts étaient l'objet des suprêmes vénérations et des plus extraordinaires efforts. L'Égyptien des anciens âges serait satisfait s'il pouvait voir les monuments qui leur étaient consacrés subsister seuls au milieu de la disparition complète de toute autre trace de l'ancienne civilisation.

Au rez-de-chaussée des maisons particulières, de nombreuses boutiques offraient au passant les divers produits de l'industrie et du commerce égyptien.

On y trouvait *les toiles de Byssus*, servant à l'habillement des Momies; les toiles de lin, taillées en forme de manteaux et ornées de franges en cordelettes; des cuirs maroquinés; des chaussures nommées *Tabtebs* en langue égyptienne, faites en feuilles de palmier tressées, et munies de cordons pour les lacer; des miroirs de métal ayant pour manche le buste de la déesse Hathor (Vénus); des ingrédients de toilette de toutes sortes, enfermés dans des coffrets richement ciselés; des anneaux de métal ou d'ivoire que l'on passait dans les oreilles; des représentations d'animaux, l'ibis, le scarabée, la grenouille, portées par les pieuses Égyptiennes comme nous portons l'agneau du Christ; des bijoux en lentisques, en œils, en grains, en olives, formés des pierres les plus précieuses, le jaspe, l'agate, la chalcédoine, le lapis, le grenat, le sardonyx, le granit; des serpents roulés en spirale pour servir de bagues, d'autres bagues chargées des camées d'Osiris, d'Isis et de Nephtis.

On y trouvait aussi tous les ustensiles domestiques, les outres, les coupes et les amphores; les vases à deux anses ornés de palmettes; les paniers en jonc ou en feuillage; les bassins en métal; les fauteuils et les

tabourets richement sculptés ; les armes, soit l'arc, soit les flèches, soit la lance.

Des parfums venant de l'Inde ou de l'Arabie ; des amulettes venant du centre de l'Afrique : des peaux de lion, de tigre ou de panthère ; des dents d'éléphant, des cornes de bœufs étrangers ; des albâtres, des onyx, en un mot tout ce que produisait l'Orient ou l'Occident, tout ce que pouvait rêver le luxe le plus inouï se trouvait réuni dans ces boutiques de la capitale et y provoquait les désirs des contemporains et des contemporaines des Pharaons.

Bon nombre de ces objets ont été retrouvés de nos jours par les patients fouilleurs de ces ruines. Ils donnent l'idée de la richesse des habitants de Thèbes, de la prospérité de ce commerce qui se pressait sur la rive gauche du Nil, comme les boutiquiers d'aujourd'hui s'entassent aux abords du Palais-Royal.

La rive gauche du Nil présentait d'ailleurs de nombreux avantages. La plaine qui s'étendait sur les bords du fleuve était assez large pour laisser au développement des édifices publics et privés un suffisant espace. Cependant, elle était protégée contre les vents du désert par une rangée épaisse de collines qui l'enveloppait d'un demi-cercle et en faisait comme un vaste hémicycle. Sur les premières rampes de ces collines pouvaient s'étager agréablement les palais, les maisons et les jardins. Sur les points plus élevés, au sein des arrière-chaines, plus âpres et plus tristes, pouvaient s'ouvrir dans le roc dur et éternel les portes nombreuses des tombeaux des particuliers et des rois.

En raison de ce double avantage, cette plaine se peupla rapidement. C'est là encore, en remontant du sud au nord, que nous trouverons les ruines imposantes de *Medinet-Habou*, du *Memnonium*, du *Ramesséion*, de *Kurnah*, et dans le fond, couronnant l'horizon, les murailles criblées de l'*El-Assasif* et les bouches innombrables de la *Vallée des Tombeaux*.

L'amas de Medinet-Habou, que nous trouvons tout d'abord, offre pour le visiteur studieux l'attrait d'une succession de ruines datées de toutes les époques. Sous les couches peu intéressantes formées par les restes des habitations privées qui se sont remplacées en cet endroit, on trouve bientôt écrits sur des pierres les noms des *Césars* de Rome (Antonin le Pieux), des *Ptolémées* de la Grèce (Ptolémée Soter II) et des *Pharaons* égyptiens de toutes les époques, depuis Nectanebo, jusqu'aux conquérants éthiopiens ; de ceux-ci au constructeur principal, Ramsès III ; de celui-ci enfin aux premiers fondateurs, Thoutmosis I et Thoutmosis III.

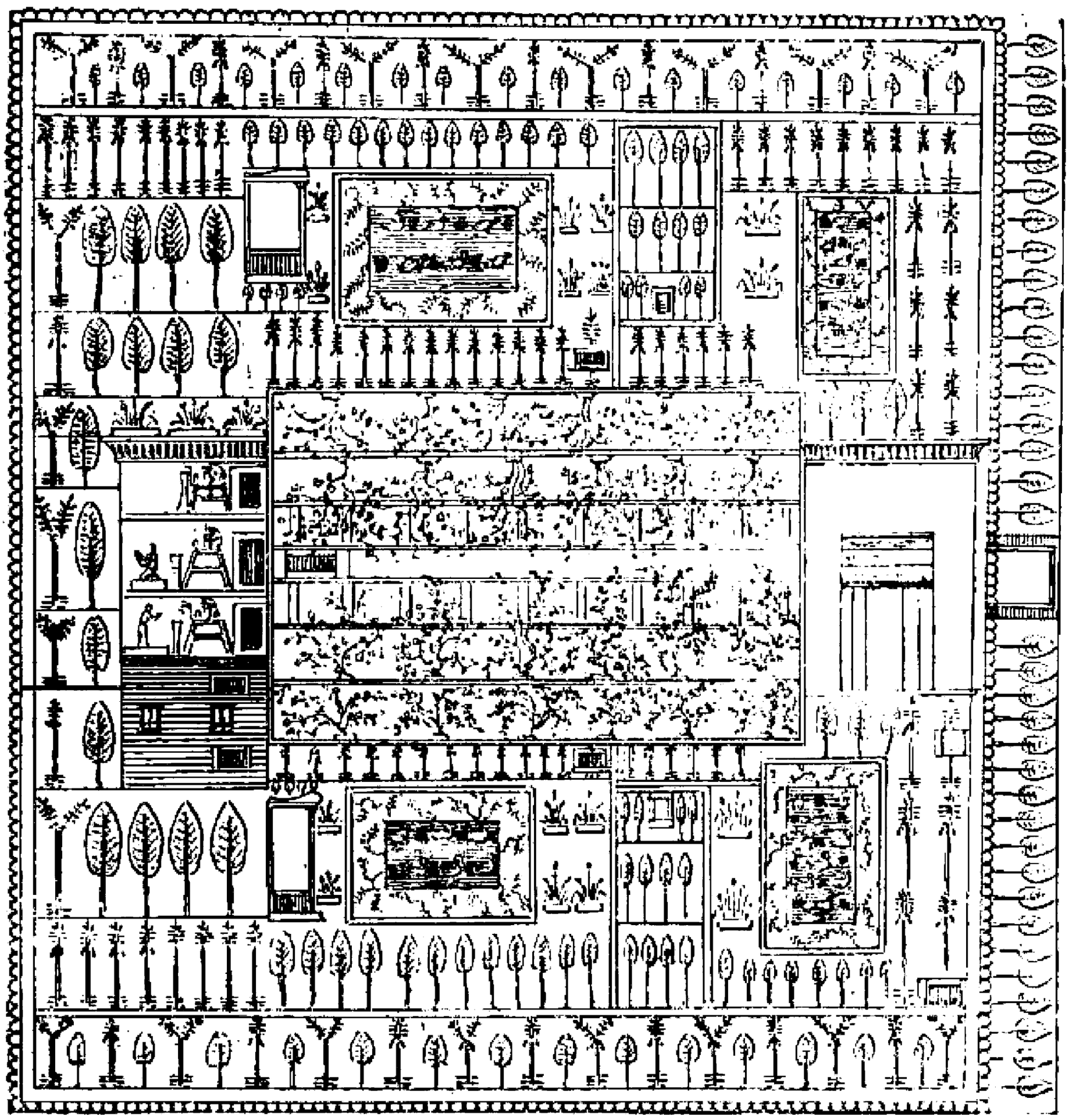
Nous nous occuperons seulement ici des constructions anciennes. Car, — comme on l'a déjà remarqué plusieurs fois, — l'introduction de l'influence grecque et romaine dans l'architecture et dans l'art égyptien, loin d'être une cause de progrès, fut au contraire un principe de déclin et d'affaiblissement.

Ni pour la pureté des formes, ni pour la solidité des constructions, ni pour l'élégance des œuvres de décoration et des hiéroglyphes, les œuvres modernes ne peuvent soutenir la moindre comparaison avec les monuments de la véritable ère des Pharaons ; et c'est vers les plus anciennes époques qu'il faut se reporter si l'on veut saisir dans sa véritable théorie et dans sa plus parfaite expression l'idéal artistique des Égyptiens.

La partie la plus curieuse, sinon la plus importante, des constructions anciennes à Medinet-Habou est un monument à plusieurs étages qui semble avoir servi d'habitation privée, à son constructeur, Ramsès III. C'est un des rares monuments subsistants qui puisse nous donner une idée — grandie encore — de ces sortes de constructions. C'était, à ce qu'il semble, le harem du roi. L'entrée regardait le Nil, le dos était tourné à la montagne. Des jardins analogues à celui que représente notre gravure, pouvaient facilement s'élever en étages jusqu'au pied des collines. Sur les

murs de l'intérieur étaient gravés des scènes domestiques.

On y voit le roi entouré de ses femmes, et de ses filles. Elles lui offrent des fruits et des fleurs ; ses enfants sont à ses pieds, il joue lui-même avec la reine une sorte de jeu analogue à celui des échecs.



Jardins d'Hathor.

Au centre de cet édifice dont la partie extrême et la plus élevée semblait réservée aux habitations privées, se développait une cour assez grande enfermée de toutes parts par des pavillons ou de hauts pylônes ; à l'intérieur de cette cour, des fenêtres et des balcons décorés avec beaucoup de goût, permettaient de jouir de la

fraîcheur et de l'ombre. Cette disposition se remarque encore dans la plupart des constructions de l'Orient. Sur les murs formant les parois, des scènes gravées dans la grande manière de cette époque détaillaient, une fois encore, les victoires du roi. Sa figure colossale, terrassant ses ennemis, attirait le regard et rappelait le respect dû, même dans cet asile, à la puissance et à la majesté royale.

A quelques mètres derrière ce palais s'élevait le temple que Ramsès III avait élevé au dieu Ammon en souvenir des victoires que la protection divine lui avait fait remporter. Peu s'en fallait que ce temple — l'un des types les plus remarquables de l'art égyptien aux bonnes époques, — n'égalât les splendeurs de l'autre rive.

La conception générale de l'édifice est simple; il se compose de deux cours d'inégale grandeur annoncées toutes deux par de superbes pylônes; la dernière étant la plus grande, la plus richement décorée était terminée par un massif de constructions aujourd'hui presqu'entièrement ruiné.

Les parties qui, aujourd'hui, restent encore presque entièrement debout (quelques-unes même enfouies sous le sol), sont les deux pylônes que nous avons déjà indiqués, et les murailles et portiques qui formaient les bas côtés des deux cours.

Le premier pylône qui est la porte d'entrée de l'édifice, a 21m,45 de hauteur. Sur chacun des deux massifs qui le forment, sont gravés en figures colossales les exploits de Rhamès-Mei'amoun dans la onzième et la douzième année de son règne; treize nations asiatiques d'une part, vingt-neuf de l'autre sont abattues par la force que lui a prêtée le dieu Ammon. Ammon-Ra a dit: « Mon fils, mon germe chéri, maître du monde, gardien de justice, ami d'Ammon, toute force t'appartient sur la terre entière; les nations du septentrion et du midi sont abattues sous tes pieds; je te livre les chefs des

contrées méridionales, conduis-les en captivité et leurs enfants à ta suite ; dispose de tous biens existant dans leur pays ; laisse respirer ceux d'entre eux qui voudront se soumettre et punis ceux dont le cœur est contre toi. » (C'est là justement la politique du Sénat romain résumée dans la formule de Virgile : *Parcere subiectis, debellare superbos*).

Sur les parois de la première cour d'autres exploits encore sont représentés. On a cru pouvoir reconnaître dans les peuples qui y figurent le type des races hindoues : cette identification ferait du Sésostris un autre Bacchus vainqueur des Indes. Sans pouvoir rien affirmer de précis à ce sujet, on ne peut cependant s'empêcher de reconnaitre que Ramsès III a lutté contre des peuples distincts des ennemis habituels et permanents des Égyptiens.

Au fond de cette cour s'élève un nouveau pylône, richement orné et partagé en deux massifs par une magnifique porte de marbre rose. Il donne accès à la seconde cour intérieure. Son aspect majestueux rappelle les merveilles de Karnak. « Là, dit encore Champollion, la grandeur pharaonique se montre dans tout son éclat, la vue seule peut donner une idée de ce péristyle, soutenu à l'est et à l'ouest par d'énormes colonnades, au nord par des piliers contre lesquels s'appuient des cariatides derrière lesquels se montre une seconde colonnade. Tout est chargé de sculptures revêtues de couleurs très brillantes encore ; c'est ici qu'il faut envoyer, pour les convertir, les ennemis systématiques de l'architecture peinte. Les parties des quatre galeries de cette cour conservent toutes leurs décorations. De grands et vastes tableaux sculptés et peints appellent de toute part la curiosité des voyageurs. L'œil se repose sur le bel azur des plafonds ornés de couleur jaune doré ; mais l'importance et la variété des scènes reproduites par le ciseau absorbe bientôt toute l'attention. »

Entrer dans le détail de ces scènes que Champollion

appelle à bon droit *héroïques* nous est malheureusement impossible: ce serait reprendre un à un et dans leurs détails les faits les plus intéressants de l'histoire et de la civilisation égyptienne à l'époque de Ramsès III. Indiquons seulement que l'objet principal de cette vaste décoration est la campagne entreprise contre les peuples de l'Asie par Ramsès-Méïamoun et la victoire navale à la suite de laquelle il leur imposa sa domination et les frappa de lourds tribus. Depuis l'enrôlement et l'armement des troupes jusqu'au retour et au triomphe du Pharaon, toutes les scènes importantes de la guerre sont figurées sur ces murailles. Leur étude n'a pas été d'un médiocre secours pour éclairer l'histoire et la généalogie passablement embrouillée des Pharaons de la XIXe dynastie.

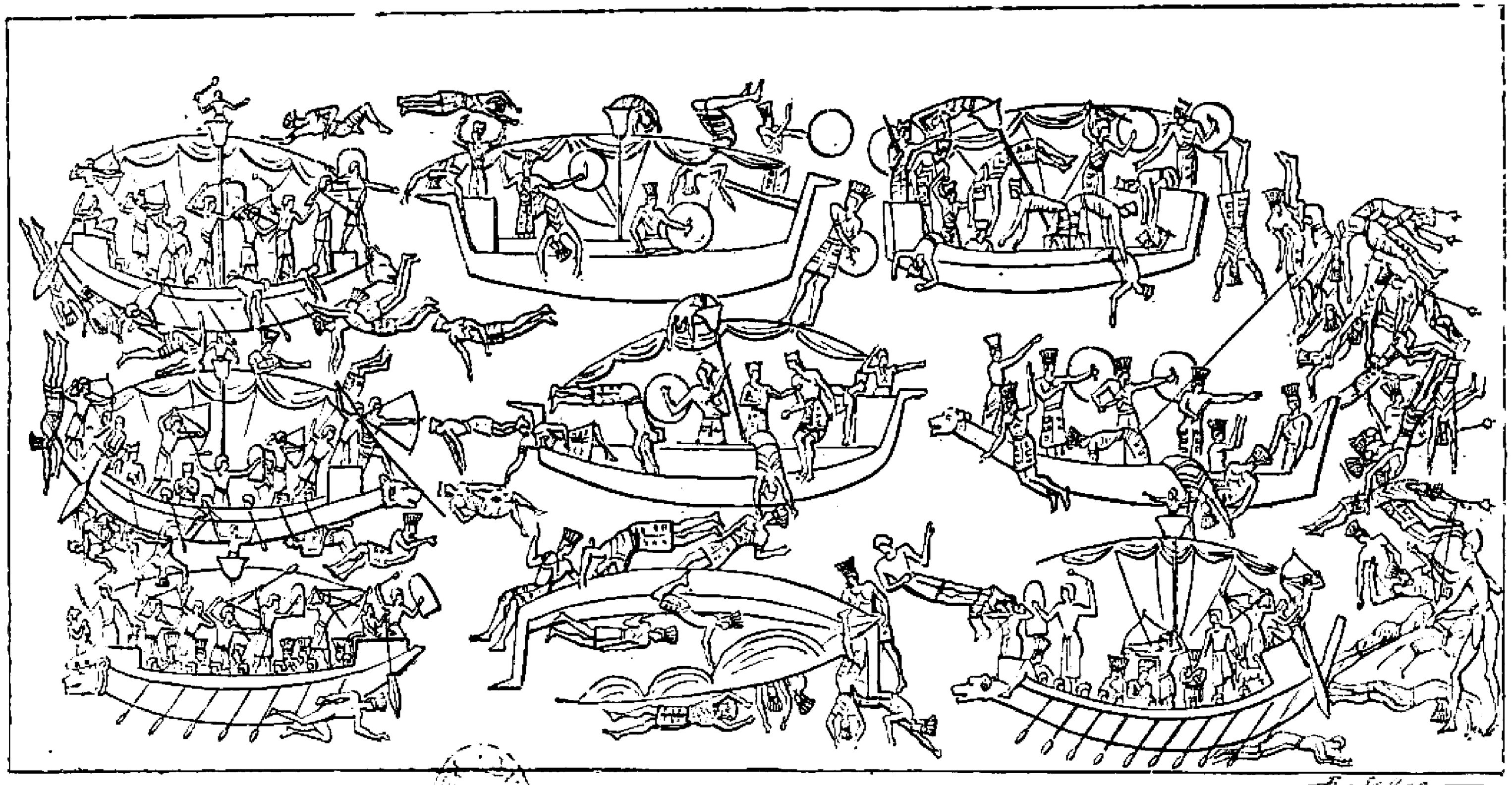
Quittons maintenant — quoique à regret — ce massif de Médinet-Habou qu'on a appelé avec raison le Karnak de la rive gauche; descendons de nouveau le cours du Nil, en nous rapprochant du fleuve.

D'autres splendeurs appelaient autrefois les visiteurs anciens.

Mais aujourd'hui quel changement!

De loin deux colosses assis dominent la plaine et attirent seuls notre attention. Ce sont les deux célèbres statues de Memnon, et leur présence indique la place du célèbre palais d'Amenophis, l'*Amenophion* ou *Memnonium*.

Ici, malheureusement, l'architecte avait employé la pierre calcaire et non le grès dur qui servit à Medinet-Habou. Les Barbares ont exploité cette vaste carrière si facile à détailler et à réduire en chaux. Leurs ignobles cahutes sont bâties avec les restes transformés des palais des rois; ils ont enlevé minutieusement, pierre à pierre, tout ce qui pouvait leur être de quelque utilité; et les voyageurs affirment qu'il en a coûté presque autant de peines pour démolir cet édifice qu'il en avait fallu aux constructeurs pour le bâtir. Cependant que



Combat naval contre les alliés de l'Asie Mineure.

de restes précieux pour l'archéologie et pour l'historien subsistent encore, cachés par les hautes herbes, gisant au fond de quelque trou, apparaissant de loin au-dessus du limon du fleuve, et labourant en quelque sorte cette plaine faite d'alluvions régulièrement amoncelée.

Nous avons mentionné déjà les colosses ; il est inutile de reprendre ici l'histoire et la légende de ces célèbres statues de Memnon. Ils étaient auparavant placés en sentinelle à la porte du riche palais d'Aménophis ; mais ils n'étaient pas seuls. On a compté plus de dix-huit colosses monolithes dont les membres épars gisent encore çà et là. Deux, entre autres, mieux conservés indiquent une autre entrée du palais d'Aménophis et donnent une juste idée de son étendue.

Derrière l'Aménophion, un peu plus au nord, et près de ces derniers colosses que nous venons d'indiquer s'élevait un nouvel édifice dont le nom et le fondateur ont été méconnus jusqu'à Champollion le Jeune. C'est le Rhamesséum ou tombeau d'Osymandyas. Le Pharaon qui le contruisit, n'est autre, cela est certain aujourd'hui, que Rhamsès le Grand, le véritable Sésostris. Ce monarque qui fut un des plus grands bâtisseurs du monde, qui a poussé le désir de faire vivre son nom jusqu'à s'emparer souvent des cartouches et des inscriptions de ses prédécesseurs, qui a complété la plupart de leurs travaux, et dont on a pu dire, en un mot, qu'il n'était peut-être par un monument important en Égypte où l'on ne retrouvait sa trace, Ramsès, dis-je, a été pris du désir fort naturel d'élever aussi son monument à lui, et d'y consacrer le souvenir de ses fabuleuses victoires.

C'est de cette pensée qu'est sorti le Rhamesséum. Ce ne fut certainement pas le plus grand monument de Thèbes : mais ce fut peut-être le plus pur, le plus noble et le mieux proportionné. On a remarqué qu'aucun des autres monuments de cette capitale ne se rap-

prochait davantage de l'art grec. C'est peut-être ce qui lui a valu la bonne fortune d'être décrit tout entier par un Grec qui le visita, alors qu'il était encore debout. Cette description complétée par les ruines très belles qui restent encore à l'heure qu'il est, donnent une juste idée du palais où le grand conquérant se reposait de ses travaux, remerciait les Dieux, en méditant peut-être de nouveaux exploits :

« Sur la rive gauche du Nil, dit Diodore, s'élève le monument du roi Osymandyas. Un pylône couvert de sculptures, large de deux cents pieds, haut de quarante-cinq coudées, conduit à une cour carrée entourée de colonnes, de 400 pieds de côté ; mais les colonnes sont remplacées par des statues debout, hautes de seize coudées, toutes d'un seul bloc en style archaïque. Le toit du portique, épais de deux toises, également composé de monolithes, est parsemé d'étoiles peintes sur un fond bleu. Derrière cette cour est un second pylône, semblable au premier, mais orné de sculptures encore plus riches. A l'entrée se dressent trois statues d'un seul bloc. Celle du milieu, qui est assise, est la plus grande de toute l'Égypte, car le pied seul a plus de sept coudées de long. A côté des genoux de cette statue sont deux figures de femmes, l'épouse et la fille du roi, et toutes les trois statues sont d'une seule pièce et l'on n'y voit nulle part ni joint ni fente. Il y a encore une quatrième statue, haute de vingt coudées, pareillement monolithe : c'est la mère d'Osymandyas.

A ce pylône succède une seconde cour à colonnes, plus remarquable encore que la première et dans laquelle une foule de sculptures représentent la guerre d'Osymandyas contre les Bactriens. Ceux-ci ayant fait défection, le roi se mit en campagne avec 400 000 fantassins et 20 000 cavaliers, divisa son armée en quatre corps et en confia un à chacun de ses quatre fils. Sur la première muraille, le roi à la tête de son armée, attaque une forteresse entourée d'un cours d'eau ; il est accom-

pagné d'un lion qui le seconde. Sur la seconde muraille on emmène les prisonniers ; ils n'ont ni parties génitales, ni mains pour marquer qu'ils ont combattu sans courage. La troisième muraille montre le sacrifice du roi et son retour triomphant.

Au milieu de la cour à colonnes s'élève un autel d'une grandeur et d'un travail merveilleux. Devant la quatrième muraille se trouvent deux statues assises de 27 coudées de hauteur, à côté desquelles trois sorties débouchent dans une salle à colonnes dont chaque côté mesure deux cents pieds. Il y a dans cette salle une multitude de statues en bois. Elles représentent des hommes debout qui attendent la décision de leurs procès, les yeux tournés vers les juges. Ceux-ci au nombre de trente, sont taillés dans un des murs, rangés autour du chef des juges qui porte suspendue à son cou une statuette de la Vérité, les yeux fermés; il a à ses pieds une foule de livres.

On entre ensuite dans un espace destiné à la promenade où sont figurés des mets exquis et très variés. C'est là qu'on voit encore le roi paré des plus brillantes couleurs, offrant aux dieux l'or et l'argent que lui rapportent chaque année les mines d'Égypte, et la somme est écrite à côté : cela montait à 320 000 mines.

Suit la bibliothèque sacrée garnie des statues de tous les dieux d'Égypte et de celle du roi, qui offre à chacun son dû comme pour montrer à Osiris et à ses assistants ou collègues du monde inférieur, que le roi a été toute sa vie juste envers les hommes et pieux envers les dieux. Contre le mur de la bibliothèque s'appuie encore un autre bâtiment où se trouvent vingt lits de repos, les statues de Zeus et d'Héra et la statue du roi. C'est dans ce bâtiment que le roi est, dit-on, enseveli. Il est d'ailleurs entouré de beaucoup d'autres pièces qui renferment de très belles statues de tous les animaux honorés en Égypte. Par ces pièces on arrive sur le dessus du tombeau où se trouve un cercle d'or de 36 coudées de circonférence et d'une

coudée d'épaisseur. Tous les jours de l'année sont marqués et inscrits sur ce cercle avec des observations qui donnent pour chacun le lever et le coucher des groupes d'étoiles, plus les influences que les astrologues d'Égypte attribuent à ces constellations. »

Les détails que Diodore nous donne sur le tombeau dit d'Osymandyas, sont assez précis pour que nous y reconnaissions le palais de Ramsès. Les ruines nous présentent encore le pylône grandiose, la cour à colonnes avec ses colosses en forme de cariatides. On a trouvé aussi les débris d'une gigantesque statue, haute de près de 20 mètres, et dont le doigt mesure 1m,36. Enfin sur les murs se déroule cette série de batailles et de triomphes remportés par Ramsès II non contre les Bactriens, comme le croit Diodore, mais bien contre les Chètas. Ce sont ces mêmes exploits, si souvent reproduits en Égypte que raconte le poème du Pentaour dont nous avons donné plus haut quelques extraits.

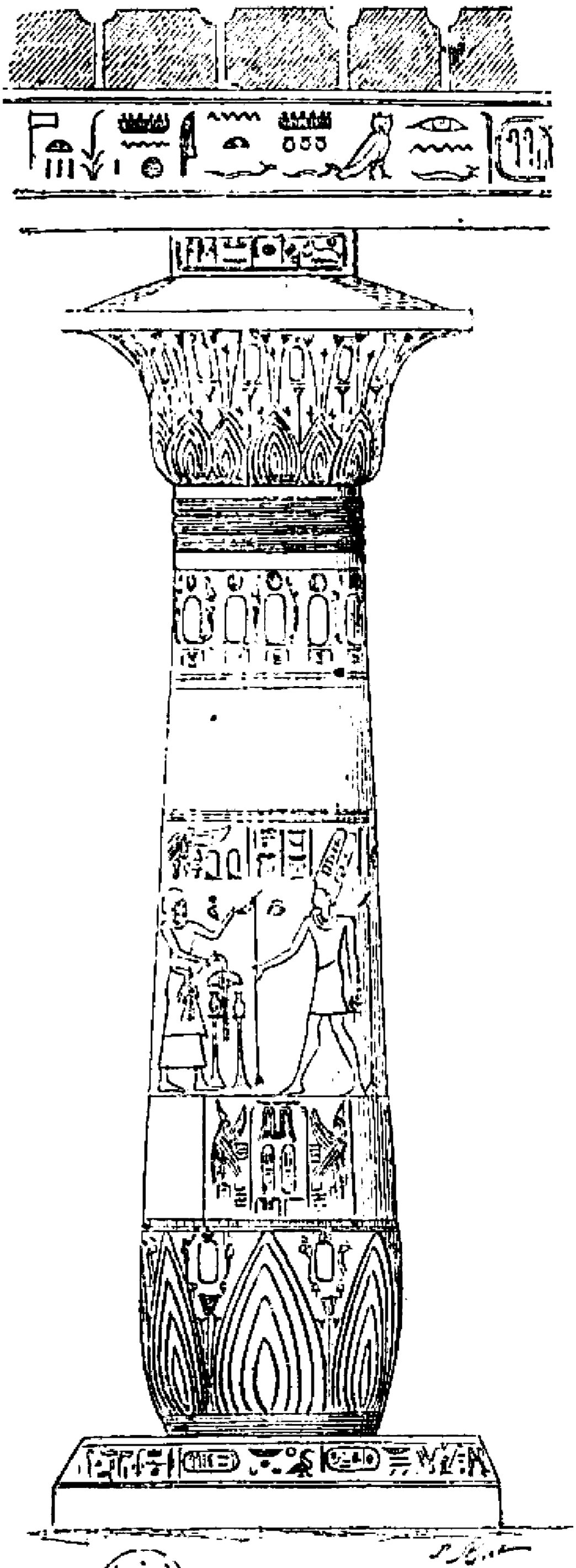
Une salle portée par cinquante colonnes rappelle dans des proportions plus modestes la grande salle de Karnak. Les colonnes elles-mêmes bâties avec la plus harmonieuse élégance, décorées des plus riches peintures et des motifs d'ornementations les plus variées, mériteraient de nous arrêter plus longtemps [1].

C'est avec regret que nous laissons ici de côté cette intéressante question de la colonne Égyptienne. Sa conception originale et ses transformations successives sont un des points les plus curieux de l'histoire de l'art sur lequel nous ne pouvons qu'attirer en passant l'attention du lecteur.

La série des monuments élevés directement sur les bords du Nil se termine par le palais dit de Gournah, qui se trouve à l'extrême sud. C'est une élégante construction qui date de la bonne époque de Séthos et de

[1] Lepsius, *Atlas*, V. II, fol. 90.

Rhamsès II. Ses proportions plus restreintes, comparées



Colonne du temple Rhamsès II.

aux immenses édifices que nous venons de décrire ont

fait penser à Champollion que nous n'avions là affaire qu'à une splendide construction privée. Mais aujourd'hui d'après Lepsius, on s'entend à y reconnaître un temple élevé par Séthos et terminé par Ramsès II en l'honneur de leur prédécesseur immédiat Ramsès Ier.

Il est inutile d'ajouter, que ce que l'on entend par des proportions modestes, quand il s'agit de Thèbes, passerait encore ailleurs pour suffisamment respectable. Ainsi le portique d'entrée n'a pas moins de cent cinquante pieds de long, sur trente de hauteur; il est soutenu par dix colonnes au chapiteau en forme de lotus. De belles salles intérieures, soutenues également par des colonnes retracent les scènes de la dédicace du temple, de l'éducation du roi, des cérémonies en l'honneur des dieux. L'élégance de la décoration générale mérite d'attirer sur ce palais l'attention de l'archéologue; c'est une sorte de résumé de la science architecturale des Égyptiens. A ce point de vue on l'a quelquefois comparé au Parthénon des Grecs.

Quittons maintenant les bords du Nil; portons-nous vers la montagne qui à l'Occident attire nos regards [1].

Examinons en passant ces ruines de l'El-Assassif, desquelles M. de Rougé a dégagé récemment une bonne partie de l'histoire de l'ancienne dynastie. « Cette vallée d'El-Assassif, dit l'illustre archéologue, est située à l'ouest du Nil, au pied de la montagne qui renferme sur son versant opposé les tombeaux des rois. Au fond de la vallée et adossé au pied de rochers abruptes, se trouvent une série de monuments qui présentent aujourd'hui encore l'effet le plus pittoresque. Ce sont les restes d'un temple dédié à la déesse *Hathor*, et dont la disposition singulière est unique en son genre parmi les temples de l'Égypte. Épousant les nombreuses variations du terrain, ce temple se composait de divers étages reliés par des escaliers et des ter-

[1] V. Duemichen, *Hist. Inscr.*, II, 20, pour El-Assassif.

rasses qui devaient présenter un merveilleux coup d'œil. La dernière partie est adossée à la montagne, et plusieurs sanctuaires sont même creusés en crypte dans ses flancs. Les souterrains sont taillés à même dans le roc, et leur voûte a une forme hémisphérique qui n'est pas ordinaire dans l'architecture égyptienne. Tout y est l'œuvre de la reine Hatsepou et de ses deux frères, Tahutmès II et Tahutmès III [1]. »

Dépassons maintenant les dernières constructions du temple de la déesse Hathor; du haut de ces jardins entretenus à grands frais par des drainages et des canalisations, nécessaires dans un pays où l'on attend toujours en vain une pluie qui ne tombe jamais, jetons un dernier regard sur cette ville active, vivante, grand centre religieux, grand marché commercial, capitale politique et militaire.

Sur le ciel « implacablement pur » se détachent, — et il semble qu'on les prendrait avec la main, — les innombrables pointes des obélisques, les prodigieux remparts des pylônes, les toits des habitations privées. Tous ces édifices semblent former une mer où, comme des îlots, apparaissent par masses les constructions régulières et symétriques des palais des rois. Le Nil, chargé de mille barques joyeuses qui vont et viennent, descendent et remontent, roule doucement et paternellement au milieu de merveilles qu'il a créées. Les colosses pharaoniques tranquillement assis les mains sur leurs genoux, lèvent la tête de loin en loin au-dessus de la ville royale et la contemplent avec majesté.

A leurs pieds la foule bruit, s'agite, s'essouffle et se tourmente : gens du peuple vêtus du simple pagne; marchands portant sur leur tête les lourdes corbeilles chargées de fruits; esclaves nègres vêtus de peaux de bêtes les poils en dehors; bateleurs montrant des singes à tête de chiens, des panthères, des autruches et des

[1] De Rougé, *Mélanges*, p. 48.

hommes difformes amenés de l'intérieur de l'Afrique; soldats pesamment armés, balançant fièrement sur leur tête un plumet de plumes d'autruches et chantant de gais refrains tandis qu'ils se rendent à la manœuvre; grands prêtres de la famille royale, coiffés de la baudelette aux deux têtes de vipère, couverts de broderies et accompagnés d'une suite nombreuse de hiérogrammates et de scribes. On se fatiguerait à vouloir décrire le mouvement de la grande capitale dont l'aspect change à chaque instant, selon les caprices de la foule qui se précipite dans le temple des dieux ou s'amasse sur les places publiques, qui suit quelque pompe militaire, attirée par le bruit retentissant des instruments d'airain, ou qui s'allonge pieusement en longues théories à la suite des prêtres promenant par les rues les représentations mystérieuses de la triade thébaine.

La sourde et interminable rumeur en laquelle se fondent tant de bruits distincts, monte jusqu'à nous et vient troubler de son bourdonnement les paisibles échos de la montagne.

Retournons-nous. Le spectacle a changé soudain. Nous quittons la ville des vivants; nous voici dans la *Cité des Morts*. Ici s'ouvrent les mille gueules noires des Tombeaux des Rois.

Ici le désert commence. Le paysage est purement africain. Ce n'est plus cette verdoyante plaine arrosée, enrichie, transformée par les crues du Nil. Les eaux ne peuvent atteindre jusqu'aux sommets du Biban-el-Molouk. La montagne est en proie au soleil de l'Afrique. Horriblement brûlée et crevassée, sans air et sans ombre, portant la mort dans ses flancs, menaçante et farouche, telle est l'enceinte qui protège Thèbes. C'est à elle que les Égyptiens ont confié ce qu'ils ont de plus précieux : les cadavres. Ils ont ajouté à l'âpreté du paysage, la sévérité de la présence des morts.

Ils comptaient bien que dans de telles retraites les momies pourraient dormir en paix leur éternel som-

meil. Les interminables chambres creusées à la lampe dans le flanc de la montagne, les enfoncements des corridors pareils à des labyrinthes, les lourdes pierres roulées devant les portes, les puits s'ouvrant comme des gouffres sous les pas des visiteurs, tout était fait pour assurer la tranquillité à ces dormeurs, pour lesquels le repos dans la mort était le suprême espoir, et le plus sacré de tous les vœux.

Tant de précautions n'ont pas suffi. La rapacité des Arabes barbares, et, — non moins barbare — l'indiscrète curiosité des amateurs et des curieux, n'ont point été arrêtés par tant d'obstacles. Tous les secrets de la mort ont été violés par des mains indignes, et trop souvent le savant respectueux qui entre à son tour pour étudier et pour conserver ces précieux restes, sort tristement n'ayant pu ramasser que quelques pauvres débris, seules épaves de tant d'efforts et de tant de soins.

La pensée de la mort a été l'idée fixe des anciens Égyptiens. Cette préoccupation avait sa source dans une haute conception religieuse, celle de l'immortalité de l'âme. Faire durer le corps, même après la mort, le conserver par tous les moyens, l'entourer de riches monuments, le mettre de toutes manières à l'abri du sacrilège, et sous la protection des dieux, c'était rendre un hommage attentif et permanent à l'idée de l'âme qui avait habité ce corps, et qui, elle, jouissait dans l'*Amenth* des faveurs réservées aux âmes des justes. De là les soins pris pour la purification des cadavres, pour l'embaumement des corps, pour la construction des tombeaux.

Dans le nord de l'Égypte comme il n'y avait point d'asiles naturels pour cacher les sarcophages, on construisait des montagnes factices, afin que leur énorme abri ne manquât pas aux cendres des rois : telle est l'idée des *pyramides*.

Dans le sud, la montagne était plus proche : on la creusait, on y taillait des chambres, des corridors et

des voûtes analogues à celles qu'on retrouve dans les pyramides de Gisch. C'est ainsi que peu à peu les premières collines de la Chaine lybienne (Biban-el-Molouk), se creusèrent comme de véritables fourmilières, et recueillirent dans leurs flancs tous les morts de la grande capitale.

Les simples particuliers, comme les rois et les reines, eurent là leur place pour l'éternité. Ceux qui n'étaient pas assez riches pour se faire creuser un tombeau particulier, payaient une certaine redevance aux prêtres et achetaient ainsi un coin étroit dans de vastes chambres communes, où les momies étaient rangées symétriquement.

Ainsi s'ouvrirent ces catacombes qui n'en finissent pas pendant plus de deux lieues, le long de la montagne.

Les plus illustres de ces tombeaux, ceux qui ont tout naturellement provoqué les recherches les plus minutieuses, ce sont les *Tombeaux des rois*.

Ils ne sont pas mêlés à ceux des simples particuliers. Une colline placée plus à l'ouest dans un endroit plus écarté, plus solitaire et plus sinistre, leur est réservée. L'antiquité n'ignorait pas les splendeurs qui y étaient renfermées. Strabon et Diodore parlent avec admiration des quarante sépulcres royaux. Les recherches de la science moderne en ont découvert un nombre à peu près égal.

Un des faits les plus curieux qui ressort de l'examen de ces diverses tombes royales, c'est que la première chose que faisait un Pharaon en montant sur le trône était d'entreprendre la construction de son tombeau. En effet, plus le prince a régné longtemps, plus le caveau est profond, plus les ornements sont riches et abondants. Il en est où tout se résume en une simple salle, presque nue, creusée à la hâte, mal décorée; c'est que le règne a été court. Chacun y allait pour soi; les successeurs réservaient pour leurs propres sépul-

cres les fastuosités de l'art et de la décoration. On pourrait presque juger, d'après l'état des tombes, de la longueur du règne des Pharaons qui y sont déposés.

Tous les tombeaux qui se trouvent à Thèbes sont ceux des rois de la dix-septième, de la dix-huitième et de la dix-neuvième dynasties, c'est-à-dire des dynasties thébaines. On a fouillé plus particulièrement ceux des Ramsès : la description de l'une de ces tombes suffira pour donner l'idée de toutes les autres.

Il est bon de dire tout d'abord qu'aucun ordre symétrique ou chronologique ne présidait au choix de l'emplacement. Chacun des constructeurs prenait à son gré telle ou telle place dans la montagne, selon que le sol lui semblait plus ou moins favorable à l'exécution de son projet.

Originairement les tombes ne communiquaient point entre elles. Chacune d'elles formait un tout isolé. Les communications qui existent à l'heure qu'il est, ont été percées par les chercheurs, ou par les Arabes qui, parfois, ont habité ces salles funéraires.

Donnons maintenant la description du tombeau de Pharaon Ramsès, fils de Meïamoun.

La porte d'entrée creusée à la surface du sol est des plus simples et ne laisse deviner en rien les splendeurs de l'intérieur. Sur le fronton un simple bas-relief montre le roi à genoux devant les divinités infernales; près de lui un gros scarabée symbolise l'idée de la régénération et des renaissances successives. A côté de ce bas-relief une inscription dit le nom du roi qui doit dormir dans cet asile et qui lui-même l'a construit. Le Dieu lui parle et dit : « Je t'ai accordé une demeure dans la montagne sacrée de l'Occident, comme aux autres dieux grands (les rois, ses prédécesseurs); à toi, Osirien, roi, seigneur du monde, Rhamsès, etc.... encore vivant. »

Cette porte franchie, on pénètre dans un premier corridor. Là, sur un nouveau bas-relief, le roi se trouve

encore représenté ; mais dans toute la plénitude de la vie, et dans la tranquille espérance des longs jours qui lui restent encore, vant de venir se reposer dans la tombe. C'est ce qu'explique la nouvelle légende mise encore dans la bouche d'Ammon : « Nous t'accordons une longue série de jours pour régner sur le monde et exercer les attributions royales d'Horus sur la terre. »

A ce corridor, qu'on pourrait croire orné tout exprès pour rassurer le futur possesseur du tombeau, succède une salle et des corridors consacrés tout entiers à la figuration du mythe solaire et du voyage des âmes. C'est le soleil pendant le jour et le roi pendant la vie ; c'est le soleil pendant la nuit et le roi après la mort : deux destinées assimilées et qui sont représentées dans un nombre immense de compartiments variés par la plus ingénieuse et quelquefois la plus obscure mysticité.

Nous arrivons ainsi, enfin, dans la salle qui précède immédiatement celle où repose le sarcophage royal.

Là est représentée cette fameuse scène si souvent répétée dans les tombeaux égyptiens, et commentée de façons si diverses : le jugement de l'âme du défunt.

Quels étaient les juges? Dans la représentation c'est Osiris lui-même, assisté de quarante-deux assesseurs, chacun ayant ses fonctions propres. Dans la réalité l'âme du roi défunt subissait réellement un jugement devant les prêtres ; mais là encore ce n'était que l'image de l'arrêt rendu par le jury infernal. Le roi comparait donc devant ce redoutable tribunal, et, aux quarante-deux questions qui lui sont posées, il répond par quarante-deux réponses — négatives, bien entendu : « O Dieu ! *le Roi*, soleil modérateur de justice approuvé d'Ammon, n'a pas commis de méchanceté, n'a pas blasphémé, ne s'est point enivré, n'a point été paresseux,... etc., etc. »

Enfin, la dernière salle du tombeau de Ramsès, celle qui renfermait le sarcophage, surpassait aussi les autres en grandeur et en magnificence. C'est ici qu'il convient

encore de laisser la parole à Champollion, qui la visita dans toute la fraîcheur de la nouvelle découverte. « Le plafond creusé en berceau est d'une très belle coupe, il a conservé toute sa peinture : la fraîcheur en est telle qu'il faut être habitué aux miracles de la conservation des monuments de l'Égypte pour se persuader que ces frêles couleurs ont résisté à plus de trente siècles. Les parois de cette vaste salle sont couvertes, du soubassement au plafond, de tableaux sculptés et peints comme dans le reste du tombeau, et chargées de milliers d'hiéroglyphes formant des légendes explicatives. Le soleil est encore le sujet de ces bas-reliefs dont un grand nombre contiennent aussi sous formes emblématiques tout le système cosmogonique et les principes de la physique générale des Égyptiens. Une longue étude peut seule donner le sens entier de ces compositions... C'est du mysticisme le plus raffiné ; mais il y a certainement sous ces apparences emblématiques de vieilles vérités que nous croyons très jeunes. »

Il nous reste maintenant à dire un mot du *sarcophage* dans lequel sous deux ou trois enveloppes successives faites des plus riches matières, reposait la momie, entourée de bandelettes, du roi défunt. Ce sarcophage se composait de deux parties, une cuve et un couvercle. La cuve affectait la forme d'un cartouche royal. Elle était large et assez haute pour pouvoir contenir les divers cercueils où reposait le roi ; elle était couverte au dehors et au dedans de hiéroglyphes et de scènes figurées qui n'étaient souvent rien autre chose que la reproduction de celles qui ornaient les parois et les plafonds de la salle.

Ainsi sur le beau sarcophage en granit rose de Ramsès III qui est au musée du Louvre, on voit représenté encore une fois la course du soleil dans le domaine d'Osiris. La barque solaire est remorquée par les douze dieux qui y étaient attachés ; on assiste à la victoire du Dieu sur ses ennemis les démons des ténèbres. Des scènes diverses symbolisent le mythe, cher aux Égyptiens, du cycle per-

pétuel de la vie renaissant de la mort. Enfin, on voit Neith, la grande mère divine, promettant de réunir les membres du roi ; de les conserver à toujours. Dans un sépulcre orné de cette sorte reposait la momie sainte du roi.

La plume à la fois éloquente et exacte d'un de nos contemporains a décrit les sombres mystères de l'intérieur d'un tombeau égyptien. Nous lui en emprunterons les poétiques détails, ne croyant pouvoir mieux finir que par l'idée de la mort, ce trop court chapitre consacré à la civilisation antique des bords du Nil.

En allant du dehors au dedans on trouvait d'abord autour de la momie, une sorte de cartonnage épais, à masque doré, moulant autant que possible les formes du corps enseveli.

Assistons maintenant à l'ouverture d'une des momies *soignées* de l'ancienne Égypte. « Le cartonnage une fois ouvert, une vague et délicieuse odeur d'aromates, de liqueur de cèdre, de poudre de santal, de myrrhe et de cinnamome, se répandit par la cabine de la cange, car le corps n'avait pas été englué et durci dans ce bitume noir qui pétrifie les cadavres vulgaires, et tout l'art des embaumeurs, anciens habitants des Memnonia, semblait s'être épuisé à conserver cette dépouille précieuse.

« Un lacis d'étroites bandelettes en fine toile de lin, sous lequel s'ébauchaient vaguement les traits de la figure, enveloppait la tête; les baumes dont ils étaient imprégnés avaient coloré ces tissus d'une belle teinte fauve. A partir de la poitrine, un filet de minces tuyaux de verre bleu, semblables à ces cannetilles de jais qui servent à broder les basquines espagnoles, croisait ses mailles, réunies à leurs points d'intersection par de petits grains dorés, et, s'allongeant jusqu'aux jambes, formait à la morte un suaire de perles digne d'une reine; les statuettes des quatre dieux de l'Amenti en or repoussé, brillaient, rangées symétriquement au bord supérieur du filet, terminé en bas par une frange d'ornement de

goût le plus pur. Entre les figures des dieux funèbres, s'allongait une plaque d'or au-dessus de laquelle un scarabée lapis-lazuli étendait ses longues ailes dorées.

« Sous la tête de la momie était placé un riche miroir en métal poli comme si l'on eût voulu fournir à l'âme de la morte le moyen de contempler le spectre de sa beauté pendant la longue nuit du sépulcre ; à côté du miroir, un coffret en terre émaillée, d'un travail précieux, renfermait un collier composé d'anneaux d'ivoire, alternant avec des perles d'or, de lapis-lazuli et de cornaline. Au long du corps on avait mit l'étroite cuvette carrée en bois de santal, où de son vivant la morte accomplissait ses ablutions parfumées. Trois vases en albâtre rubané, fixés au fond du cercueil, ainsi que la momie par une couche de natrum, contenaient, les deux premiers, des baumes d'une odeur encore appréciable, et le troisième, de la poudre d'antimoine et une petite spatule pour colorer le bord des paupières et en prolonger l'angle externe, suivant l'antique usage égyptien pratiqué de nos jours par les femmes orientales.

« ..... La momie une fois hors du cartonnage, le savant commença à la démailloter avec l'adresse et la légèreté d'une mère voulant mettre à l'air les membres de son nourrisson ; il défit d'abord l'enveloppe de toile cousue, imprégnée de vin de palmier, et les larges bandes qui, d'espace en espace, cerclaient le corps. Puis il atteignit l'extrémité d'une bandelette mince enroulant ses spirales infinies autour des membres de la jeune égyptienne. Il pelotonnait sur elle-même la bandelette, comme eût pu le faire un des plus habiles tarischeutes de la ville funèbre, la suivant dans tous ses méandres et ses circonvolutions. A mesure que son travail avançait, la momie, dégagée de ses épaisseurs, comme la statue qu'un praticien dégrossit dans un bloc de marbre, apparaissait plus svelte et plus pure. Cette bandelette déroulée, une autre se présenta plus étroite et destinée à serrer les formes de plus près. Elle était d'une toile

si fine, d'une trame si égale qu'elle eût pu soutenir la comparaison avec la batiste et la mousseline de nos jours. Elle suivait exactement les contours, emprisonnant les doigts des mains et des pieds, moulant comme un masque les traits de la figure déjà presque visible à travers son mince tissu. Les baumes dans lesquels on l'avait baignée l'avaient comme empesée; et, en se détachant sous la traction du docteur, elle faisait un petit bruit sec comme celui du papier qu'on froisse ou qu'on déchire [1]. »

Enfin la jeune égyptienne, morte depuis des siècles, apparût belle encore et comme endormie, aux regards du savant et de son ami émerveillés; de même que l'Egypte ancienne, morte aussi, et entourée de l'obscurité de sa langue et de ses hiéroglyphes indéchiffrables, renaît et revit pour ainsi dire maintenant sous nos yeux après l'évocation qu'a jetée sur elle la patience et le génie d'un Champollion.

[1] Théophile Gautier.

II

NINIVE ET BABYLONE

C'est un fleuve qui a fait l'Égypte. On peut dire que c'est un chemin qui a fait les grands empires de Ninive et de Babylone.

Lorsque l'histoire, à force de patientes recherches, sera parvenue à découvrir les raisons des choses, — si toutefois un tel idéal est réalisable pour les forces humaines, — alors on saura peut-être pourquoi la civilisation partit du centre de l'Asie, pourquoi elle suivit cette marche permanente et inflexible d'Orient en Occident, pourquoi, toujours plus vive aux extrémités, elle s'est insensiblement éteinte vers le point de départ. Ce sont là des lois inexplicables dont nous osons à peine poser les problèmes, et que nos travaux contribuent peu à peu à résoudre, bien lentement au gré de l'impatience humaine.

Si antique que soit l'Égypte, personne n'oserait dire que les empires de la Chaldée ne soient pas plus anciens encore. Dans les premières migrations qui remuèrent, au début des temps historiques, les peuples mobiles de l'ancien continent, il se trouva que dans cette région de la Mésopotamie, des éléments de stabilité ne tardèrent pas à fixer une partie de cette masse flottante.

C'était un chemin : on y passait. C'était une vallée, un

éden, on s'y arrêtait. Ainsi, là, peu à peu, comme émergèrent de la face des eaux les masses solides des premiers continents, s'agrégèrent et se fixèrent les tribus nomades; et sur leur masse s'élevèrent les premiers empires.

Voici dans quels termes les plus vieilles légendes racontent leur fabuleuse origine: « Tout d'abord, il y eut à Babylone une grande multitude d'hommes de races diverses qui avaient colonisé la Chaldée. Ils vivaient sans règle à la manière des animaux.

« Mais dans la première année apparut, sortant de la mer Rouge, en un endroit où elle confine à la Babylonie. un animal doué de raison, nommé Oannès. Il avait tout le corps d'un poisson, mais par-dessous sa tête de poisson, une autre tête qui était celle d'un homme, ainsi que des pieds d'homme qui sortaient de sa queue de poisson : il avait une voix humaine, et son image se conserve encore aujourd'hui.

Cet animal passait la journée au milieu des hommes sans prendre aucune nourriture; il leur enseignait la pratique des sciences, des lettres et des arts de toutes sortes, les règles de la fondation des villes et de la construction des temples, les principes des lois et de la géométrie. Il leur montrait les semailles et les moissons, en un mot il donnait aux hommes tout ce qui contribue à l'adoucissement de la vie. Depuis ce temps rien d'excellent n'a été inventé. Au coucher du soleil ce monstrueux Oannès se plongeait de nouveau dans la mer et passait la nuit sous les flots : car il était amphibie. Il écrivit sur l'origine des choses et de la civilisation un livre, qu'il remit aux hommes [1]. »

Longtemps après l'apparition d'Oannès commença le règne d'une première dynastie semi-héroïque. Elle ne dura pas moins de six cent quatre-vingt-quinze mille deux cents ans, et elle se termina au déluge. Ce cataclysme, d'après les vieilles traditions assyriennes, était

[1] Berose.

arrivé du temps du roi Xisouthros. Celui-ci, comme Noé dans le récit biblique, fut averti par Dieu, construisit une arche, flotta sur les eaux déchaînées. Après avoir, comme le patriarche dont il est le type, lâché la colombe et le corbeau, il aborda enfin aux monts d'Arménie, et fut la source de la nouvelle race des hommes.

. Cette race, race de géants, construisit Babel. C'est la Bible qui nous apprend ensuite l'histoire de ses anciens rois : « Au nord régna Nimrod, qui commença à être puissant sur la terre. Il fut un puissant chasseur devant l'Éternel ; c'est pourquoi l'on dit jusqu'à ce jour : Comme Nimrod le puissant chasseur devant l'Éternel. Et le commencement de son règne fut Babel, Erekh, Accad, et Calnêh au pays de Sennaar. »

Ce que l'on a pu démêler de plus clair parmi tant de renseignements incomplets ou contradictoires, en s'aidant des plus anciens documents fournis par les monuments archéologiques et ethnographiques nouvellement rassemblés, c'est que des peuples descendus du nord de la Chaldée et de race Touranienne, se mêlèrent en Mésopotamie avec des peuples venant du sud, où ils étaient depuis longtemps établis, et nommés Koushites.

Entre les deux fleuves, le Tigre et l'Euphrate qui, par le sud et par le nord avaient servi de chemin à ces deux occupations diverses, une contrée basse, fertile, humide, facile à arroser, facile à cultiver, facile à défendre ; une terre portant naturellement le froment et les arbres fruitiers, en particulier l'utile palmier ; une situation avantageuse, centrale, non loin de la mer et non loin de la montagne, arrêta de bonne heure l'humeur vagabonde de nos antiques aïeux.

Autour d'un premier noyau établi au point même où les deux fleuves rapprochent le plus leurs eaux dans leur cours moyen, se rangèrent successivement, alliés ou soumis, des peuples de races diverses. Au milieu de toutes ces hordes, incessamment menacées par les atta-

ques des peuples étrangers qui voulaient ou le passage ou la place elle-même ; au-dessus de tribus d'origines diverses et toujours portées à la révolte et aux luttes intestines, les nécessités de l'existence, non moins que la nature d'esprit particulière aux peuples de l'Asie, établirent vite le pouvoir monarchique.

Le monarque fut comme la clef de voûte de tout le système, le grand défenseur, le grand protecteur, le représentant de la Divinité, une sorte de Dieu lui-même. Il se trouva, par la nature même de son pouvoir, forcé de couvrir de mystère et d'envelopper dans un secret hautain et redoutable, une puissance que, dans l'intérêt du salut public, il fallait immense. Tout le troupeau des peuples pouvait vivre en paix, s'appliquer à la culture, aux arts, sous la protection sombre du roi enfermé dans son palais, au milieu de ses eunuques guerriers, de ses prêtres magiciens et de ses astronomes, qui, veillant sans cesse au sommet des observatoires septicolores, lisaient dans les astres la volonté des dieux.

Si quelque bruit d'armes se faisait entendre aux frontières ou dans les provinces, le roi sortait de son repaire. Il se mettait lui-même à la tête de ses soldats. Il marchait avec eux soit à pied, soit à cheval, au milieu des contrées les plus âpres et des dangers les plus redoutables ; il commandait la bataille, sa vaillance décidait souvent de la victoire, et sa cruauté présidait au massacre. Puis ayant assuré le salut de l'empire, il revenait, précédé et suivi de longues files de prisonniers : captifs que l'on emploiera dans les grandes constructions d'irrigation[1] ou de canalisation, femmes en pleurs traînant leurs enfants après elles, animaux domestiques et animaux sauvages, tentures, armes, vases, trophées de toutes sortes, jusqu'aux dieux du peuple

[1] V. les détails donnés par M. Layard sur le barrage du Tigre « cascade haute de vingt-six pieds », et que la tradition attribue à Nemrod.

vaincu, que le dieu vainqueur, le Nabuchodonosor, emportait dans sa victoire et étalait dans son triomphe.

A de tels empires, il fallait des capitales taillées sur leur modèle. Ce n'étaient pas ces villes pharaoniques, ouvertes à tout venant, couvertes de temples et d'obélisques, entourées de tombeaux, habitées par des prêtres et des cultivateurs, villes de paix, de travail et de prière. Il fallait des villes militaires avant tout.

Il fallait qu'entourées d'un bon mur, ceinte d'un fossé large et profond, baignées par les eaux du fleuve, elles pussent quand les hasards de la guerre amenaient l'ennemi devant elles. recevoir dans leur sein une population immense[1], la protéger, la nourrir, et attendre que la longue résistance lassât l'ennemi, ou que la fortune des combats délivrât de son étreinte.

Il fallait autre chose encore. Car si le roi faisait beaucoup pour le peuple, il convenait que le peuple fit pour le roi plus encore. Du milieu des maisons faites en terre séchée au soleil, et couvertes de paillassons, bonnes assez pour la populace, s'élevaient de place en place, formant de véritables quartiers, et comme des villes dans la ville, les palais des rois.

Le plus souvent même, comme si le monarque eut eu quelque défiance de ses sujets et qu'il eut voulu conserver une porte ouverte sur la campagne, le monument était à cheval sur la muraille extérieure, un côté pénétrant dans la ville, l'autre s'étendant sur la plaine. Le tout était surélevé sur une énorme colline artificielle faite de main d'homme et dont la seule construction avait coûté bien des sueurs. On ne pouvait parvenir à la plate-forme supérieure que par un chemin construit en

[1] Ninive, selon Ctésias, était entourée d'un mur en forme de quadrilatère allongé comprenant 480 stades de long, c'est-à-dire environ 60 milles. Jonas (III, 3) indique qu'il fallait trois journées de marche pour la parcourir. Sur l'immensité de ces villes, et sur les champs cultivables qu'elles contenaient, voir encore Diod. Sic. II, iii; *Strab.* l. XVI, p. 737 et suivantes.

pente, où chars et cavaliers pouvaient marcher de front, mais qu'il était facile de fermer en un clin d'œil et de rendre inaccessible. Sur le plateau s'étendait le palais du Roi, salles du trône, sérails, harem, écuries et dépendances de toutes sortes. Une seule et même entrée donnait accès dans ce dédale de cours et de chambres au fond duquel se cachait la majesté royale.

Chaque prince puissant ou victorieux construisait ainsi sur un plan uniforme le palais qui devait conserver son nom et sa mémoire, et dont les murs couverts de bas-reliefs racontaient ses exploits. Tout dans l'édifice, depuis la moindre brique jusqu'aux statues colossales des taureaux à têtes d'homme, veillant aux portes, tout était consacré à la seule louange du constructeur et à ses sanglants travaux. Guerres et chasses étaient toute sa vie et faisaient toute son histoire. Les dieux eux-mêmes négligés ici, ne formaient en quelque sorte que l'accessoire, et leur présence ne servait qu'à ajouter un nouveau relief à la gloire de celui qui les représentait sur la terre.

Dans ces villes si avantageusement situées, tout l'effort des intelligences et des bras s'appliquant à satisfaire les moindres désirs, les fantaisies et les caprices du despote, des progrès importants se manifestèrent rapidement par tout le domaine des arts et du luxe. Les artistes indigènes s'attachèrent en particulier à représenter fidèlement les diverses actions et les exploits des armées royales. Dans cet effort, ils parvinrent à se dépouiller rapidement de la naïveté primitive, et surtout de la convention archaïque, qui — par une loi des plus curieuses de l'intelligence humaine, — se trouve toujours au début du développement artistique d'une nation.

Les bras ne manquaient pas : le peuple lui-même en fournissait un grand nombre, que les captifs faits dans chaque campagne augmentait régulièrement. Ces captifs eux-mêmes instruisaient l'Assyrie dans les arts et les

pratiques inventés par eux ; et ce pays profitait ainsi du labeur des contrées voisines.

Ces diverses causes expliquent la rapidité, la variété et la perfection relative des résultats obtenus par les peuples de la Chaldée.

Ils furent bientôt à leur tour les agents de la civilisation et les instructeurs du monde. Dans leurs conquêtes ils répandaient ces arts que leurs conquêtes avaient rassemblés chez eux. Les riverains de la mer Occidentale (Méditerranée), comme les peuples de l'Est et du Nord (Mèdes et Perses), s'instruisirent à leur école. Jusqu'en Syrie, jusqu'en Asie Mineure, jusqu'en Europe pénétrèrent leur influence et leurs modèles. Si nous en croyons M. Layard, c'est aux ornements Assyriens que les anciens Grecs empruntèrent les types de leurs plus charmants motifs d'architecture. L'influence de la magie chaldéenne sur la mythologie des Hellènes est aujourd'hui hors de doute. Il suffit de voir, au musée du Louvre, leur Hercule dompteur de lions et écraseur de serpents, leur Jupiter à ailes d'aigle, pour être persuadé de l'analogie.

Dans une autre région et chez un autre peuple l'influence assyrienne ne fut pas moins considérable. Dix fois les puissants monarques de l'Asie centrale mirent le pied en passant sur la nation toujours rebelle des Juifs du Jourdain; dix fois ils prirent leur ville, la ruinèrent. Ils les entraînèrent captifs sur les rives de l'Euphrate. Ils les écrasèrent d'énormes travaux et de charges onéreuses. Toujours le peuple tenace survécut à de si nombreuses ruines.

Mais l'influence du vainqueur se grava bien profondément dans les mœurs et les œuvres du vaincu. N'est-ce pas sur l'arbre mystique des Ninivites que fut calqué le chandelier à sept branches ? Le trône de Salomon, ce « grand trône d'ivoire, orné d'or dont les bras étaient deux lions », n'a-t-il pas bien du rapport avec ces beaux trônes retrouvés par M. Layard dans les fouilles de Ninive? Les veaux d'or tant haïs des prophètes hébreux,

n'avaient-ils pas bien de l'analogie avec ces taureaux chaldéens symboles de la force divine par excellence, et le temple rebâti de Jérusalem ne devait-il pas se ressentir quelque peu de l'étude que les architectes juifs avaient pu faire, sur les lieux, des somptueux palais qui bordaient les rives du Tigre et de l'Euphrate?

Aussi, les antiquités grecque et hébraïque, témoins parfois inconscients de ces incontestables ressemblances, s'inquiétèrent de bonne heure de l'histoire ancienne et des mœurs présentes de cet aîné de tous les peuples. Hérodote écrivit une histoire de l'Assyrie, malheureusement perdue aujourd'hui. La Bible est en quelque sorte bourrée d'allusions à ces redoutables voisins des Hébreux. Ctésias, qui habita à la cour des rois Perses, écrivit, sur leurs prédécesseurs, un livre dont il ne nous reste que des fragments. Bérose, Abidène, Mégasthène, Alexandre Polyhistor, Diodore de Sicile, Strabon, travaillèrent sur le même sujet.

Malheureusement, les renseignements que devaient contenir tant d'ouvrages importants n'avaient pas survécu à ce grand naufrage du moyen âge, dans lequel ont sombré tant de précieux restes de l'antiquité. C'est à peine si quelques fragments vagues et décolorés pouvaient faire apprécier l'étendue de la perte. Désastre plus déplorable encore! Depuis longtemps les moindres traces matérielles de l'existence de ces anciens empires avaient complètement disparu.

Des capitales les plus considérables et les plus renommées, il ne restait même pas des ruines. Les patients érudits qui rassemblaient péniblement ce que les écrivains grecs et latins nous disaient de la Chaldée, disserтaient stérilement sur le site de Babylone, de Ninive, sur l'étendue de la ville, sur l'histoire légendaire de leur empire.

Devait-on rester toujours dans une telle ignorance? En 1836, un résident anglais, M. Rich, après avoir

étudié avec soin la contrée, crut pouvoir signaler au monde savant l'existence de ruines Assyriennes, dans deux monticules ou collines *artificielles*, élevées aux environs de Mossoul, sous les villages de Koyundjick et de Nebbi-Younos (tombeau de Jonas)[1]. Pour lui, ces ruines n'étaient autres que celles de Ninive. Des cylindres couverts d'inscriptions, des briques gravées, qu'il réunit en grand nombre dans cette région, quelques coups de bêche qu'il donna en cet endroit le confirmaient dans cette opinion.

Cinq ou six ans plus tard, M. Botta était nommé résident français à Mossoul. Il partit avec le projet de s'occuper de l'ancienne histoire des pays où il allait séjourner. Un savant, membre de l'Institut, M. Mohl, appela son attention sur les détails donnés par M. Rich, et, du fond de son cabinet, il put, à l'aide de l'étude attentive des documents anciens, indiquer l'endroit où, selon lui, devaient se trouver les restes de l'ancienne capitale.

A peine arrivé dans le pays, M. Botta, à ses risques personnels, et malgré les difficultés que souleva immédiatement l'administration turque, ouvrit des tranchées dans les monticules qui, sur la rive gauche du Tigre, semblaient, d'après les récits populaires, renfermer des ruines antiques. Son attente fut trompée tout d'abord. Il s'était attaqué au monticule de Koyundjick qui, nous le savons maintenant, pouvait lui fournir une ample moisson ; mais l'inexpérience où il était des recherches de cette nature fit que les travaux furent mal dirigés. Il ne trouva que des débris insignifiants, et il était sur le point d'abandonner l'entreprise.

Cependant le bruit de ses recherches se répandit rapidement dans le voisinage. Un teinturier chrétien lui apporta quelques briques couvertes d'inscriptions cunéiformes,

[1] Narrative of a Residence in Koordistan and on the site of amont Nineveh. London, 1836, 2 vol. in-8°.

et lui offrit de lui en procurer un nombre plus grand encore, « tant qu'il voudrait. » M. Botta, d'abord incrédule, envoya vers la demeure de ce brave homme quelques ouvriers intelligents; ils firent des fouilles et découvrirent des pans de mur, des bas-reliefs.

A leur retour, M. Botta était à peine convaincu de la véracité de leurs récits et craignait encore une désillusion. Cependant, il se transporta en toute hâte sur les lieux, c'était près du village turc de Khorsabad. Il se trouva en présence des premières ruines de Ninive.

Plein de joie cette fois, et plein d'espoir, il poussa activement ses recherches et délaissa presque absolument les fouilles de Koyundjick. Peu à peu, des pans de mur couverts de bas-reliefs, des fondations importantes, des formes de palais apparurent à ses yeux ravis. Sans retard, il annonça à l'Europe la bonne nouvelle dans des lettres adressées à l'Académie des inscriptions et belles-lettres. Sur un rapport de cette illustre compagnie, le gouvernement français s'émut; on envoya des secours au hardi explorateur. Les vœux des savants et du public s'attachèrent à ses travaux et les encouragèrent. Un peintre habile, M. Flandin, lui fut adjoint, pour dessiner les monuments que l'on découvrait de jour en jour.

Ainsi apparut peu à peu l'un des palais les plus importants des rois de Ninive, la demeure du roi Sargon, l'édifice connu dans la science sous le nom de *Khorsabad*.

Cependant, de loin, un Anglais, M. Layard, suivait avec attention les travaux de M. Botta. Lui-même avait parcouru cette plaine couverte de monticules d'apparence singulière; lui-même avait songé à en interroger les profondeurs; il avait encouragé M. Botta dans ses travaux, et ne désespérait pas de devenir bientôt son heureux rival. La découverte de Khorsabad, confrontée avec les récits des anciens le confirma de plus en plus dans l'idée qu'il avait conçue déjà que Ninive s'éten-

dait sur toute la région et que les autres tertres environnants valaient la peine d'être fouillés à leur tour.

Il demandait depuis longtemps au gouvernement anglais de l'aider à entreprendre ces recherches.

A ce moment même arrivait à Paris et était déposée au Louvre la première série des antiquités assyriennes envoyées par M. Botta, entre autres ces deux magnifiques taureaux à tête d'homme, que l'on avait transporté par les mêmes moyens dont s'étaient servis autrefois les Assyriens, et que l'on trouva reproduits sur les bas-reliefs.

L'orgueil national anglais se réveilla cette fois, et le gouvernement britannique consentit à se charger des frais de toutes les fouilles que M. Layard proposait d'entreprendre.

En arrivant à Mossoul, M. Layard n'hésita pas sur l'endroit où il devait commencer ses travaux. Il avait été frappé déjà de la configuration de la colline de Nimroud, située à vingt et quelques kilomètres au sud de la ville arabe. Ce fut là qu'il se dirigea aussitôt.

Profitant de l'expérience ac-

Transport de matériaux.

quise pàr les premières recherches de M. Botta, il put immédiatement attaquer la colline sur un point favorable, et bientôt il rencontra à son tour, des chambres, des palais, des murs, enfin tout une ville assyrienne.

Mais ici, il ne s'agissait pas de Ninive, comme on l'avait cru tout d'abord, et comme on le crut quelque temps encore. C'était plutôt Calach, ville ancienne dont parle la Bible. D'autres savants ont identifié ces ruines avec celles de Larissa, que Xénophon décrit en ces termes : « Là, fut une grande ville, qui s'appelait Larissa ; autrefois les Mèdes l'habitaient. La largeur du mur était de 20 pieds, la hauteur de 100, le pourtour était de 2 parasanges; il était bâti de briques cuites; il avait, au-dessous, un soubassement de pierre de 25 pieds.

« Le roi des Perses, quand les Perses enlevèrent l'empire aux Mèdes l'assiégea et ne pouvait pas s'en rendre maitre. Un nuage obscurcit et fit disparaître le soleil, jusqu'à ce que les hommes eussent abandonné la ville, qui fut prise alors. Auprès de cette ville est une pyramide en pierre d'un plèthre de largeur et de deux plèthres de hauteur. Sur cette pyramide beaucoup des barbares s'étaient réfugiés des villages environnants. »

Ce qui appuie surtout l'identification des ruines de Nimroud avec Larissa, c'est précisément la présence d'une pyramide analogue à celle dont parle Xénophon.

Sans entrer dans la discussion soulevée à ce sujet, nous nous contenterons d'ajouter que les découvertes faites à Nimroud fournirent à la science les plus utiles renseignements sur l'histoire d'Assyrie antérieure au roi Sargon fondateur de Khorsabad ; à l'archéologie un complément utile et souvent nécessaire des études faites sur d'autres points. Enfin cette première découverte, riche en résultats de premier ordre, encouragea M. Layard et ouvrit à la science un champ bien vaste, puisqu'elle faisait espérer que de pareilles trouvailles seraient faites dans tous les monticules artificiels dont la rive gauche du Tigre était parsemée.

M. Layard fut le premier qui mit à profit ces heureux pronostics. Comme les fortes chaleurs de l'été le forçaient à suspendre les fouilles de *Nimroud*, et qu'il se trouvait à Mossoul, il résolut de reprendre les travaux de Koyundjick que M. Botta avait à cette époque presque entièrement abandonnés.

Le consul français, nous l'avons dit, avait débuté, dans la série de ses recherches, par cette colline située en face de Mossoul, sur l'autre rive du Tigre. Mais il avait obtenu peu de résultats, car il ne savait point encore que les édifices assyriens étaient tous élevés sur un monticule construit de mains d'hommes et que c'était à une certaine hauteur qu'il fallait chercher. M. Layard ne se laissa pas décourager par cet insuccès, et tandis que M. Botta abandonnait décidément Koyundjick pour s'appliquer uniquement à l'entreprise de Khosabad, le consul anglais persévéra. Il trouva bientôt quelques débris, mais non pas assez pour le satisfaire. Les travaux de Nimroud qu'il reprit à cette époque arrêtèrent alors ceux de Koyundjick.

Quand il y revint l'été suivant, son expérience s'était accrue ; ses réflexions avaient mûri sa conviction ; son plan était mieux arrêté. Les recherches cette fois furent couronnées de succès, et une nouvelle série d'édifices qui, comme Khorsabad, portaient des traces de la ruine par le feu, fut exhumée peu à peu. Le palais découvert par M. Layard était celui de Sennachérib, fils de Sargon. Il était situé à l'extrémité sud du tumulus de Koyundjick. Les formes de son architecture étaient semblables à celles des palais de Khorsabad et de Nimroud. Les inscriptions, il est vrai, y étaient rares ; mais elles acquéraient un grand prix, aux yeux de la science, par la mention qu'elles faisaient des campagnes du monarque contre les Juifs et les autres peuples de la Syrie [1]. C'est aussi dans une des salles de ce palais que l'on

[1] V. Oppert, *Voyage*, t. I, p. 296.

rencontra les mémorables archives du roi Sardanapale V dont la lecture fournit à l'histoire de l'Asie centrale nombre de détails curieux.

Plus tard (1852), vers le centre et le nord de cette même colline de Koyundjick, MM. H. Rassam et Loftus continuant les recherches de M. Layard, découvrirent le palais de Sardanapale V, fils d'Assarhaddon. Ce palais de construction plus tardive que ceux que nous avons indiqués jusqu'ici offrait le typed'une nouvelle évolution dans l'art assyrien. Si les plans d'ensemble étaient les mêmes, il y avait dans les détails une recherche, une minutie qui s'écartait des grandes lignes affectées par les monuments plus anciens.

Cependant là encore le goût des artistes conserve une pureté qui permet de mettre leurs œuvres à côté des plus remarquables produits de l'art Ninivite.

Dans les ruines de Koyoundjick, on rencontra une inscription qui ne laissait aucun doute sur le nom à donner à ces ruines. C'était bien Ninive, et même une Ninive déjà rebâtie que l'on avait sous les yeux. Car c'est ainsi que s'exprime Sennachérib :

« Sennachérib, roi puissant, grand roi, roi des légions, roi d'Assyrie, roi des quatre contrées, favori des grands dieux, Assour et Istar m'ont confié la garde des peuples. Pour humilier les ennemis de l'Assyrie, j'ai contraint mes adversaires à marcher dans l'adoration sublime des dieux. Depuis le commencement jusqu'à la fin, je me suis fait obéir par mes armées ; j'ai soumis à mes lois tous les princes qui habitent les coins des quatre régions. Ils se convertirent à la piété.

« Puis je dis : Ninive est la ville de ma royauté ; j'en ai renouvelé les demeures, restauré les rues. J'ai changé le camp royal, et je l'ai fait reluire comme le soleil. J'ai fait l'enceinte et le boulevard en entier, et j'en ai fait mention dans les inscriptions. Jusqu'à 100 grandes mesures j'ai fait élargir les fossés ; à plusieurs reprises j'ai employé les journées de mon armée royale à faire

transporter les tables des carrières... Je mesurai 62 grandes mesures à partir de mon camp royal jusqu'à la grande porte des façades. Que celui des habitants de cette ville qui change une ancienne maison en bâtisse une nouvelle. Que celui qui touche aux fondations de ce palais soit écrasé par les décombres. »

Après des découvertes aussi précieuses, que complétaient encore les fouilles de Nebbi-Younès, de Sippara, de Calah-Sergat, et de bien d'autres monticules de cette contrée qu'un voyageur compare à une Suisse archéologique, les fouilles en Mésopotamie se trouvèrent bientôt à l'ordre du jour. On ne désespéra plus de rencontrer les restes d'autres villes voisines de Ninive et dont la renommée était tout aussi considérable.

Babylone bientôt attira le regard.

Des voyageurs instruits, Nieburh, Rich, Ker Potter en avaient déjà exploré les ruines. Ils avaient donné sur leur situation quelques détails précis et intéressants. M. Layard, à son tour, s'en occupa activement. Un autre Anglais, sir Henri Rawlinson, le premier déchiffreur des caractères cunéiformes, y porta ensuite toute son attention. Il en explora les restes, les rapprocha des textes anciens, lut bon nombre d'inscriptions et mit enfin en pleine lumière les principaux résultats que l'on pouvait obtenir.

Le gouvernement français, à son tour, ne resta pas en arrière. Un illustre assyriologue, M. Oppert, aidé de MM. Fresnel et Thomas, l'un homme de science, l'autre artiste de talent fut envoyé en Mésopotamie (1852-1853). L'expédition parcourut toute la contrée, s'enquit d'abord à Ninive des résultats acquis et de la méthode suivie dans les fouilles, puis gagna le cours de l'Euphrate, descendit jusqu'à Babylone, au lieu voisin de la ville turque de Hillah, et là commença ses recherches et ses vérifications. De cette expédition, dont les travaux ont été contrôlés et complétés par les études des Lenormant, des Rawlinson, des Layard, des Menant, des Renan et

des Maspero, date la véritable théorie archéologique et historique relative aux fouilles babyloniennes.

Combien cette autre capitale ne devait-elle pas attirer les efforts, les investigations de la science! N'était-ce pas « cette reine de l'Orient » qui avait hérité de la fastueuse puissance de Ninive livrée aux flammes? N'était-ce pas la ville des Sémiramis et des Nabuchodonosor, celle qu'avait prise Cyrus et qu'avait pillée Xerxès?

« N'était-ce pas là, comme dit Nabuchodonosor lui-même, cette grande Babylone dont j'ai fait le siège de mon empire, que j'ai bâtie dans la grandeur de ma puissance et dans l'éclat de ma gloire? »

Quelle curiosité anxieuse ne devait pas naître dans l'esprit à l'idée de fouiller pour la première fois, après tant de siècles, les débris d'une ville dont les monuments comptaient parmi les *Merveilles* de l'ancien monde! Peut-être allait-on rencontrer quelque pan de ces anciens murs sur lesquels six chars pouvaient passer de front. Peut-être quelque arbre centenaire, débris des fameux jardins suspendus, ombrageait encore leurs ruines effondrées. Peut-être enfin la terre avait-elle conservé quelque chose de cette fameuse tour de Babel, le lieu où « les langues s'étaient confondues, » et dont la destruction avait été le signal de la dispersion des peuples sur la surface de la terre. Tant de souvenirs, tant de traditions, tant de légendes... et tant de rêves allaient-ils enfin trouver une base réelle; la terre allait-elle s'ouvrir pour raconter à son tour ces antiques histoires?

On pouvait craindre de n'obtenir que des résultats négatifs. Babylone, en effet, n'avait jamais été absolument abandonnée pendant l'antiquité et le moyen âge. Sur les ruines anciennes — de destruction facile, car elles aussi consistaient en matériaux d'argile, — sur ces ruines et à côté de ses ruines, des villes, des villages s'étaient bâtis, qui s'étaient ruinés à leur tour. Séleucie et Ctésiphonte s'étaient, on le savait, construites tout entières

à ses dépens. Du temps de saint Jérôme, les rois Parthes avaient fait de son enceinte un parc pour chasser les bêtes féroces. La ville arabe de Hillah avait si bien mis à profit le voisinage de cette mine abondante en matériaux tout préparés, que M. Oppert reconnaissait par dizaines, sur les murs de sa chambre à coucher, des traces d'inscriptions babyloniennes.

Devait-on craindre que les paroles de la Bible ne fussent accomplies à la lettre et que de l'orgueilleuse cité, il ne restât plus pierre sur pierre? « Là se coucheront les animaux du désert; leurs demeures seront habitées par des chouettes, les chacals crieront ainsi que les chiens dans les maisons de leurs voluptés! »

Il faut avouer qu'une partie de cette prédiction se trouva réalisée et que les résultats obtenus furent loin d'être aussi satisfaisants que les découvertes faites à Ninive. Babylone a énormément souffert. Je ne sais même si l'on peut dire que l'on ait trouvé sur son emplacement autre chose que des masses informes et sans traces des arrangements anciens; plutôt de quoi soulever de nouveaux doutes que des faits certains apportés pour résoudre les anciennes conjectures.

Au point de vue archéologique, les fouilles de Babylone ont été presque nulles; un énorme lion en basalte d'un travail médiocre, quelques restes de murs et de canaux, quelques crampons de bronze, ce fut là tout le butin sur lequel dut s'ingénier la sagacité des érudits. « Aujourd'hui, dit M. Raoul-Rochette, la plaine où fut Babylone est couverte, sur une étendue de dix-huit lieues, de débris, de monticules à demi renversés, d'aqueducs et de canaux à demi comblés. Ces décombres se sont mêlés à un tel point, qu'il est souvent impossible de reconnaître la place et les limites certaines des édifices les plus considérables. La désolation y règne dans toute sa laideur. Pas une habitation, pas un champ cultivé, pas un arbre en feuilles; c'est un abandon complet de l'homme et de la nature. Dans les

cavernes formées par les éboulements ou restes des antiques constructions habitent des tigres, des chacals, des serpents et souvent le voyageur est effrayé par l'odeur du lion. »

Heureusement l'abondante moisson d'inscriptions trouvées dans les ruines de la ville put compenser en quelque chose l'insuffisance des résultats que les voyageurs s'étaient donné tant de peine à réunir. Si l'on ne rencontrait pas les palais, on put au moins prétendre à fixer leur ancien emplacement et l'on put dire quelque chose sur l'histoire des rois qui les avaient élevés.

C'est ainsi que l'on put déterminer, d'après des traces de talus anciens, la position ancienne et l'étendue de Babylone.

A l'endroit dit *El-Kasr* (le château) ou *Mudjelibeh* (la ruine) on retrouva les restes du palais que Nabuchodonosor fit, selon Bérose, élever en dehors de celui de ses pères. Ce palais était fait de briques cuites et souvent vernissées. On trouva même, chose extrêmement remarquable, des traces de peintures à l'encaustique.

Au milieu de ces ruines, à l'endroit le plus élevé et le plus aride, se dresse un arbre gigantesque, le seul végétal considérable de toute la contrée. Sa vieillesse, l'isolement où il se trouve, la manière dont il a poussé sur un terrain si ingrat, ont fait naître à son sujet bien des légendes.

Les Arabes racontent que lorsque Ali livra la bataille de Hillah il se trouvait sur cette hauteur. Là il aurait fait sortir de terre ce superbe tamarix en enfonçant son bâton, pour s'abriter des rayons du soleil. Sur cette légende des voyageurs ont renchéri encore. Ils ont voulu reconnaitre dans cet arbre quelque survivant de ceux qui décoraient les jardins suspendus de Babylone. Il est inutile d'insister sur ce qu'il y a d'invraisemblable dans l'existence d'un arbre de 2500 ans. Constatons simplement que les jardins suspendus étaient en un autre endroit plus voisin du Tigre.

Le château dont les ruines se trouvent maintenant à *El-Kasr*, était autrefois le centre même de Babylone, l'acropole on l'arx. Deux enceintes l'entouraient ; des jardins, des cours, des dépendances de toutes sortes s'y rattachaient ; des aqueducs y conduisaient les eaux. On trouva des briques gravées constatant l'existence de ces anciens bâtiments. La plus importante de toutes ces inscriptions et la plus générale disait :

« Nabuchodonosor, roi de Babylone, restaurateur de la pyramide, et de la tour, fils de Nabopolassar, roi de Babylone, moi.

« Je dis : J'ai construit le palais, le siège de ma royauté, le cœur de Babylone dans la terre de Babylone ; j'ai fait poser les fondations à une grande profondeur au-dessous du niveau du fleuve. J'ai relaté sa construction sur des cylindres couverts de bitume, et sur des briques.

« Avec ton assistance, ô dieu Mérodach, le sublime, j'ai bâti ce palais indestructible. Que ma race trône à Babylone, qu'elle y élise sa demeure, qu'elle y septuple le nombre des naissances. Puisse-t-elle, à cause de moi, régner sur des peuples de Babylone jusqu'en des jours reculés ! »

Un peu au sud de *El-Kasr*, et réunis peut-être à lui par une même enceinte, s'étageaient graduellement les fameux jardins suspendus, au lieu nommé maintenant *Tell Amran ibn Ali*.

La hauteur du tumulus actuel est d'environ 30 mètres. Au pied se creuse un grand ravin, dans lequel M. Oppert reconnut l'ancien lit de l'Euphrate. Au sein de la colline, on rencontra un grand nombre de tombeaux anciens mais fouillés déjà, et qui ne pouvaient guère remonter à une date plus haute que l'empire des Parthes.

Sur les jardins, l'antiquité nous a laissé de nombreux renseignements. Le plus explicite de tous les auteurs qui en ont parlé est Diodore de Sicile : « Il y avait, dit-il, près de l'Acropole, le jardin dit suspendu, qui n'était

pas l'œuvre de Sémiramis, mais celle d'un roi syrien postérieur, qui le fit construire pour complaire à sa maitresse. Celle-ci étant, à ce qu'on dit, Perse d'origine, demanda, dans son désir de voir des prairies accidentées, que le roi imitât par une plantation artificielle le caractère spécial du pays de la Perside.

« Le jardin s'étend de chaque côté, environ de quatre plèthres; il présente une montée accidentée et des édifices qui s'y tiennent les uns aux autres en offrant ainsi une mise en scène théâtrale. Au-dessous des montées artificielles, il y avait des arcades pour supporter à la fois la pesanteur de la masse du jardin, et les arcades hautes étaient plus longues et avançaient sur celles qui étaient bâties dessous. La dernière voûte, la plus élevée, avait 50 coudées de hauteur ; au-dessus d'elle se trouvait la plus haute plate-forme dont l'élévation égalait celle de l'enceinte crénelée. Puis les piliers étaient construits avec une grande solidité; ils avaient 22 pieds d'épaisseur, et chacun était séparé de l'autre par un intervalle de 10 pieds.

« Les étages étaient couverts par des poutres en pierre qui mesuraient, avec la partie qui dépassait, 16 pieds de longueur et 4 de largeur. L'étage ainsi construit avait sur ces blocs de pierre un parquetage de roseaux mêlé de beaucoup d'asphalte, ensuite une double couche de briques reliées avec du plâtre. Cette troisième structure était garantie par une couverture en plomb afin que l'humidité de la terre apportée ne pénétrât pas dans les profondeurs. Sur cette base on avait accumulé une masse de terre suffisante pour contenir les racines des plus grands arbres.

Toute cette surface, en forme de plancher aplani, était remplie d'arbres qui pouvaient enchanter le spectateur par leur grandeur et leurs autres agréments. Les tunnels eux-mêmes recevaient la lumière par les voûtes qui leur étaient superposées; ils avaient des emplacements en grand nombre et offraient beaucoup de variété

pour que les rois pussent y séjourner. Au niveau de la vue la plus élevée, il y avait un édifice ayant des tranchées perpendiculaires et des machines pour porter l'eau à la hauteur : on tirait par ces moyens une quantité d'eau du fleuve, sans que personne au dehors pût s'en apercevoir. Ce jardin, comme je l'ai annoncé plus haut, était d'une construction plus récente. »

D'après cette description, que Diodore emprunta lui-même à des auteurs plus anciens, on peut s'imaginer facilement l'aspect à la fois singulier et délicieux que devait offrir l'ensemble de la construction. Les jardins en forme de colline s'élevaient graduellement vers l'intérieur des terres. Leur pied baignait dans le fleuve. Sous la construction colossale des piliers et des voûtes qui en soutenaient la masse, des chambres étaient disposées et pouvaient servir d'habitations royales. La dernière plate-forme, celle qui couronnait l'œuvre, pouvait avoir à peu près l'étendue de la grande cour du Louvre.

Il va sans dire, qu'aujourd'hui, l'ensemble de la construction s'est effondré. Ce monument fait, à force de bras, pour satisfaire un caprice de femme, était à la fois la plus hardie et la plus étonnante, mais aussi la plus déraisonnable et la plus fragile de toutes les œuvres de l'homme.

Aussi l'ensemble de la ruine actuelle ne présente plus que de vagues points de ressemblance avec les descriptions que nous ont laissées les anciens. La sécheresse et les inondations, les racines des arbres vivants et la chute des arbres morts, les bouleversements naturels et les destructions voulues ont suffi pour tout changer, tout confondre.

Chose curieuse, on n'a retrouvé jusqu'ici, dans les ruines de Babylone, aucune trace assyrienne de l'existence des jardins suspendus. Ce n'a donc été que par des conjectures tirées des auteurs anciens et de l'état actuel des lieux qu'on a pu aboutir à une identification qui,

d'ailleurs, est encore aujourd'hui discutée par plusieurs savants.

Au nord des monticules d'El-Kasr et de Tell Aram dont l'ensemble formait la *Cité royale* par excellence, une masse de ruines importantes et d'une forme toute particulière attirait l'attention des visiteurs. Le nom seul de cette ruine suffisait pour éveiller la curiosité : les Arabes l'appellent Babil. Déjà Rich avait fait des fouilles en cet endroit. M. Layard avait, non sans succès, percé quelques tranchées et avait atteint des formes de chambres et des murs ruinés. M. Oppert reprit les recherches. Comme ses prédécesseurs il trouva des pierres, des briques et même des verreries.

Mais tout cela ne présente point encore de résultat complet. Il faut se contenter jusqu'ici, en attendant qu'on puisse fouiller jusqu'au centre même de la masse, d'étudier la forme générale de cet énorme terrassement et d'essayer de rapprocher l'état actuel, des descriptions que nous ont laissées les anciens auteurs. Pour les uns c'est le temple de Jupiter, le Bel des Assyriens; pour d'autres c'est le tombeau de Bélus, le sépulcre du dieu immortel, l'endroit même où les prêtres chaldéens rendaient leurs oracles et sur lequel s'acharna la fureur destructive de Xerxès. La forme générale de l'édifice était, suivant M. Oppert, celle d'une pyramide très élancée. Sur la plate-forme qui la couronnait, trois statues divines appelaient l'attention et la vénération des adorateurs du dieu national assyrien.

Si nous ajoutons à ces différentes ruines la mention de quelques autres moins importantes comme *El Homeira* où l'on trouva beaucoup de poterie et de verrerie; un tumulus où l'on crut reconnaître les restes du *tombeau d'Héphestion*, construit par Alexandre; les traces des quais, arrangés de façon à arrêter la violence des inondations, et celles des murs d'enceinte de l'Acropole, il ne nous restera plus qu'à insister un instant sur deux

Babil.

rniers vestiges, dignes à eux seuls d'attirer toute l'at-tion des chercheurs et des curieux : ceux des murs nceinte de la ville et de la Tour de Babel.

Les restes de ces fameux murs d'enceinte que l'anti-ité grecque plaça au nombre de ses merveilles, sont connaissables encore aujourd'hui dans une série de mulus, désignés par les Arabes sous les noms de *ou Bezzoum* (*collines aux Chats*), *Toloul Soufar* (les llines jaunes) *et Tell Zawiyeh*, (collines du coin). Du oins c'est l'identification qu'à proposée M. Oppert, et le répond, d'une manière très satisfaisante, aux ren-eignements que nous ont fournis les auteurs grecs et tins, confirmés par la lecture des inscriptions assy-ennes.

Ces murailles immenses formaient une double en-einte dans la forme d'un carré très exact. La première e ces enceintes embrassait un territoire grand comme e département de la Seine ; dans la seconde, la plus pe-ite, la ville de Londres eût tenu à l'aise. L'enceinte exté-ieure portait le nom *d'Imgur Bel* (que Bel le protège) ; a seconde le nom de *Nivitti Bel* (le séjour de Bel).

C'est ce qu'atteste la précieuse inscription de Nabu-chodonosor.

« *Imgur Bel* et *Nivitti Bel*, voilà le grand mur de Babylone que Nabopolassar, roi de Babylone, le père qui m'a engendré, commença sans en achever la ma-gnificence. Il fit les creusements ; deux fossés énor-mes furent construits, dont il limita les bords par du bitume et des briques. Il fit des fossés concentriques et il entoura de digues les bords de l'Euphrate ; mais il n'accomplit pas son œuvre..... Pour moi, je fis me-surer *Imgur Bel*, le grand mur de Babylone, l'inexpu-gnable, qu'aucun roi n'avait fait avant moi : 4000 ma-hargagars (72 000 pieds ou 120 stades, c'est le côté du grand carré de Babylone), voilà la superficie de Baby-lone. Je fis en guise de refuge inexpugnable, ce mur, le boulevard du soleil levant de Babylone. J'exécutai

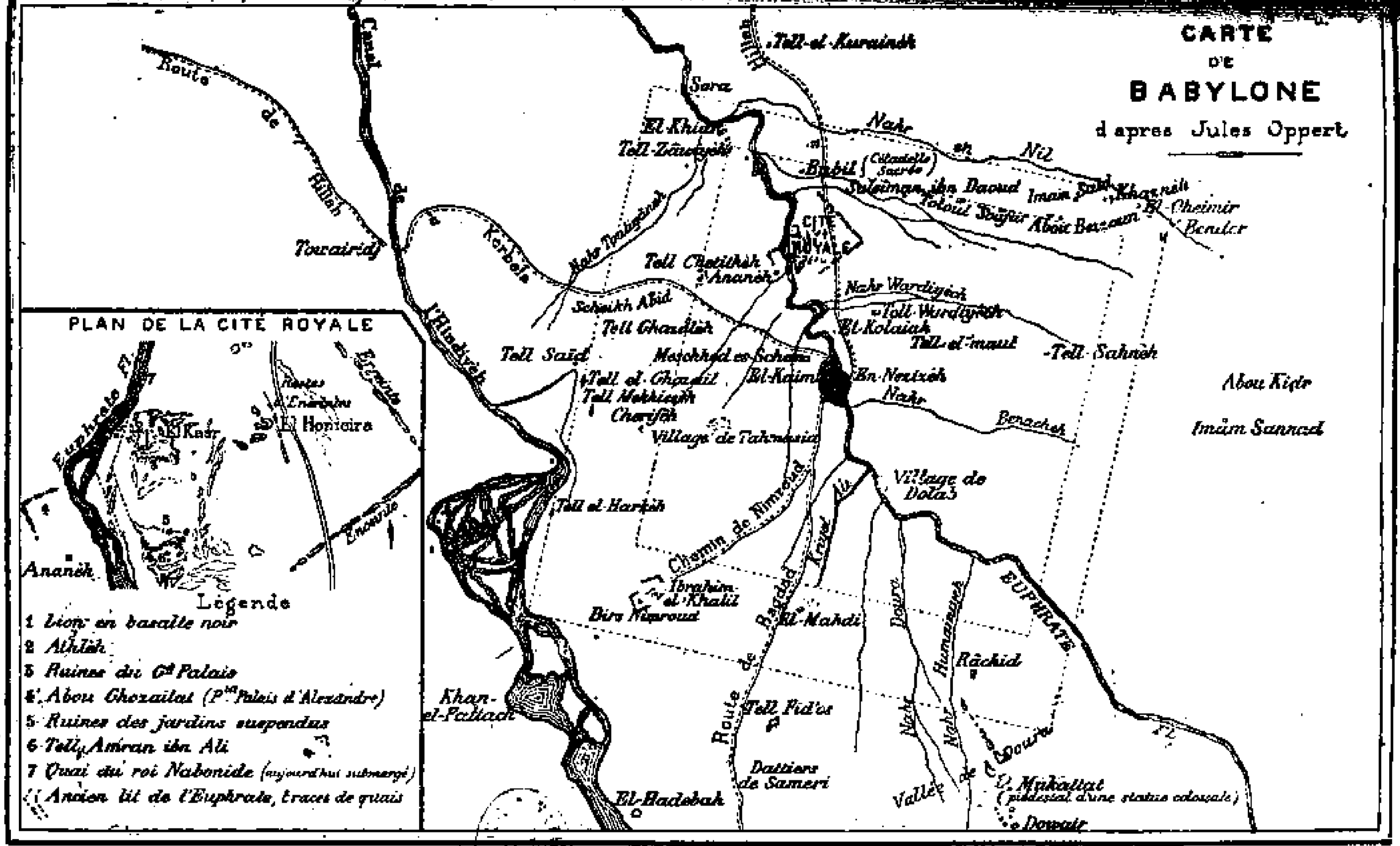
les creusements et les bords, je les bordai en bitume e en briques. Un autre grand mur, je le bâtis en deçà d celui-ci comme un renfort, je l'entourai de grand portes..... »

Et, dans une autre inscription également traduite pa M. Oppert, il ajoute ces détails intéressants :

« Babylone est le refuge du dieu Mérodach. J'ai achev Imgur Bel, sa grande enceinte. Dans les seuils de grandes portes j'ai ajusté les battants en airain, de rampes et des grilles très fortes. J'ai creusé ces fossés j'ai atteint le fond des eaux, j'ai construit les bords d la tranchée en bitume et en briques. Voulant préserve plus efficacement la pyramide et la défendre contre l'en nemi, et contre les attaques qui peuvent être dirigées sur Babylone l'impérissable, je fis construire en maçonnerie, dans les extrémités de Babylone, une seconde grande enceinte, le boulevard du soleil levant, qu'aucun roi n'avait fait avant moi. Je fis creuser les fossés et je consignai sur des barils la construction de ses bords. Tout autour je fis couler de l'eau dans cette digue immense de terre. A travers ces grandes eaux comparables aux abîmes de la mer, je fis faire un conduit ; j'ai fait murer ces grands fossés avec des briques, j'ai fait construire ce mur pour garantir les produits de la plaine de Babylone ; j'en ai fait un refuge pour les contrées de Soumir et d'Accad. »

Telles furent, si nous en croyons le constructeur lui-même, ces murailles célèbres qui contenaient une enceinte assez grande pour suffire à la nourriture des populations assiégées. Aristote compare quelque part la grandeur de Babylone à celle du Péloponèse. Ce n'est point là une ville, dit-il, c'est plutôt une province. Quand Cyrus vint mettre le siège devant la capitale de la Chaldée il ne put s'en emparer qu'en dérivant le cours de l'Euphrate. Le mur solidement bâti et la ville bien approvisionnée lui eussent peut-être, sans cette hardie et coûteuse entreprise, résisté indéfiniment.

CARTE
DE
BABYLONE
d'après Jules Oppert



PLAN DE LA CITÉ ROYALE

1 *Lion en basalte noir*
2 *Athlah*
3 *Ruines du Gd Palais*
4 *Abou Ghozailat (P.te Palais d'Alexandre)*
5 *Ruines des jardins suspendus*
6 *Tell Amran ibn Ali*
7 *Quai du roi Nabonide (aujourd'hui submergé)*
Ancien lit de l'Euphrate, traces de quais

Quand Hérodote visita la contrée, ces murs existaient encore en partie. Il les décrivit à son tour. Le récit du *Père de l'Histoire*, sur lequel se bâtit toute la légende postérieure est bon à rapprocher des renseignements que nous a donnés l'inscription et que les études faites sur le terrain ont permis de vérifier.

« En Assyrie, dit Hérodote (I, ch. 178 et suiv.), il y a beaucoup de grandes cités entre lesquelles s'est trouvée Babylone, la plus fameuse et la plus forte de toutes après la destruction de Ninive. Cette ville est assise en une grande plaine, sa forme est carrée et porte à chacun des quatre fronts, cent vingt stades. Voilà quant à son enceinte. Au regard de l'architecture il faut que j'affirme que sur ce point c'est la plus belle ville que j'aie jamais vue, car premièrement elle est ceinte d'un fossé large et profond, et qui est plein d'eau; la muraille est haute de deux cents coudées royales sur cinquante d'épaisseur: la coudée royale est plus grande que la moyenne de trois doigts.

« Mais il convient de dire en quoi a été employée la terre qu'on a tirée du fossé et de quelle matière a été faite la muraille. A mesure qu'ils fouillaient ils convertissaient la terre en briques, lesquelles ils cuisaient après en avoir moulé une grande quantité. Pour mortier, ils usaient de la vase ou limon nommé asphalte, lequel ils faisaient chauffer avant de le mettre en œuvre. Ils maçonnèrent premièrement les bordures de la douve du fossé jusqu'à trente couches de briques entre lesquelles ils mettaient des lits de joncs cousus et entrelacés. Ils bâtirent après la muraille de mêmes matières. Sur le haut de celle-ci, près des entablements, ils firent des petites loges et échauguettes à l'opposite l'une de l'autre, laissant entre deux un espace pour la largeur d'un chariot. Cent portes percent cette muraille, lesquelles sont toutes de métal ainsi que leurs pivots, tourillons et architraves.....

« Le fleuve Euphrate divise la ville en deux parties,

lequel coulant des montagnes d'Arménie se trouve large et profond et coule vers la mer Rouge avec une grande force. De l'un et l'autre bord la muraille jette ses arêtes bien avant dans celui-ci, auxquelles se relient des douves faites de briques, qui règnent le long de chaque bord. La ville est pleine de maisons à trois et quatre étages, elle est divisée par des rues droites et autres de telle sorte que celles qui la traversent aboutissent à la rivière : chaque rue a une poterne d'airain dans la muraille de la douve. Il y a autant de portes que de rues : elles sont toutes également d'airain et ouvrent sur le fleuve.

« La seconde muraille, celle qui entoure la ville en dedans, n'est guère moins forte que la première bien qu'elle soit plus étroite. Il y a une clôture au milieu de l'une des parties de la ville où est bâti le palais royal ; celui-ci est entouré d'une grande et forte muraille. Dans l'autre partie est le temple de Jupiter. »

Ces superbes murailles concentriques ne durèrent pas longtemps après la conquête persane. Quoique les rois de la nouvelle dynastie prissent plaisir à habiter la fastueuse ville, ils avaient trop lieu de craindre l'insoumission de ses habitants pour lui laisser toute sa force. Entamé par Cyrus, dépouillé par Darius, à demi renversé par Xerxès, le mur extérieur n'existait plus vers le quatrième siècle avant notre ère. Jérémie dit, et la prédiction devait s'accomplir : « Les murs de la grande Babel seront rasés jusqu'aux fondements et ses hautes portes seront brûlées par le feu. »

Le mur de l'intérieur dura plus longtemps, peut-être jusqu'à l'époque d'Alexandre; mais les projets que le conquérant de l'Asie conçut au sujet du rétablissement de la ville dans son ancienne splendeur, ces projets moururent avec lui. Aujourd'hui une masse de briques entassées, des tumulus vagues et que leur direction suffit seule à caractériser en sont les traces uniques; et c'est au milieu de ruines informes qu'il faut chercher les restes

Plaine de Babylone.

des constructions que les Nabuchodonosor élevaient pour l'éternité. « C'est la vengeance du Seigneur [1]. »

Au milieu même de ces ruines, à une distance assez grande de la ville de Hillah, dans une situation qui correspond à peu près à l'un des angles du grand quadrilatère formé par la muraille, une masse énorme attire l'œil vers le sud, comme une autre masse, Babil, l'attire d'autre part, vers le nord. Là encore le nom moderne éveille la curiosité : c'est le *Birs-Nimroud* (Tombeau de Nemrod). Cette curiosité se change en une attente anxieuse quand on sait que l'on a devant soi ce qui reste de la Tour de Babel.

« Pour aller au Birs-Nimroud, la route, dit M. Oppert, n'inspire pas un grand intérêt; mais ce qui domine l'esprit du voyageur, c'est l'aspect de l'immense ruine que l'on aperçoit bien loin au delà de l'Euphrate à partir du Kasr-Ikenderich, à moitié chemin entre Bagdad et Babylone. Le Birs-Nimroud apparaît bientôt après la sortie de Hillah, comme une montagne que l'on croit pouvoir atteindre immédiatement et qui recule toujours. Mais l'effet est bien plus saisissant quand l'atmosphère — et c'est le cas, à la pointe du jour et vers le soir, — est obscurcie par le brouillard. Alors on ne voit rien pendant une heure et demie; tout à coup, le brouillard semble se déchirer comme un rideau et fait entrevoir la masse colossale du Birs-Nimroud, d'autant plus intéressante que son aspect frappe de plus près et d'une manière complètement inattendue. »

Combien l'intérêt s'accroît si l'on sait que cette ruine imposante n'est rien autre chose que la Tour de Babel elle-même !

Le Birs a encore aujourd'hui 46 mètres de hauteur. Des pans de murs, des débris de briques cuites, des blocs vitrifiés ne cubant pas moins de cent mètres, des éboulements à demi calcinés attestent l'immensité du

[1] Jérémie.

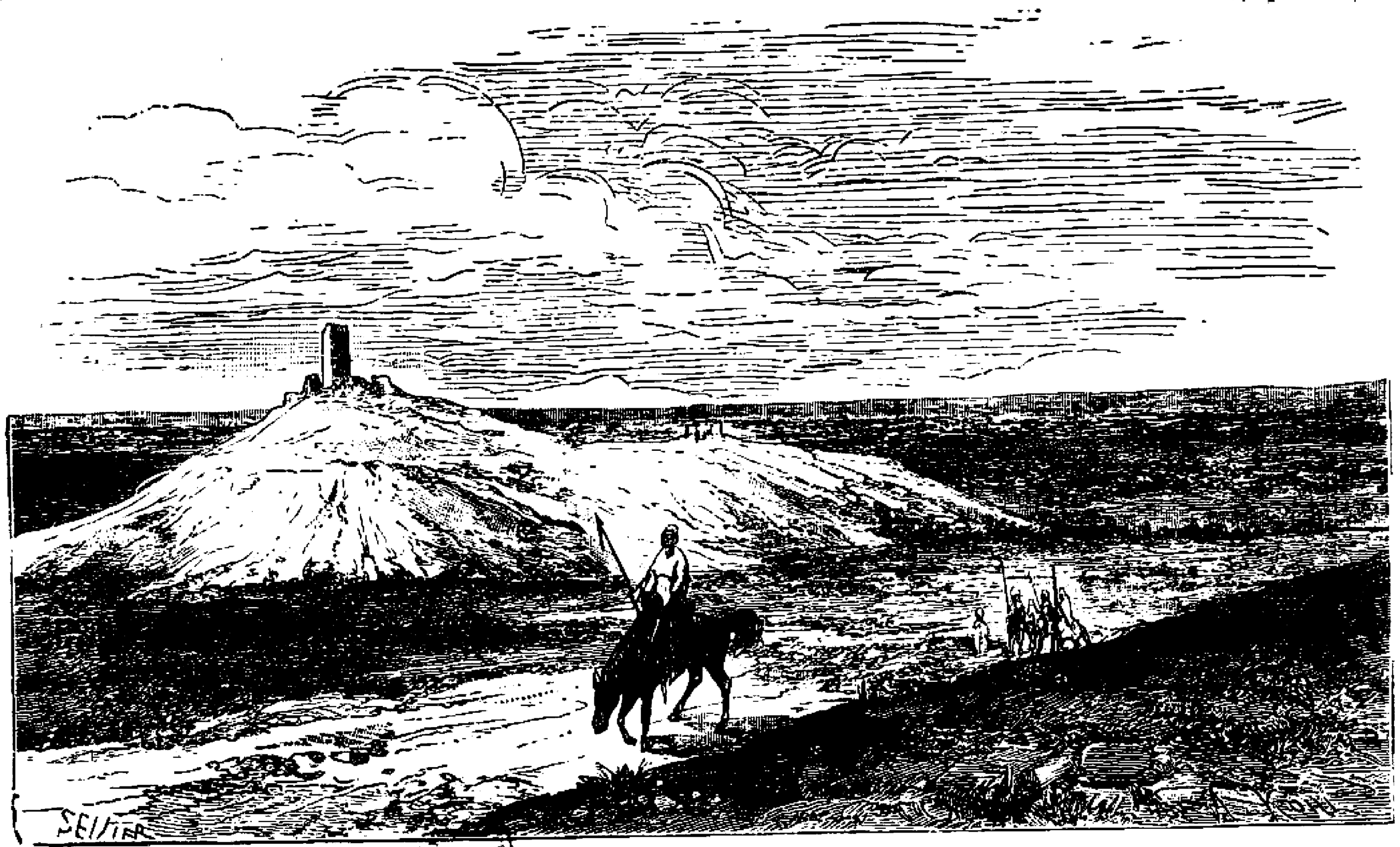
monument, et la grandeur de la chute dans laquelle il a péri.

Un pan de mur, le plus important de tous, a encore 11 mètres et demi de hauteur sur 8 mètres de largeur. On peut y reconnaitre la nature des matériaux et le soin apporté dans la construction. Briques rouges, ciment blanc et roseaux interposés répondent bien aux descriptions laissées par les anciens. Tout autour de la masse générale, des éboulements partiels sèment la plaine et forment une montueuse surface de poussière rouge et de briques en fragments. Le pourtour de la ruine à la base est de 700 mètres.

Les recherches de M. Oppert complétées plus tard par le colonel Rawlinson, amenèrent les découvertes les plus curieuses. Elles établissaient d'une façon inéluctable que le Birs-Nimroud n'était rien autre chose que le temple des sept lumières de la Terre, la Tour que Nabuchodonosor se vante d'avoir restaurée (après une première et ancienne destruction), la maison éternelle de Borsippa, le sanctuaire d'Apollon et d'Artémis, de Strabon et d'Arrien, la tour d'Hérodote qui était, à Borsippa, considérée encore comme faisant partie de Babylone, en un mot le monument élevé sur l'emplacement et peut-être sur les bases de la Babel biblique.

« Mais il n'y avait sur la terre qu'une seule langue que tous les hommes parlaient. Et comme ils étaient partis de l'Orient, ils trouvèrent une plaine dans le pays de Sennaar et ils y habitèrent. Et ils se disaient les uns aux autres : « Allons, faisons des briques et cui-« sons-les dans le feu. » Ils eurent donc des briques au lieu de pierres et se servirent de bitume au lieu de ciment, et ils disaient : « Allons, faisons-nous une ville et une « tour dont le sommet touche au ciel et faisons-nous « un nom afin que nous ne soyons pas dispersés sur la « surface de toute la terre. »

« Et Yahveh descendit pour voir la ville et la tour que bâtissaient les fils de l'homme.



Birs-Nimroud (ancienne Babel).

« Et Yahveh dit : « Voici, ils sont un seul peuple, et « une seule langue est pour tous, et ceci est le com- « mencement de leurs œuvres, et maintenant rien ne « les empêcherait plus d'accomplir ce qu'ils auraient « projeté.

« Allons ! descendons et confondons leur langage, que « l'un n'entende plus le langage de l'autre. »

« Et Yahveh les dispersa de là sur la surface de toute la terre et ils cessèrent de bâtir la ville.

« C'est pour cela qu'on l'appela du nom de Bâbel, parce que là Yahveh confondit le langage de toute la terre et de là Yahveh les dispersa sur toute la surface de la terre. »

Hérodote à son tour avait donné de curieux détails sur le grand temple de Jupiter (Belus), l'honneur de Babylone. Il l'avait vu lui-même. C'était selon lui une série de tours superposées, en retraite les unes sur les autres. Au haut de l'édifice était construit un temple. Dans ce temple un lit en or et une table en or étaient toujours préparés, attendant la visite du dieu. En bas de l'édifice, il y avait un autre temple, où sur un autel se faisaient les sacrifices. Tout cela était couvert d'ornements et de lames en or que Xerxès enleva et fit fondre lors de la conquête.

Ce sanctuaire subsista longtemps encore. Il était situé dans une sorte de faubourg de Babylone qui s'appelait Borsippa (*Borsif.*) La tradition du moyen âge indiquait ce lieu comme celui où les langues s'étaient confondues, et les Talmudistes, qui perpétuèrent à Babylone le seul souvenir de la civilisation ancienne, rattachaient l'étymologie du nom de Borsippa à cette idée de la confusion des langues (*Balal, séfah*).

Le Borsippa de l'antiquité est certainement le Birs-Nimroud actuel. De plus la forme des ruines et jusqu'à certains détails des briques coloriées, rencontrées aux différents étages du massif répondent bien aux descriptions des anciens auteurs.

Tant de rapprochements curieux poussaient à reconnaître dans les ruines du Birs les restes mêmes du temple de Belus et l'emplacement de la tour de Babel. Les inscriptions trouvées dans les ruines ne firent que confirmer ces hypothèses.

M. Rawlinson trouva et M. Oppert publia le premier cette inscription désormais fameuse où Nabuchodonosor célèbre la fondation de l'édifice. Les passages les plus importants étaient traduits ainsi qu'il suit :

« Nabuchodonosor roi de Babylone, pasteur des peuples, etc... Nous disons, Mérodach, le grand seigneur, m'a lui-même engendré, il m'a enjoint de reconstruire; ses sanctuaires.... Le premier édifice qui est le temple des assises de la terre et auquel se rattache le plus ancien souvenir de Babylone, je l'ai refait et terminé en briques et en cuivre, j'en ai relevé le faîte.

Nous disons pour l'autre qui est cet édifice-ci, le temple des sept lumières de la terre (les sept planètes) et auquel remonte le plus ancien souvenir de Borsippa ; un roi antique le bâtit (on compte de là quarante-deux vies humaines. Mais il n'en éleva pas le faîte. *Les hommes l'avaient abandonné depuis les jours du déluge, en désordre proférant leurs paroles.* Le tremblement de terre et le tonnerre avaient ébranlé la brique crue, avaient fendu la brique cuite des revêtements ; la brique crue des massifs s'était éboulée en formant des collines. Le grand dieu Mérodach a engagé mon cœur à le rebâtir. Je n'en ai pas changé l'emplacement, je n'en ai pas altéré les fondations. Dans le mois du salut, au jour heureux, j'ai percé par des arcades la brique crue des massifs et la brique cuite des revêtements. J'ai ajusté les rampes circulaires ; j'ai inscrit la gloire de mon nom dans les frises des arcades.

« J'ai mis la main à reconstruire la tour, et à en élever le faîte ; comme jadis elle dut être, ainsi je l'ai refondue et rebâtie : comme elle dût être dans les temps éloignés, ainsi j'en ai élevé le sommet. »

On voit assez combien cette inscription, dans les termes de la traduction de M. Oppert, devait éveiller l'attention générale. Ne dût-on y reconnaître que la communauté d'origine des légendes juives et chaldéennes, que le résultat appliqué à un fait si précis et si grave eût été des plus importants. On le remarquera, ce n'était plus seulement la question de l'existence de la Tour de Babel qui était résolue par ce nouveau document ; c'était le fait même de la dispersion des peuples à la suite de la confusion des langues. Certes l'affirmation d'un fait si grave, émanant des deux sources si diverses, si anciennes et si respectables, ne pouvait manquer de tenir une grande place dans l'histoire des civilisations anciennes et dans la théorie des origines du langage.

Malheureusement la traduction proposée par M. Oppert était peut-être un peu prématurée, et le parti qu'on en tira aussitôt dans des livres de polémique l'était plus encore. Une traduction nouvelle fut bientôt proposée, elle rallia tous les suffrages, même celui de M. Oppert. Voici cette nouvelle traduction. Peut-être n'est-elle pas encore exempte de quelques défauts, mais les points principaux ont été livrés à une discussion assez étroite pour qu'on les considère désormais comme acquis à la science :

« Nabuchodonosor, etc. Je dis ceci : Le temple des sept lumières de la Terre, le Zigurrat de Barsippa, fut bâti par un roi ancien. Il couvrait 40 mesures de terre ; mais il n'en éleva pas le faîte. Les hommes l'avaient abandonné depuis le jour de l'inondation, dont ils n'avaient pas dirigé le cours. La pluie et les orages avaient dispersé les ouvrages d'argile, et les revêtements de ses murs. L'argile s'était effondrée avec la terre et formait un monceau de ruines. Le grand dieu Marduk a excité mon cœur à le rebâtir. Je n'ai pas changé l'emplacement. Je n'ai pas touché à son *timin*. ... J'ai mis la main à cette reconstruction ; j'ai élevé le faîte (de l'édifice) ; je l'ai fondé, je l'ai reconstruit,

comme il était jadis, comme il était dans les temps anciens et j'en ai élevé le faîte[1]. »

On le voit, plus de traces, maintenant, de déluge ou de confusion des langues; l'un est devenu l'inondation habituelle de l'Euphrate; l'autre la négligence non moins habituelle des hommes. Les quarante-deux vies humaines sont devenues des mesures de longueur. Tout le reste du document, sans être absolument transformé, a pris ainsi, détails par détails, une signification tout autre, et d'ailleurs parfaitement raisonnable.

Peut-être devant cette explication, l'idée de la Tour de Babel rentre dans le domaine de la légende; mais il reste toujours, et c'est assez pour l'histoire, le souvenir d'un des plus anciens monuments de la Chaldée et de la reconstruction entreprise par Nabuchodonosor.

En rapprochant les renseignements fournis par les inscriptions de l'état actuel de la ruine et des récits des anciens auteurs, M. Rawlinson a pu essayer une restauration du Temple des sept lumières, ou des sept planètes. C'était, comme nous l'apprend Nabuchodonosor lui-même, une *Zigurrat*.

On appelait ainsi un genre de monuments, spécial à la Chaldée, dont l'ensemble formait une pyramide à étages, composée d'une série de terrasses superposées, en retraite l'une sur l'autre, la dernière plate-forme portant le sanctuaire de la divinité. Un de ces édifices, représentés sur les bas-reliefs de Babylone, a permis de se faire une idée très exacte de leur forme habituelle. Chacun des étages — ici au nombre de sept, — était consacré à une divinité spéciale, — ici chacune des planètes. — Des couleurs diverses étaient consacrées à chacune d'entre elles et devaient être ici appliquées à chacun des étages successifs. C'était en partant de la base et en s'élevant progressivement : le noir pour Saturne, le blanc pour Vénus, l'orange pour Jupiter, le

Ménant, *Babylone et la Chaldée*, p. 217.

bleu pour Mercure, l'écarlate pour Mars, l'argent pour la Lune, et enfin l'or pour le Soleil. C'était à ce dernier dieu, le Bélus, le dieu suprême et comme la clef de voûte de l'Olympe babylonien que le temple, en somme, était dédié. C'était là que ses prêtres rendaient leurs oracles; c'était là que s'accomplissaient les mystères trop souvent obscènes de la magie chaldéenne.

De tous les monuments babyloniens ce temple devait, si l'on en juge par la masse des ruines et par l'usage, être le plus important. Par suite de la légende qui s'y trouva quelque temps attachée ce fut, de tous, celui vers lequel l'attention de la science se porta principalement. De tous aussi c'était le seul qui pût montrer encore des ruines ayant quelque forme, et dont les descriptions anciennes eussent entre elles quelque concordance.

On le voit, cependant, que d'incertitudes encore sur le caractère et l'aspect général du monument! combien peu nous suffisent ces seuls restes de tant de splendeur qui sont parvenus jusqu'à nous. Est-ce là ce grand sanctuaire, sont-ce là ces monuments merveilleux, est-ce là cette Babylone, « l'ombilic du monde », celle dont le nom est encore le synonyme du luxe le plus effréné et de la civilisation la plus raffinée?

Si le poète trouve dans ces débris une si vaine et si rare pâture à sa curiosité, l'archéologue n'y rencontrera-t-il point quelque satisfaction plus complète? Une colonne, un torse, un bas-relief à demi rongé suffit pour révéler à son œil attentif les principes d'un art ancien, et l'idéal que d'autres hommes ont essayé de réaliser. Mais à Babylone, pas même une colonne, pas un bas-relief, pas un fragment satisfaisant d'une œuvre d'art importante.

C'est à peine, si de tant de recherches on a pu tirer cette unique conclusion certaine qui nous permet de nous représenter l'aspect des édifices de Babylone. Les édifices de cette capitale avaient une grande res-

semblance avec ceux de Ninive; ils ne devaient être que les produits d'une évolution dans un art dont les principes restaient au fond absolument identiques.

C'est donc à Ninive qu'il convient de retourner maintenant, et c'est dans les ruines de cette ville que nous chercherons les véritables modèles des anciennes constructions et la théorie complète de l'idéal rêvé par les artistes d'Assyrie et de Chaldée.

Notre intention n'est nullement, d'ailleurs, de donner ici un tableau exact et complet de l'ancienne ville. Nous ne le pourrions pas. Si heureux qu'aient été sur ce point les résultats des fouilles et des études qui les ont suivies on ne peut dire absolument que Ninive soit sortie de ses cendres, et qu'on puisse se faire une idée exacte de son état ancien. On discute même encore sur la véritable étendue de la ville, qui, semble-t-il, devait contenir plusieurs villes séparées par des champs et par des plantations, mais entourées d'une seule et immense circonvallation.

Ce que nous voulons c'est essayer de présenter une idée des arts et des mœurs du second empire assyrien, dont les rois les plus glorieux vécurent quelque huit siècles avant notre ère, et furent les contemporains des premiers successeurs de Salomon.

Le tableau que nous allons faire, nous l'emprunterons surtout au livre de M. V. Place. M. V. Place, complétant les recherches de M. Botta, put retrouver dans son ensemble et dans ses détails les restes encore majestueux du palais du premier des Sargonides, Saryoukin ou Sargon, le père du Sennachérib de la Bible.

Ce sont les restes de ce palais qui font en ce moment la plus belle partie de la collection des antiquités assyriennes du Louvre; collection bien incomplète, malheureusement, par suite du déplorable succès des envois de M. Place lui-même, mais suffisante encore pour donner une idée de l'idéal que concevaient les

ciens artistes assyriens, et de la perfection relative ils atteignaient dans l'exécution. Les remarques et résultats de MM. Botta et Place se complètent par travaux de M. Layard. C'est à ces différents livres e nous renverrons, pour autoriser l'exposé très incomplet que nous allons faire, et pour en combler utes les lacunes.

Nous avons dit déjà qu'il y avait plusieurs causes à disparition presque complète des anciens édifices de ette région. Celle de toutes qui leur fut la plus fatale, ut certainement la nature même de leurs constructions. A Babylone, dans un pays de plaines alluviales, l'absence absolue de carrières réduisit les habitants à ne faire usage dans leurs constructions que de la brique cuite au soleil. Cette habitude une fois prise, elle s'étendit à tous les peuples de ces contrées qui prenaient à tâche d'imiter les splendeurs de la grande ville chaldéenne.

A Ninive même, où la pierre se trouvait en assez grande abondance, on s'en servit peu. On la réserva pour les motifs d'ornementation et de sculpture, pour tracer des lignes architecturales, pour former les linteaux des rares fenêtres percées dans la masse.

L'ensemble des constructions, même des plus splendides, fut en briques. La nature particulière de cet élément, sa division, sa légèreté, et par contre son émiettement et sa destruction facile donnèrent à l'architecture assyrienne un caractère tout à fait particulier. L'ensemble est massif. Pas de ces lignes hardies et élancées, pas de ces colonnades à jour, pas de ces architraves à longues portées qui donnent à l'architecture égyptienne et surtout à l'architecture grecque tant de jour et tant de mouvement. Le support isolé n'existe pour ainsi dire pas. Le mur est tout; et ce sera dans la construction et l'ornementation du mur, partie généralement négligée et dédaignée, que brillera tout le savoir-faire et tout l'art des architectes assyriens.

Cette brique, cause d'infériorités manifestes, devient pour eux un sujet d'efforts nouveaux et le motif d'une ornementation peu durable peut-être, mais extrêmement éclatante. Ils deviennent excellents constructeurs, par la nécessité où ils sont de construire bien pour éviter une ruine rapide. Ils trouvent la voûte, que les Grecs n'ont pas connue, et qui ne reparaîtra que bien tard dans le progrès de l'architecture européenne. Ils trouvent même l'arc brisé ou ogive qui est de toutes les formes d'arcs le plus léger à la fois et le plus résistant.

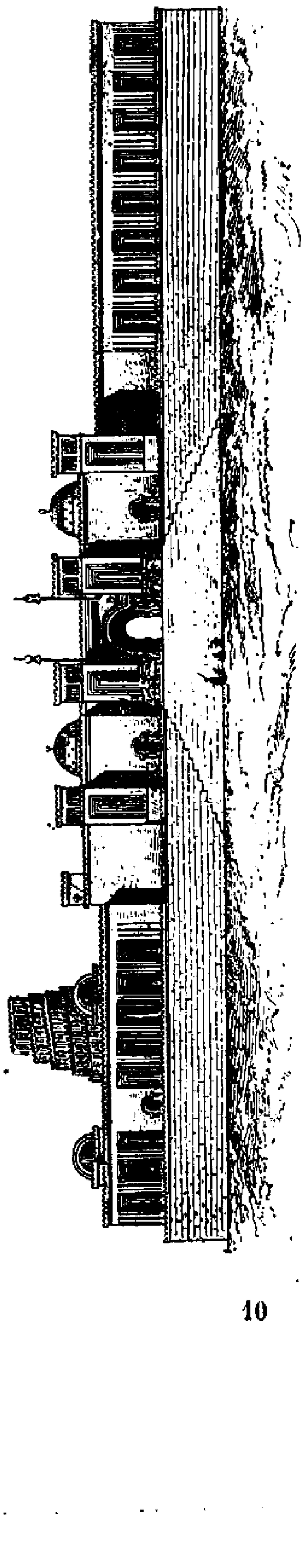
Ces prodiges de construction sont revêtus de prodiges de décoration empruntés à tout ce que l'ornement polychrome peut fournir de plus éclatant et de plus splendide. On revient beaucoup de nos jours à l'emploi des terres cuites peintes et décorées. Or ce mode de décoration a été employé déjà avec tout l'art, avec tout le raffinement imaginable; et ç'a été par ces anciens Chaldéens et Assyriens dont les constructions depuis plusieurs milliers d'années dormaient sous la poussière, cachant dans leurs ruines les exemples dont nous nous instruisons aujourd'hui.

Examinons un des monuments les plus importants conçus dans cet esprit. C'est le palais de Khorsabad bâti vers l'an 706 av. J.-C. par les prisonniers de guerre que le roi Sargon avait ramenés de ses conquêtes. M. Botta en a découvert le premier l'emplacement et les ruines en 1845, et l'expédition dirigée par M. V. Place à partir de 1850 a achevé l'œuvre du premier explorateur. Les recherches de M. Place ont été conduites d'une manière si heureuse qu'elles lui ont permis de déterminer jusque dans les moindres détails la physionomie de l'édifice et de ses environs. Il a pu même, à l'aide des bas-reliefs assyriens qui représentent fréquemment des palais et des citadelles, tenter une restauration complète de l'édifice, restauration qui laisse peu de place à l'arbitraire.

Khorsabad était à la fois le château et la forteresse,

arx d'une ville qui semble elle-même avoir été construite d'un seul jet. Nous l'avons déjà dit, et nous le répétons, Khorsabad, par sa construction, sa destination et le faste qui y régnait présente plus d'un trait de ressemblance avec Versailles. Le roi Sargon dans une inscription qui a été retrouvée parmi les ruines et déchiffrée, explique lui-même le but qu'il s'est proposé. « Au pied des monts Mousri, dit-il, pour remplacer Ninive, je fis d'après la volonté divine et le désir de mon cœur une ville que j'appelai Hisir-Sargon. Je l'ai construite pour qu'elle ressemble à Ninive, et les dieux qui règnent dans la Mésopotamie ont béni les murailles superbes et les rues splendides de cette ville. Pour y appeler les habitants pour en inaugurer le temple et le palais où trône sa majesté, j'ai choisi le nom; j'ai tracé l'enceinte et l'ai tracée d'après mon propre nom. »

Ainsi, on le voit, cette



Façade du palais de Khorsabad. — Restauration.

ville nouvelle était destinée à remplacer Ninive, elle-même déjà en décadence. Sur une énorme motte amassée de main d'homme, on construisit une immense enceinte de forme géométrique flanquée de cent soixante-sept tours qui, si nous en croyons les représentations des bas-reliefs anciens, étaient couronnées de créneaux dentelés, et percées d'archères seulement à leur partie supérieure.

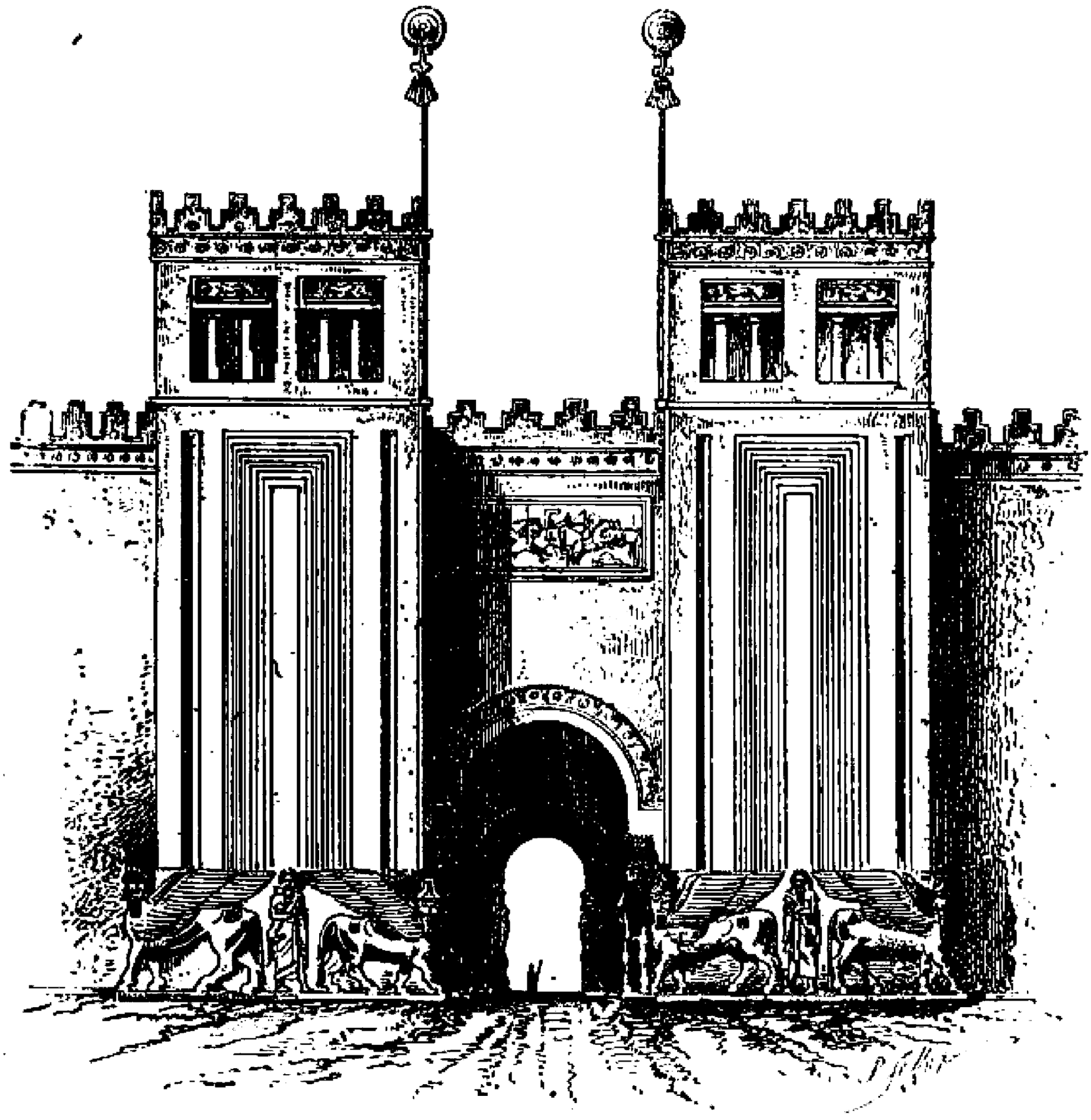
L'importance de ces murailles elles-mêmes n'était en rien inférieure à l'idée que nous avaient donnée des fameuses murailles de Babylone, les récits des anciens que l'on aurait pu croire exagérés. Hautes de 25 mètres, larges de 24, elles formaient comme une immense route hérissée de créneaux tout autour de la place. Une armée entière pouvait s'y ranger en bataille et les chars y défiler par sept ou huit de front.

A une hauteur de plus de 40 mètres encore, s'élevait la citadelle ou le palais qui dominait toute l'enceinte. Avec ses proportions géométriques, il devait faire un effet plus singulier et plus étonnant encore. Il était à cheval sur la muraille d'enceinte et formait un rectangle dont une moitié mordait dans la ville et dont l'autre moitié s'étendait sur la campagne. Des fausses portes communiquaient même avec le dehors. On accédait à l'entrée principale par un chemin en pente douce tout entier bâti de main d'homme, et que l'on pouvait couper. Ainsi dans ce tas énorme de briques prenant peu de jour sur le dehors, monté sur un soubassement à pic, et dont l'épaisseur fatiguait le travail des machines de guerre les plus puissantes, au fond de ce palais inaccessible, résidaient ces monarques assyriens qui étonnaient et terrifiaient l'Asie.

D'ailleurs dans l'enceinte même du palais, rien ne manquait aux besoins du roi, ni à ses plaisirs. Le palais était grand à la fois comme le Louvre et les Tuileries; à l'intérieur, des cours étaient ménagées pour les exercices des troupes et le déploiement des pompes triom-

phales. Plus de deux cent salles étaient disposées dans le massif et prenaient jour sur les cours intérieures.

M. Place a cru reconnaître que ce palais était divisé en cinq parties principales : le *Sérail*, où se tenait le roi au milieu de sa cour ; le *Harem*, où les femmes étaient



Portes de Ninive

enfermées sous la garde des eunuques, par un usage encore habituel en Orient : l'*Observatoire*, au haut duquel s'élevait le temple du plus grand dieu de l'Assyrie, Bal ou Bel. La description que nous avons donnée de la Tour de Babel peut s'appliquer dans des proportions moindres à cet Observatoire.

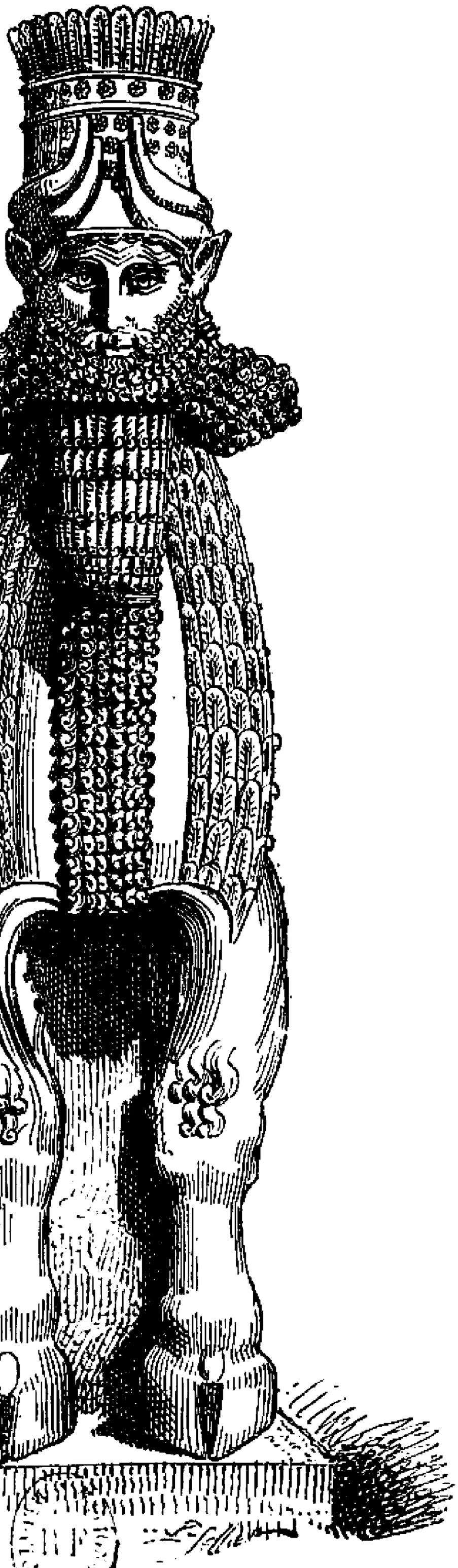
L'Observatoire dominait la quatrième partie du palais

assyrien, le *Temple*. La cinquième partie, très vaste, très importante formait les dépendances. C'est là que M. Place a pu reconnaître les magasins, les cuisines, les écuries, les salles de manège, les boulangeries, les pressoirs et tout ce qui servait à la vie du roi lui-même et de la nombreuse population de ce palais.

Nous n'avons rien dit jusqu'ici de l'ornementation de cet imposant édifice.

De ce que la brique à peu près seule fut employée dans la construction, il ne faut pas conclure que l'aspect général fût sombre. A l'extérieur comme à l'intérieur, le luxe le plus éclatant présidait à la décoration. Depuis le ras du sol jusqu'à une hauteur de trois mètres environ, régnait tout autour de l'édifice un superbe cordon de bas-reliefs où se déroulait la représentation des exploits du roi et de ses triomphes. Cette magnifique bande de sculptures aboutissait, à chaque entrée, à de colossales statues rangées deux par deux ou quatre par quatre, et qui représentaient ces taureaux à tête d'homme, à ailes d'aigle, dont on peut voir deux magnifiques spécimens dans les galeries du Musée du Louvre.

C'est dans la représentation de ces taureaux divins dont les visages étaient, comme on le sait, les visages des rois, que s'épuisait le dernier effort des sculpteurs assyriens. C'est devant eux que l'on ressent tout entière l'impression de force et de majesté sombre qui se dégage en dernière analyse de l'étude des débris de cette civilisation mystérieuse. Un habile critique d'art, M. Maurice Joly, dit en parlant de ces colosses : « C'est dans ces splendides monolithes que l'art assyrien semble avoir atteint ses dernières limites. Ce n'est certes ni la variété inépuisable, ni la forme si vivante et si naturelle de l'art grec. C'est un travail marqué d'un sceau à part et qui en fait le principal charme à nos yeux ; c'est la force et l'effet obtenus par l'économie des moyens. On ne voit pas le moindre tâton-



Le colosse Kheroubin.

nement de ciseau dans le modelé de ces flancs gigantesques, dans ces vastes poitrails d'animaux humains; le détail y est rendu par quelques traits d'une concision, d'une sûreté de main incomparables.

« On ne trouve pas dans l'exécution des taureaux ces lourdeurs de forme, ce manque de mouvement et ce *faire* de convention qui se remarquent dans les bas-reliefs. Là, tout est net, tout est puissant, tout ressort avec la plénitude d'un art qui ne connaît pas d'entrave. »

Les sculpteurs assyriens étaient surtout des *animaliers*. Leurs lions, leurs chevaux, leurs dromadaires, n'ont pas été dépassés. Ils réussissaient généralement moins bien dans les scènes où la représentation de l'homme joue le principal rôle. Dans leurs bas-reliefs l'absence absolue de perspective qui fait que les sujets grimpent pour ainsi dire et s'étagent les uns au-dessus des autres produit au premier abord un effet choquant. Mais il n'est pas moins vrai que quand on les regarde avec attention la réalité et le naturel des images, la finesse et l'élégance réelle de certains détails, et surtout la richesse et la majesté de l'ensemble produisent une grande impression.

Nous emprunterons à M. Place lui-même, la magnifique description qu'il a faite des bas-reliefs de Khorsabad. Personne n'est plus compétent et n'a pu s'exprimer plus heureusement que celui qui a assisté à la résurrection de ces antiques débris et qui les a vus sortir de terre tels qu'ils s'étaient enfouis, il y a plus de deux siècles et demi.

« En considérant l'ensemble des bas-reliefs d'un palais ninivite, on ne peut mieux le comparer qu'à un poème épique célébrant la gloire du fondateur. C'est lui le héros de ces longs récits ; et il est toujours en scène et tout s'y rapporte à sa personne. Comme dans les poèmes écrits, l'épopée débute par une sorte d'invocation aux esprits supérieurs représentés par les figures sacrées

qui occupent les seuils. Après cette pensée donnée aux génies protecteurs de l'Assyrie on passerait à la narration elle-même. Pendant de longues heures, l'intérêt se trouvait surexcité par une succession d'épisodes émouvants. Peuples de soldats, les Ninivites se complaisaient dans ces souvenirs qui flattaient l'amour-propre du prince et entretenaient l'esprit belliqueux de la nation.

« Les façades les plus longues du palais, celles des cours et des grandes galeries qui s'offraient les premières sur l'itinéraire des visiteurs, sont vouées de préférence aux manifestations de la pompe souveraine. Ces cérémonies exécutées presque toujours dans des proportions colossales, montrent de longues files de prisonniers ou de tributaires se dirigeant vers le monarque. Celui-ci, reconnaissable à la place qu'il occupe, à son entourage, à ses insignes, à son attitude, reçoit ces hommages avec un calme, ou pour mieux dire, avec une placidité presque dédaigneuse. Il est tantôt debout, tantôt assis sur son trône, entouré de ses officiers et de ses serviteurs. Les personnages s'y suivent processionnellement sans confusion, sans précipitation et gardent quelque chose de cette froideur hautaine qui devait signaler les réceptions royales.

« C'est plus loin, dans des salles plus petites et sur une plus petite échelle que le drame commence et que l'artiste manifeste plus d'entrain, de verve et d'invention. Marches, batailles, escalades de montagnes, constructions de digues, passages de rivières, se suivent nombreux et pressés, racontés en quelques traits expressifs. Ici, la mêlée est terrible et les guerriers luttent corps à corps ; là, couverts de boucliers, ils combattent à distance avec l'arc et la fronde, l'air est sillonné de flèches et de projectiles ; plus loin les blessés et les morts jonchent le sol ou sont précipités dans les flots, ou écrasés sous les roues des chars ; on voit même des vautours qui déchirent les entrailles des cadavres.

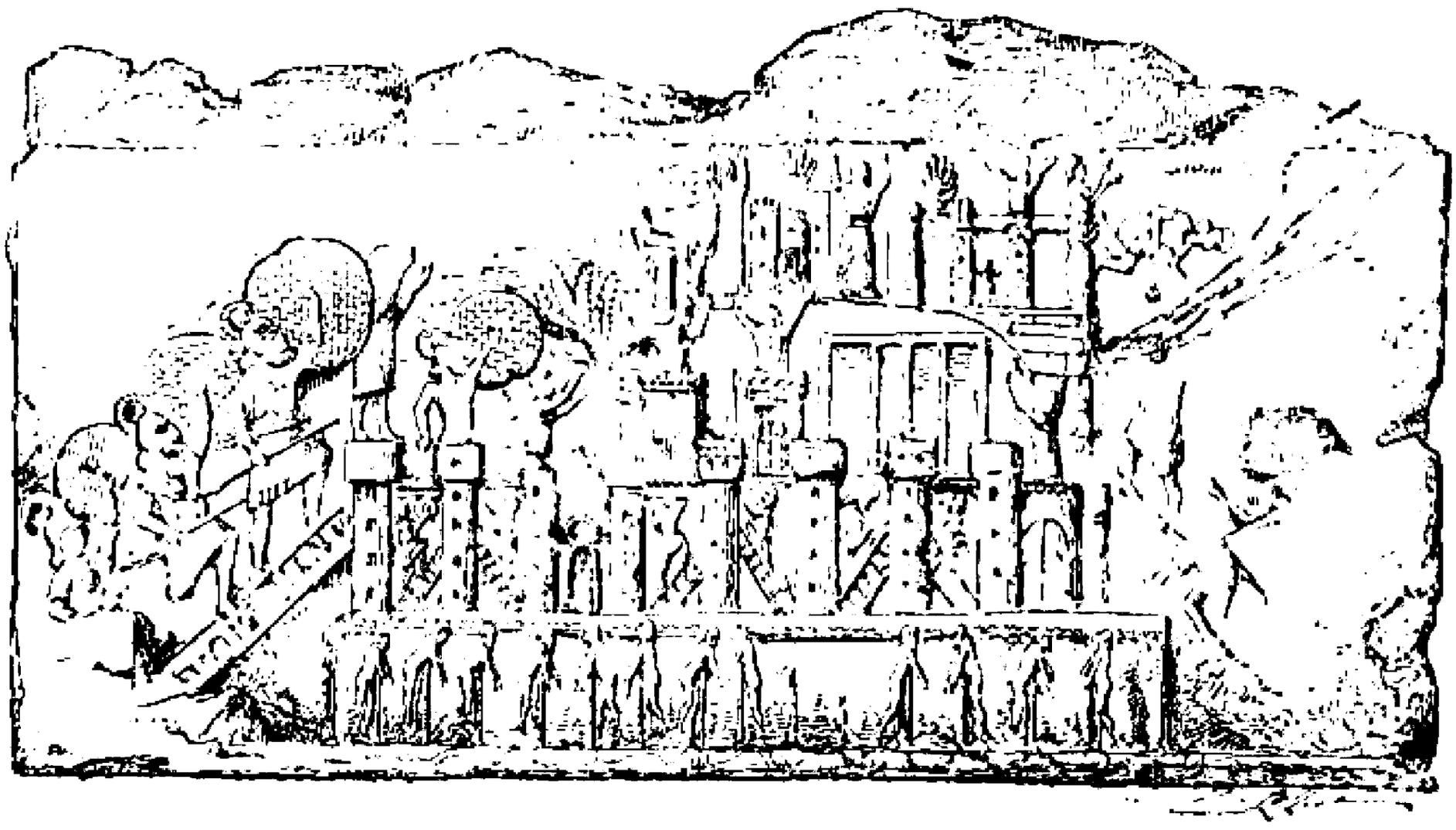
« Le roi prend part au combat, quelquefois à pied ou

à cheval, le plus souvent sur un char attelé de coursiers magnifiques. Parfois un dieu figuré dans un disque ailé, ou bien un aigle qui plane au-dessus de la tête du monarque, semble prendre parti pour les Assyriens. Ailleurs c'est une ville attaquée. L'assaut se prépare ; les machines de guerre battent la muraille ; les mineurs creusent la maçonnerie ; les assiégés se défendent encore avec des pierres, des liquides brûlants, des torches, des chaînes pour détourner les machines ; ou enfin, réduits à la dernière extrémité, les mains levées au ciel, ils implorent la clémence des vainqueurs ; mais ceux-ci sont impitoyables ; on les voit, chargés de butin, chasser devant eux des hordes de prisonniers, parmi lesquels se pressent, pêle-mêle, des hommes et des femmes, traînant leurs enfants par la main ou les portant sur leurs épaules, suivis de leurs troupeaux et prenant le chemin de l'exil pour aller travailler aux monuments que le vainqueur élèvera bientôt en souvenir de cette nouvelle conquête.

« Voici, en effet, le roi lui-même qui préside à la construction du palais. Il commande, et ses soldats, le bâton levé, surveillent sur le chantier une multitude d'esclaves qui pétrissent l'argile, façonnent la brique et la transportent sur leurs épaules. Le monticule artificiel s'élève et déjà les monolithes gigantesques sont traînés péniblement par de longues files de travailleurs attelés ; puis ce sont de nouvelles guerres, de nouveaux triomphes : l'artiste ne se fatigue jamais de ces images et trouve toujours une manière nouvelle de les traiter. Et toujours quelle réalité saisissante !

« Après le carnage de l'action, on assiste à des vengeances impitoyables. Ce sont des prisonniers écorchés vifs, sciés en deux, empalés, mis en croix, ou qui ont la tête tranchée en présence du monarque pendant qu'un scribe impassible inscrit froidement sur un papyrus le compte des têtes qui s'amoncèlent. Comme dernier trait, pour peindre ces conquérants

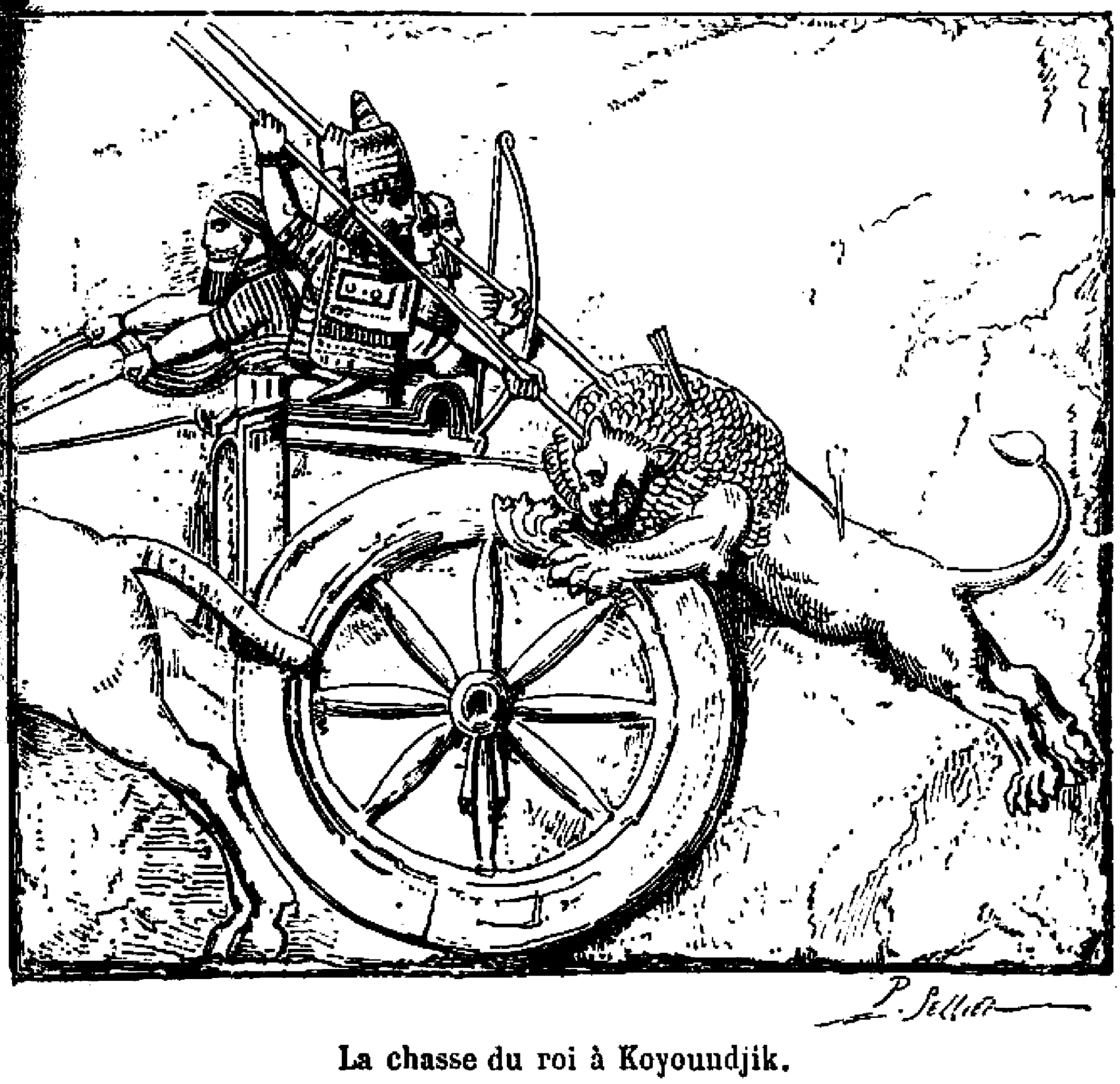
barbares, le roi, de sa propre main, crève les yeux d'un captif qu'on lui amène un anneau passé dans les lèvres. Narrateur fidèle, le sculpteur ne cherche jamais à atténuer les horreurs qu'il présente et qui du reste étaient racontées tout au long dans les inscriptions. Il les exprime avec une brutalité naïve bien propre à nous faire comprendre la terreur qu'inspiraient les Assyriens, et dont les livres saints contiennent tant de témoignages.



Supplice des prisonniers.

« Après les tableaux héroïques les scènes de chasses occupent le premier rang. Les souverains assyriens, dignes enfants de Nemrod, ont manifesté une grande passion pour cet exercice violent, véritable diminutif de la guerre. On voit dans les bas-reliefs de Koyoundjik le roi chassant la gazelle, l'hémione, le cerf, et principalement le lion qui, à en juger par la multiplicité des tableaux, devait être le gibier qu'il préférait. En char, à cheval, à pied, il poursuit lui-même les animaux ; il manie la pique, le javelot, l'arc et la flèche avec assurance et c'est presque en se jouant que parfois, le poignard à la main, il semble vaincre ses redoutables adversaires.

« A la fin, fatigué de carnage, il offre aux dieux les prémices de sa chasse, ou bien il se livre au repos. On le voit retiré au fond du harem, à demi couché sur un lit somptueux devant une table chargée de mets. La reine, assise en face de lui, prend part au festin. La fête est égayée par de jeunes esclaves accompagnant



La chasse du roi à Koyoundjik.

leurs voix des accords de la harpe, l'instrument préféré des poètes bibliques. Mais ce tableau, tiré de Koyoundjik n'a pas été vu à Khorsabad où le terrible Sargon n'apparaît jamais que dans l'éclat de sa majesté royale.

« D'autres bas-reliefs nous font assister au détail de la vie privée de ses sujets. Des intérieurs de villes ou de maisons mis à découvert en vertu d'une coupe géométrale très singulière nous montrent les Assyriens occupés

des soins les plus vulgaires de leur ménage, dressant les lits, faisant rôtir les viandes, pansant les chevaux et se livrant à divers métiers ; ou bien ce sont encore des gens en marche avec leurs chariots remplis par des familles, chargés de grains, d'objets divers, et traînés par des bœufs où il nous semble reconnaître la race des bœufs à bosse de l'Inde ; ou bien encore, c'est une halte dans laquelle les animaux dételés se reposent et mangent pendant que les hommes portent la main à un plat ou boivent dans des outres. »

« Au-dessus de ces bandes de bas-reliefs dont l'effet d'ensemble vient d'être décrit régnait un autre ruban décoratif emprunté à un élément absolument original et spécial à l'art syrien. C'était une double rangée de briques émaillées à fond bleu sur lesquelles ressortaient des sujets représentant des ornements empruntés à la vie végétale ou animale.

« On y retrouve en particulier très fréquemment la mystérieuse pomme de pin que l'on voit à la main des colosses royaux ou divins. Cette partie de l'ornementation présente chez les Assyriens le plus grand intérêt et la plus grande originalité. Les animaux affrontés, les fleurs de convention alternés avec la plus remarquable variété d'effet et pureté de dessin méritent d'être signalés.

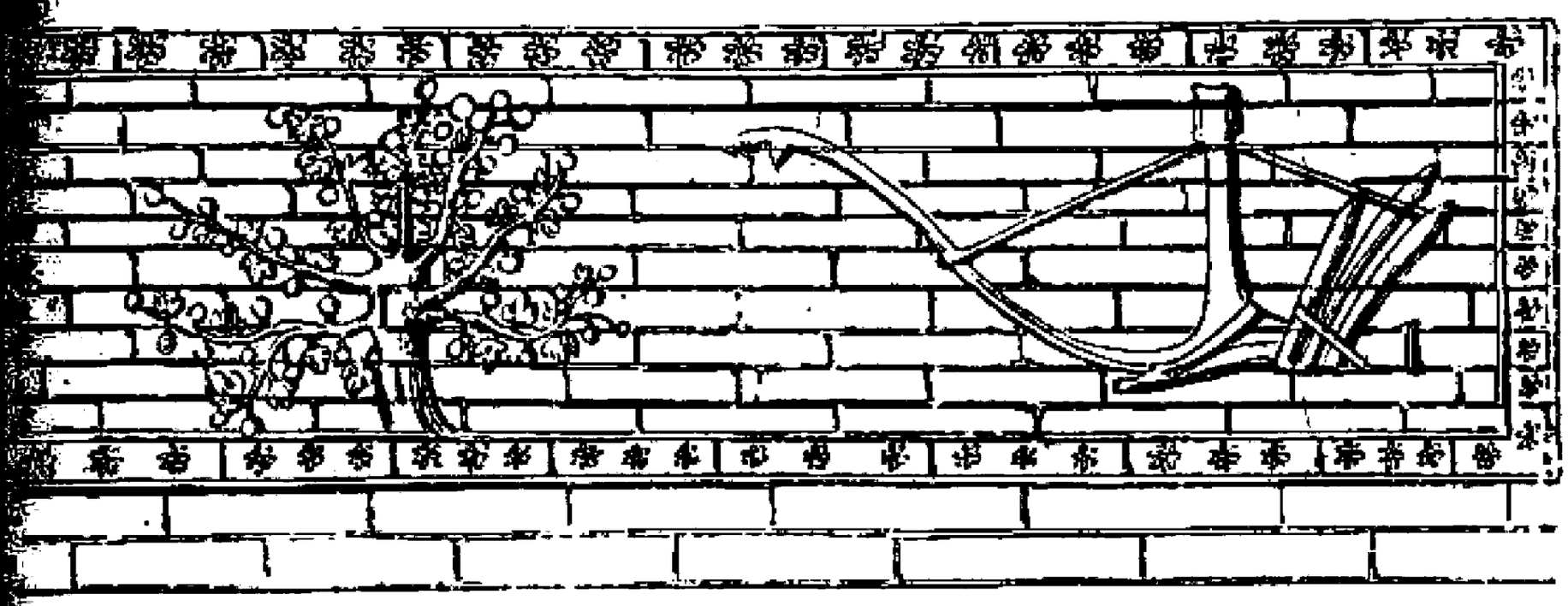
« On a même cru reconnaître dans la disposition de ces ornements l'origine de certains motifs chers à l'art grec et qu'il répéta souvent. M. Ferguson a pu écrire, non sans motif plausible : « Ce dont il est impossible de douter est que ce qu'il y a d'Ionique dans les arts de la Grèce a son origine dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate. »

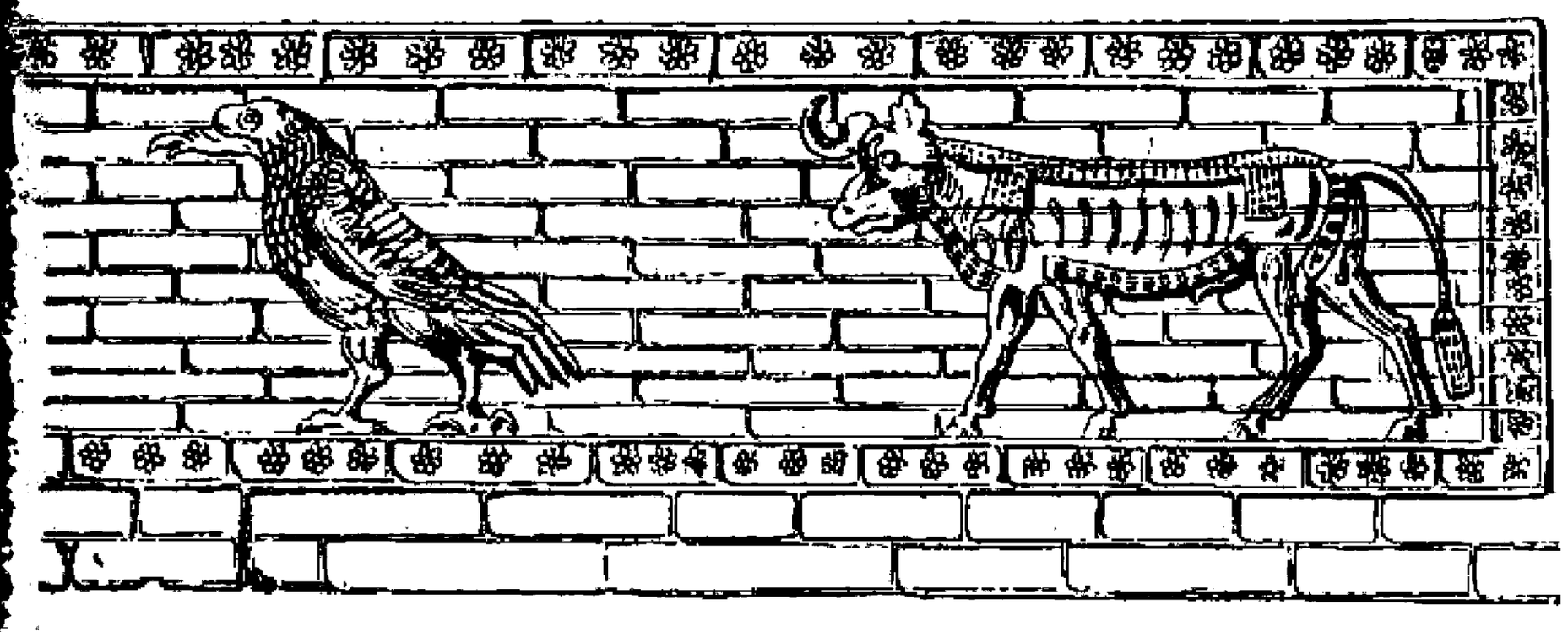
Au-dessus de la bande de briques, enfin, le reste de l'édifice était revêtu d'un stucage blanc qui par endroits était couvert des plus riches peintures à fresque.

On comprend maintenant quel effet pouvait produire à l'extérieur la contemplation à la fois écrasante dans la

chasse, variée et amusante dans les détails, du palais d'un roi assyrien.

Ces bas-reliefs et ces peintures représentaient au peuple les faits tirés de sa propre histoire. S'il y voyait le roi toujours au premier rang dans les images, comme il avait été au premier rang dans les batailles, il y retrou-





Murs émaillés.

vait aussi ses propres exploits glorifiés et le détail de sa vie journalière représentée avec la plus fidèle exactitude.

C'est là que nous avons pu recueillir à notre tour les renseignements les plus précis sur la vie habituelle et sur les mœurs de ces peuples étranges. Nous y avons retrouvé leur mythologie singulière qui tient d'ailleurs dans les décorations une place beaucoup moins grande que dans celle des Égyptiens. On pense cependant que

la conception qu'ils ont eue de la divinité et les repré-
sentations diverses qu'ils en ont faites n'a pas été sa
influence sur la religion et sur l'art des Hellènes. L'a
doration des astres jouait un rôle important chez u
peuple qui dès la plus haute antiquité avait constitu
l'année lunaire et composé le zodiaque. L'idée d'u
dieu unique et roi des autres dieux Bel ou Bal, Die
saint et pur comme le feu, planait sur cette théologi
bizarre, fruit des conceptions des prêtres et des mage
assyriens et chaldéens.

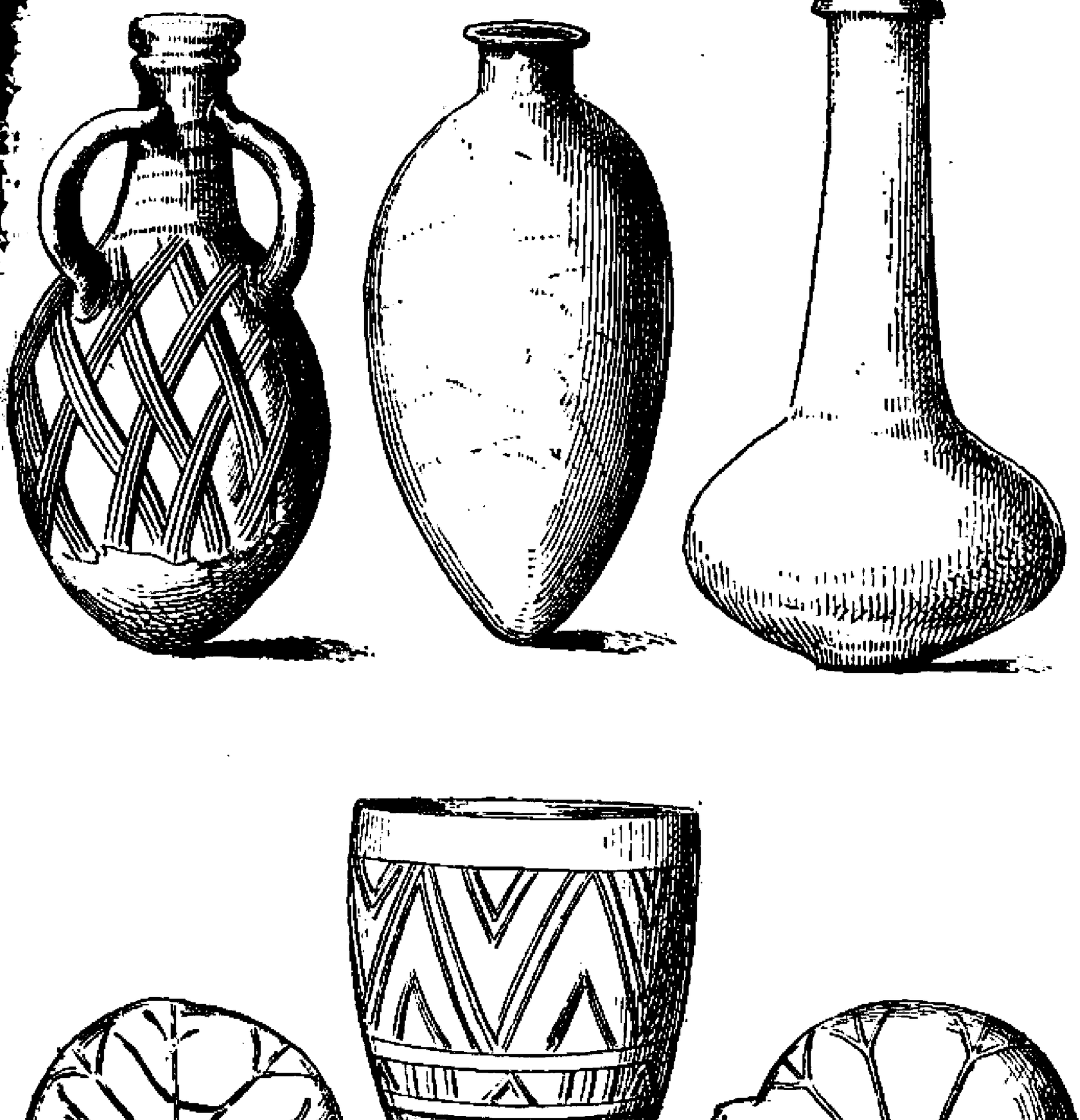
Nous n'avons pas à revenir ici sur l'habitude de l
guerre qui faisait comme le fond de la vie de ces peu
ples, la description même des bas-reliefs que nou
avons empruntée à M. Place donne sur ce point les dé
tails les plus complets et les plus curieux.

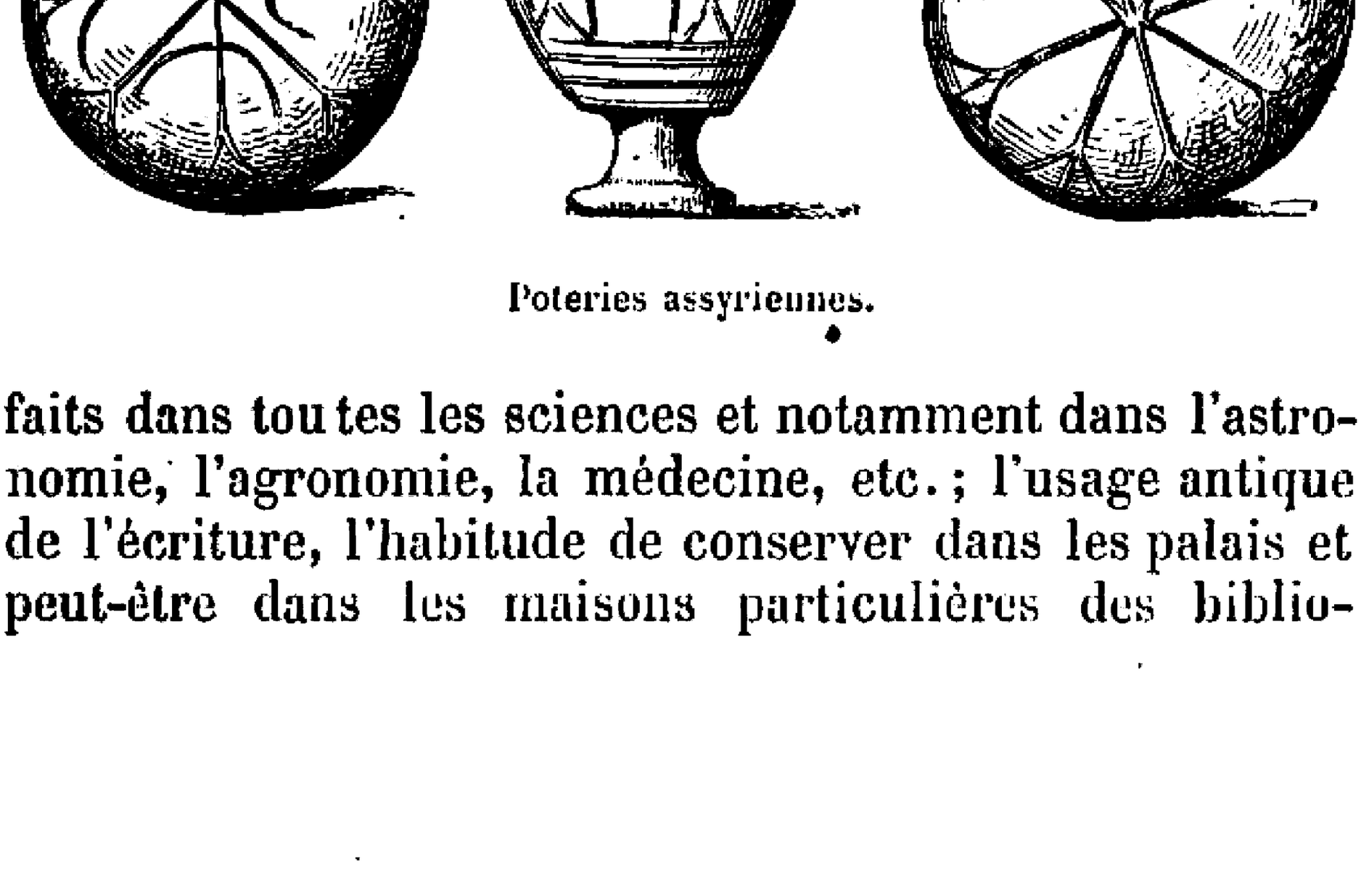
L'industrie, le commerce, l'agriculture s'étaient déve-
loppés d'une façon remarquable sous la protection vigi-
lante des grands conquérants. Le monde asiatique tout
entier tournait pour ainsi dire autour de Babylone, c'é-
tait là qu'aboutissaient les longues files de caravanes
qui apportaient à cette capitale les produits des terres
étrangères. Tout le cours du Tigre et de l'Euphrate fut
canalisé; la vallée n'ayant pas d'inondation comme celle
du Nil, l'eau fut répandue dans les campagnes à force
de bras ou au moyen de machines hydrauliques.

La terre ainsi travaillée ne se montrait point ingrate.
Hérodote qui avait visité le pays dit : « Les feuilles du
froment et de l'orge ont bien quatre doigts de large.
Quoique je n'ignore pas quelle hauteur y atteignent les
tiges du millet et du sésame je préfère n'en rien dire;
ceux qui n'ont pas été dans la Babylonie ne me croi-
raient pas. Par contre le pays n'a ni figuier, ni vigne,
ni olivier; il est couvert de palmiers et la plupart por-
tent des fruits. »

Une telle abondance de tous les produits de la terre,
un commerce si étendu qui amenait dans les capitales
des grands Empires les richesses des pays étrangers; l'ac-

tivité industrieuse des sujets et des esclaves, une longue tradition d'art et de procédés conservée par les progrès





Poteries assyriennes.

faits dans toutes les sciences et notamment dans l'astronomie, l'agronomie, la médecine, etc.; l'usage antique de l'écriture, l'habitude de conserver dans les palais et peut-être dans les maisons particulières des biblio-

thèques faites de briques de terre cuite sur lesquelles étaient gravés des caractères cunéiformes; tant d'éléments de progrès divers et combinés avaient poussé à un haut degré de splendeur les civilisations ninivite et babylonienne.

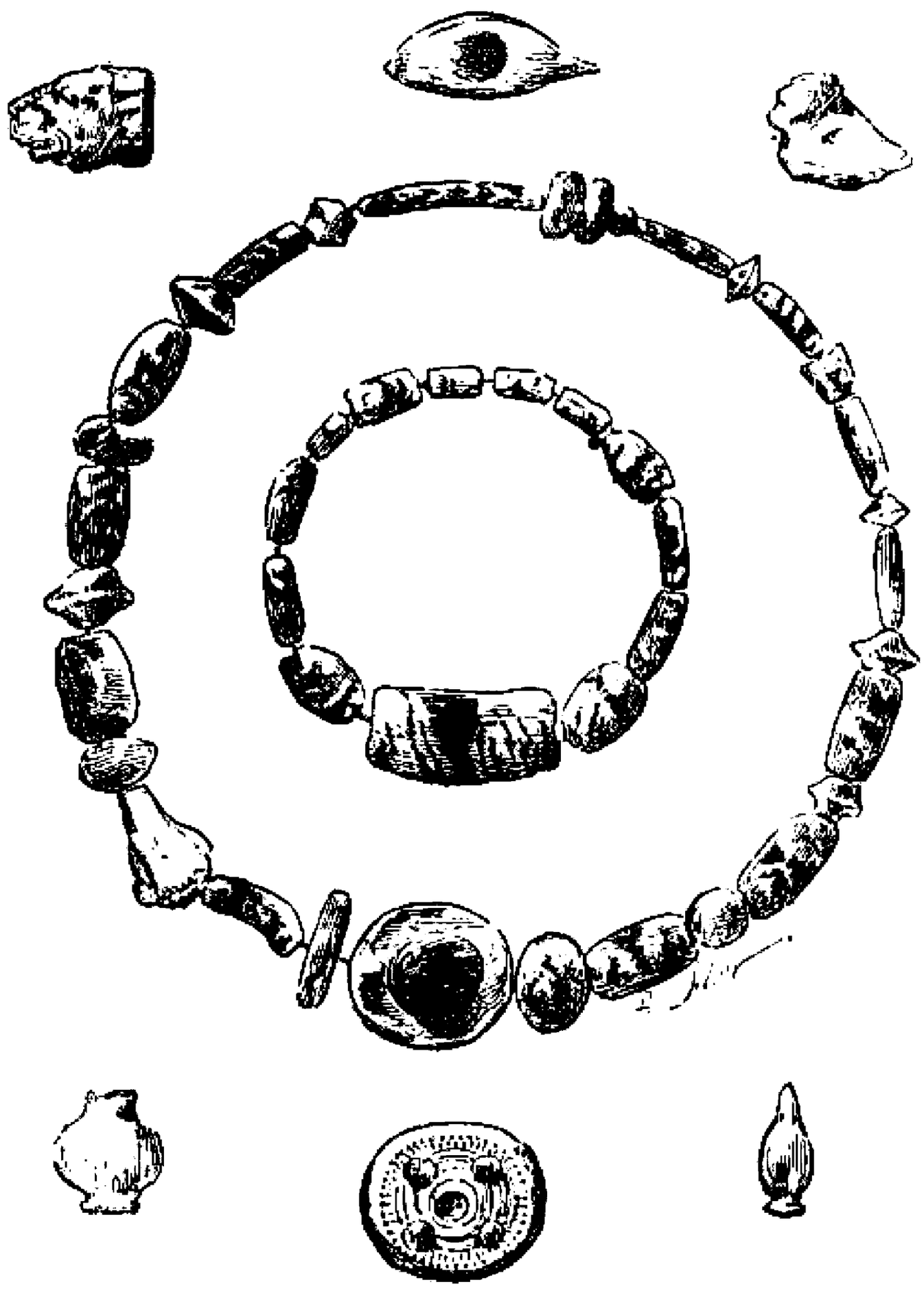
Pour Ninive, ses restes mêmes, si abondants en monuments, en sculptures, en peintures, en objets de prix, en objets usuels, convainquent par la vue même des choses. Pour Babylone, la seule réputation qu'elle a laissée, si bien que son nom est encore le symbole d'un luxe effréné, confirme plus encore, s'il est possible, les renseignements un peu plus rares que les fouilles ont produits au grand jour. D'ailleurs les ruines des villes voisines Warka (Orchoé), Kutha, Niffer, abondantes en poteries, bijoux, pierres artistement travaillées, objets en verre et en bronze complètent l'idée que l'on peut se faire de la capitale.

Tandis que les troupeaux de l'Arabie apportaient leur laine et leurs toisons, que l'Arménie envoyait ses bois et ses vins, que les parfums de l'Inde et de l'Arabie venaient entre les mains des habiles ouvriers chaldéens se transformer en un baume dont la renommée s'étendait au loin, Babylone à son tour, exportait les tissus de laine, les manteaux de Babylone, les armes, les pierres taillées. Les Phéniciens étaient le plus souvent les intermédiaires de ce grand mouvement d'échange, et rien ne prouve mieux l'antiquité et l'étendue du commerce des Babyloniens que l'adoption de leurs poids et de leurs mesures par les Assyriens, par les Phéniciens, par les Juifs, par les Syriens, par les Lydiens et plus tard, indirectement, par les Grecs et par les Sabéens de l'Arabie méridionale[1].

Quelques traits empruntés aux écrivains antiques nous permettront de compléter l'image des mœurs babyloniennes. Tout dans leurs habitudes comme dans leur

[1] Max Duncker, *Hist. de l'antiquité.*

extérieur révélait un peuple antique riche et puissant. Leur habillement était élégant et commode. « Par-dessus une chemise de lin on mettait une longue robe de laine qui tombait sur la cheville et qu'une ceinture serrait à la taille ; on couvrait le tout d'un petit manteau



Bijoux et amulettes.

blanc. Les cheveux étaient longs et retenus par une bandelette pendante. L'usage des baumes de myrrhe et de l'huile de sésame était général. Chacun portait un anneau qui lui servait de cachet et un bâton artistement travaillé, dont le haut était ordonné d'une pomme, d'une rose, d'un lis ou d'un aigle sculpté [1]. »

[1] Ezéchiel, xxiii. 15 ; Hérodote, I, 195 ; Strabon, p. 745, 746.

III

TROIE

A examiner les nombreux travaux qu'ont fait éclore les recherches de M. Schliemann, on se sent pris d'un vif sentiment d'admiration pour les étonnants progrès accomplis dans ces derniers temps par les études d'histoire ancienne.

Il y a cinquante ans à peine, la Bible et les poèmes d'Homère étaient placés à l'extrême fin des souvenirs des anciens âges, et, comme des phares isolés, jetaient à peine une trouble lumière sur la vaste mer des histoires. Autour de ces deux livres, s'étageaient de vagues traditions, des ouï-dire fabuleux ou mythologiques, qui n'en étaient le plus souvent que de pâles images, ou qui ne pouvaient compter que pour des reflets vagues et décolorés des souvenirs d'autrefois.

Depuis la lecture de la pierre de Rosette, par Champollion le jeune, et les premières études de Cuvier sur les âges préhistoriques, le spectacle s'est transformé. L'horizon de l'histoire s'est trouvé reculé d'une distance — on peut dire le mot — épouvantable. Ces deux livres qui semblaient si antiques, si vénérables et si mystérieux, se sont trouvés en quelque sorte rapprochés de nous, en raison même du gouffre effrayant qui s'ouvrait derrière eux.

Leur autorité a paru raffermie, éclairée encore par les découvertes modernes ; mille traits de lumière ont convergé vers ces centres toujours immuables et ont ajouté à leur éclat. La Bible et les Poèmes d'Homère sont restés un des plus dignes sujets d'étude, tandis que les moyens de les étudier se multipliaient pour le travailleur.

En même temps ils ont dépouillé quelque chose du mystère qui les entourait. On les a vus à leur place. Mille faits, qui les expliquent et qu'ils expliquent, se sont élevés autour d'eux et ont diminué leur proportion gigantesque, sans toucher à leur indiscutable solidité. C'est derrière eux que le doute s'est porté ; aujourd'hui ils sont bien en deçà, bien en deçà de la fable ; en pleine histoire ; et leur véracité, si elle soulève encore quelques discussions de détail, doit être, dans son ensemble, acceptée comme un utile auxiliaire par tous les historiens de l'antiquité.

Pour ne parler que des poèmes homériques, — puisque c'est de Troie que nous nous occupons en ce moment, — que de doutes n'a-t-on pas émis, depuis l'antiquité classique jusqu'à nos jours, sur l'autorité qu'il convient de leur accorder?

L'existence même du poète a été, — personne ne l'ignore, — très souvent niée. Un seul homme, a-t-on dit, n'a pu suffire à une pareille besogne. L'Iliade et l'Odyssée sont l'œuvre de toute une école de poètes, les Rhapsodes. Ils se sont transmis de bouche en bouche ces divins récits, et ont chacun mis du leur dans les divers épisodes.

Pour ou contre cette thèse, bien des arguments ont été entassés l'un sur l'autre. La question même n'est pas encore tranchée, et si dans l'antiquité neuf villes se disputaient l'honneur d'avoir donné le jour à Homère, des villes en nombre au moins égal pourront bientôt réclamer chacune légitimement leur Homère.

Une question plus importante au point de vue histo-

rique a été de savoir si les faits racontés par l'*Iliade* étaient réels, s'il n'y avait point là une floraison magnifique sortie du cerveau du poète, comme la Minerve était sortie tout armée de la tête de Jupiter; si ce n'était point plutôt encore une application à des faits de la vie commune, d'une série d'idées mythologiques empruntées au fonds abondant de la Grèce « amante des fables. »

Ilion a-t-elle réellement existé? Les Grecs et les Troyens ont-ils réellement combattu pendant dix ans sous ses murailles? Sont-ce des fables que la colère d'Achille et les pérégrinations d'Ulysse? — Que d'encre n'a-t-on pas versée pour tirer d'Homère lui-même la réponse à ces diverses questions!

Dernier problème enfin : Si, comme il est raisonnable de le penser, Troie a existé réellement; si l'on suppose que le poète s'est contenté de charger des plus riches couleurs une trame de faits réels dont la tradition lui avait apporté le souvenir, quelle est la mesure dans laquelle l'histoire doit accepter ces récits? Le poète a-t-il été, ou peu s'en faut, contemporain des événements? L'empire de Troie, et cette guerre fameuse qui l'a renversé, ont-ils eu l'importance que le poète leur accorde? Comment savoir ce qu'était Ilion? Ou plutôt en quel lieu précis, sur quelle partie du rivage de l'Asie Mineure existait-elle? Homère en a-t-il vu les restes? Est-ce sur ses véritables ruines que Xerxès, et Alexandre, et Caracalla ont offert des sacrifices aux dieux et immolé des hécatombes en l'honneur des anciens héros? Ne nous reste-t-il aucune trace, aucun vestige de la royale cité de Pergame? Ne pouvons-nous dire nettement : C'est là que fut Troie; ou devons-nous accepter enfin dans son sens complet et dans sa mélancolique résignation le mot de Virgile : « *Etiam periere ruinæ.* »

Ce qu'il a été entassé de volumes pour répondre à ces diverses questions formerait une muraille assez puis-

sante pour protéger, une fois encore, les Grecs assiégés dans leur camp par les Troyens victorieux. Depuis la plus haute antiquité, l'emplacement de Troie a été l'objet de nombreuses discussions; les accidents topographiques qu'indiquent les chants d'Homère ont été examinés un à un par le menu; des traditions, dans un sens ou dans l'autre, se sont établies; les érudits ont embrouillé la question à qui mieux mieux, et quand enfin la science allemande s'y fut appliquée, on atteignit le maximum de l'érudition critique; c'est-à-dire qu'on n'y put définitivement plus rien comprendre.

C'est qu'en réalité deux qualités importantes manquaient à tous ces ingénieux et appliqués commentateurs : le sens réel de l'histoire et la véritable méthode. Le respect du poète les aveuglait jusqu'à cet excès de vouloir faire de lui un annaliste exact et un archéologue à leur image. C'est à lui seul qu'ils voulaient demander l'explication des difficultés que présentait son récit; ils ne songeaient pas assez à s'entourer des renseignements extérieurs qui pouvaient l'éclaircir, et encore moins à pratiquer sur les *choses* qu'il a mentionnées des recherches directes qui pouvaient donner la juste mesure de la fidélité de son témoignage.

Aujourd'hui les progrès considérables des études d'histoire ancienne, et l'habitude — devenue presque une mode, — des fouilles et des excavations sur les lieux illustrés par les civilisations anciennes, ont permis d'avancer vite dans l'explication réelle du texte homérique. Il faut ajouter à ces diverses causes, le désintéressement honorable d'un particulier, M. Schliemann qui, à ses propres frais, a poursuivi une série de recherches coûteuses, destinées à renouveler complètement les bases de la question.

Aujourd'hui M. Schliemann a découvert et mis au jour des ruines importantes qui sont probablement celles de Troie, et qui, si elles sont autre chose, jettent à coup

sur un jour tout nouveau sur les mœurs et le degré de civilisation des peuples dont Homère a chanté les hauts faits.

La première conclusion indiscutable qui sort de l'étude des éléments nouveaux apportés à l'histoire, c'est qu'Homère lui-même n'a pas connu le véritable état des peuples Troyens et Grecs au moment du siège d'Ilion.

Il ne les a pas plus connus que les gens du moyen âge ne connaissaient les Romains, que Paul Véronèse ne connaissait le véritable costume des Juifs aux *Noces de Cana*, que les poètes du temps de Louis XIV ne se rendaient compte des mœurs turques du temps de Bajazet, que Shakespeare n'avait étudié les habitudes et le langage des contemporains de César, et, pour prendre un exemple dans un même ordre d'idées, que l'auteur de la *Chanson de Roland* n'avait l'idée de la véritable histoire de Charlemagne et de celle de son illustre neveu.

Homère a vécu longtemps après la ruine de Troie. S'il en fallait la preuve nous la trouverions dans divers passages de l'Iliade. De ces passages il en est même qui s'appliquent directement à la topographie de la ville et à son histoire postérieure.

Ainsi quand Hector a chassé les Grecs jusque sur leurs vaisseaux et que ceux-ci, pour se protéger contre une attaque imminente, construisent un mur en avant de leur camp, Homère fait intervenir Neptune auprès de Jupiter. Le dieu de la mer se plaint de cette construction et demande qu'on l'empêche; car, dit-il, ce mur l'emportera sur ceux que j'ai moi-même construits avec l'aide d'Apollon et notre gloire en sera ternie! Mais Jupiter lui répond : « Rassure-toi. Qui pourra ternir ta gloire? Laisse seulement ce mur debout tant que les Achéens combattront devant Troie ; dès qu'ils auront pris la ville et qu'ils auront regagné leur chère patrie, alors détruis-le, ensevelis-le sous la mer, couvre

enfin le grand rivage de tes sables afin que disparaisse complètement l'immense mur des Achéens [1]. »

Plus tard, Homère revient encore sur cette idée. Au début du chant XII, il raconte comment, après la prise de Troie, ce mur fut détruit par Neptune et Apollon : « Tous les fleuves, dit-il, que le mont Ida jette dans la mer, le Rhésus, l'Heptatorus, le Cérésus, le Rhodius, le Granicus, l'Œsopus et le divin Scamandre et le Simoïs, ils les rassemblèrent tous ; d'eux tous, Apollon fit une seule embouchure, et, pendant neuf jours, il précipita leur cours sur la muraille. Pendant ce temps Jupiter faisait tomber une pluie continuelle afin que l'engloutissement fût plus rapide encore. Neptune lui-même, le trident à la main, présidait au désastre ; ses eaux arrachèrent jusque dans les fondements les troncs et les pierres qu'avait implantés l'effort des Achéens ; il aplanit les rivages de l'Hellespont ; et, le mur enfin détruit, il recouvrit de nouveau le rivage de sables amoncelés. Quand tout fut fait, il détourna les fleuves, et chacun d'eux roula de nouveau dans son ancien lit ses eaux transparentes [2]. »

Dans une autre circonstance, Neptune parlant à son tour prophétiquement fait allusion à la race des rois qui, après la destruction d'Ilion règneront sur les Troyens. « Ils seront, dit-il, de la race d'Enée, » et indiquant une longue succession de jours : « Ce seront, » ajoute-t-il, « les fils de ses fils [3] ».

Nous pourrions indiquer d'autres passages analogues. Ceux-ci suffisent. Que nous montrent-ils en effet ? Homère, visitant comme nous le faisons aujourd'hui les rivages de Troie, interrogeant les traditions au sujet de la grande lutte qu'il prétendait raconter, cherchant, comme nous, à reconnaître l'emplacement du camp des Grecs, et ce mur surtout d'où ils avaient repoussé les

[1] *Iliade*, VII, 445.
[2] *Iliade*, XII, 10 et suivants.
[3] *Iliade*, XX.

derniers efforts d'Hector; mais pour lui comme pour nous, l'aspect du sol déjà s'était transformé. Les inondations, les alluvions des fleuves, la lutte des eaux de la mer contre celles des rivières avaient déjà fait disparaître les traces des anciens hommes. Ce sont des phénomènes qui existent encore aujourd'hui et qui modifient de jour en jour l'aspect de ces mobiles rivages.

Rendons-nous compte cependant du temps qu'il fallut aux sables apportés par les fleuves pour détruire et recouvrir le mur des Grecs, assez fort pour résister aux attaques des Troyens ; apprécions aussi cette série des générations assez longue pour que, sur une nouvelle Troie bâtie à la place de l'ancienne, les *fils des fils d'Enée* pussent régner au temps d'Homère : ce sont là des renseignements sûrs, quoique approximatifs, qui nous permettront de rejeter d'une façon générale la parfaite précision des récits homériques et la possibilité d'identifier les lieux qu'il décrit avec ceux que nous avons aujourd'hui sous les yeux.

Homère — à dire le vrai — recueillit dans les traditions Grecques le souvenir de l'ancienne et mémorable guerre; peut-être la légende n'avait-elle pas trop altéré encore quelques-uns des faits capitaux. Il put sur les lieux retrouver l'emplacement de l'ancienne ville, celui des Portes Scées, les fleuves, le Simoïs, le Scamandre, torrents impétueux, déjà peut-être sortis de leur ancien lit; il put revoir les tombeaux d'Achille, de Patrocle et de Priam; il chercha en vain sur le rivage l'emplacement exact du camp des Grecs, déjà recouvert par les alluvions; mais par contre il put recueillir de la bouche même des *fils des fils* d'Enée bien des renseignements utiles et précieux.

Somme toute, il vit la contrée et en parla en observateur attentif, non moins qu'en poète. C'est bien là cette plaine « battue des vents » et propre à l'élevage des chevaux; ce sont bien ces fleuves au cours impétueux et souvent mêlant leurs eaux.

Ce sont ces plantes, c'est ce ciel, ce sont ces montagnes, c'est tout ce qui ne change pas, c'est tout ce que les anciens héros avaient vu, c'est ce qu'Homère a décrit à son tour, et que, son livre à la main, nous retrouvons maintenant encore.

Mais les détails précis, exacts sur une ville détruite depuis longtemps; la construction des murs, l'emplacement de la citadelle, la direction des rues, la richesse des palais; et, dans un autre ordre d'idées, les mœurs des combattants, la forme des armes, la stratégie des combats, la durée de la guerre, les épisodes journaliers de la lutte, comment demander de pareils renseignements à un poète, — et à un poète des premiers temps? Il a appliqué aux héros qu'il chante ce que lui-même avait sous les yeux; ce sont ses Grecs à lui, les Troyens de son époque, si vous voulez, qu'il nous a dépeints; ce sont leurs armes, leurs costumes; ce sont leurs mœurs, et ce sont leurs sentiments.

La véritable guerre de Troie était déjà au temps du poète l'objet d'une tradition trop incertaine pour que rien de précis ait pu être dit par lui. Il l'eût pu qu'il ne l'eût pas voulu. Car comment intéresser les auditeurs naifs auxquels il s'adressait en leur servant cette poésie d'archéologue?

Ne demandons donc pas à Homère ce qu'il ne peut nous donner. Après que notre littérature et nos arts ont travesti successivement les Achille et les Hector, en courtisans Louis XIV, en Italiens de la Renaissance, en Romains de l'âge de Jules César, et en Grecs du temps de Périclès, il est inutile de leur faire faire aujourd'hui une dernière station et d'y voir les contemporains du poète.

Transportons-les hardiment dans ces âges antiques où ils ont vécu; voyons ici maintenant dans leur rude réalité ces guerriers à demi barbares, ces hommes de l'âge de pierre, poussés par l'esprit d'émigrations, de pirateries et de violences armées qui tour-

enta nos grands arrière-aïeux, alors que les civilisations encore fluides, en quelque sorte, tournoyaient et s'agitaient avant de se fixer définitivement. Dépouillons-les de cet idéal raffiné, de ces mœurs déjà calmées et adoucies dont leur chantre n'a pas été sans contribuer à les recouvrir. Voyons-les dans toute leur barbare et antique nudité, tels que nous les montrent enfin les monuments les plus sérieux de l'histoire, et, — témoignage plus certain encore, — les restes d'eux-mêmes, qu'eux-mêmes ont laissés, et que vient enfin d'exhumer M. Schliemann.

Pour accepter d'une façon générale les découvertes de M. Schliemann comme capitales et définitives, *même au point de vue de l'histoire de Troie*, nous n'allons pas jusqu'à suivre dans tous ses détails, la thèse qu'a soutenue cet enthousiaste archéologue.

Homère à la main, il est allé dans cette plaine, toute frémissante encore — à ce qu'il lui semblait — des exploits de l'Iliade. Avec une sorte de fièvre dont tout le public érudit doit se féliciter, il a fouillé, il a scruté les moindres détails, relevant ce qui pouvait servir à expliquer et à commenter son poète. Il a cherché et il a trouvé. Il a trouvé même autre chose que ce qu'il cherchait. En effet, au lieu de l'Iliade d'Homère il a rencontré les vrais Troyens bien antérieurs au poète qui les avait chantés.

Qui le croirait? cette découverte capitale qu'il arrachait à la terre n'a pas suffi pour satisfaire M. Schliemann. Il cherchait Homère et, ne le trouvant pas, il a voulu l'introduire de force dans les découvertes qu'il avait faites. Ainsi il les a gâtées; et aux yeux de certaines gens, il a complètement discrédité les conclusions, excellentes en somme, qu'il avait obtenues à force de travail et de peines.

Lui qui, en présence de ces décombres importants par leur obscurité même, a écrit ces phrases capitales : « Pendant mes trois ans de fouilles dans les profon-

deurs de Troie, j'ai eu occasion d'acquérir tous le jours de plus en plus la conviction qu'il nous est im possible de fonder sur notre propre manière de vivre *ou sur celle des Grecs anciens*, une idée approximativ de la manière d'être des quatre peuples qui ont succes sivement occupé cette hauteur avant qu'elle ait été habitée par les Grecs; l'état social doit y avoir été épouvantable, car on ne saurait autrement expliquer comment on y trouve, en succession toujours irrégulière, les murs d'une maison construite sur les ruines de l'autre »; M. Schliemann, dis-je, n'a pas eu la force, même après avoir fait de tels aveux, de rejeter décidément ce poème décevant qui l'avait conduit là; il a voulu continuer à voir dans ces civilisations extraordinaires la vie des anciens Grecs que nous avait peints Homère, et ainsi il a tout compromis.

S'il trouve quelque grand plateau en cuivre, aussitôt il y voit un bouclier, il l'affuble d'un nom homérique : c'est l'ἀσπὶς ὀμφαλοειδὴς; il y reconnaît l'ὀμφαλός (le nombril) et la rainure (ἄυλαξ); et, en définitive, il se trouve que l'objet en question n'est rien qu'un plat de bronze[1]. Si c'est une coupe, quelle fatigue ne se donne pas M. Schliemann pour y retrouver la δέπας ἀμφικύπελλον du poète. Il y revient à chaque instant, il la voit dans tel objet, puis, reconnaissant son erreur, va, vient à la recherche de cette δέπας, et finit par avouer qu'il n'a pu la voir. Pauvre M. Schliemann !

S'agit-il des instruments en pierre et en silex qu'il trouve par milliers, voilà M. Schliemann tout embarrassé par cette belle trouvaille. En effet Homère ne parle pas une seule fois d'outils ou d'armes en pierre, et les tranchées de M. Schliemann en regorgent. Comment expliquer cela? L'auteur fait mille efforts de raisonnement et n'aboutit qu'à prêter le flanc à la critique.

[1] V. Lenormant, *Antiq. de la Troade*, p. 10.

n. Ainsi de suite pour chacun des points importants de ces recherches ; à chaque instant ce sont les récits d'Homère appliqués à des faits, à des usages, à des lieux dont Homère certainement n'avait eu nulle connaissance. Si l'on trouve des portes ce sont les portes scées; si l'on rencontre des fondations, ce sont celles du palais des rois; si l'on trouve un trésor c'est celui de Priam; si on déterre un autel, c'est le temple de Minerve. Et, à chaque pas, les faits les plus formels viennent contredire ces assertions pleines d'enthousiasme. On est enfin obligé de reconnaitre que le temple de Minerve n'existait pas, que le palais pourrait bien n'être qu'une maison particulière; que cette ville immense dont parle Homère fut un bourg pouvant à peine contenir 5 à 6000 habitants; que la Pergame, la forteresse tant vantée par le poète n'a laissé ici que des traces bien rudes et bien grossières, et qu'enfin les fouilles faites en un lieu qu'on a de fortes raisons de prendre pour l'emplacement de Troie, n'ont aucune ressemblance avec la Troie que l'on pouvait s'imaginer d'après l'Iliade.

De ces résultats à la conclusion que nous essayons d'établir, qu'Homère en réalité ne se faisait guère une idée plus juste que nous-mêmes de la situation et de l'histoire du peuple qu'il a chanté, il n'y avait qu'un pas. M. Schliemann n'a pas osé le faire, et son livre va ainsi, de désaveu en désaveu, jusqu'à la fin, tandis qu'il suffisait d'un mot pour tout éclaircir et tout coordonner.

Quant à nous, nous pensons que toute conclusion étroite tirée uniquement des vers d'Homère doit être mise en doute. Que l'on recherche aujourd'hui les sources du Scamandre ou le cours du Simoïs dans un pays remué et bouleversé depuis des siècles par la mobilité du terrain et la fréquence des inondations, cette recherche nous semble presque vaine. Que l'on accepte avec M. Schliemann que le Scamandre a changé de lit

plusieurs fois, — ce qui est probable, ou que l'o pense avec M. d'Eichthal que son cours a été dérivé pa la main des hommes, — ce qui est possible égalemen toutes ces hypothèses nous semblent faites pour intro duire des éléments de trouble dans le débat, bien plu que pour l'élucider.

Ce n'est point ainsi qu'il convient de procéder Avouons qu'il ne faut chercher dans l'Iliade que l souvenir vague d'une tradition antique, confirmée en certains points par l'examen qu'Homère put faire de lieux où s'étaient accomplis les exploits, mais altérée en d'autres, par le riche débordement d'une poésie pleine d'hyperboles, et que la connaissance de civilisations plus avancées doit à chaque instant nous rendre suspecte.

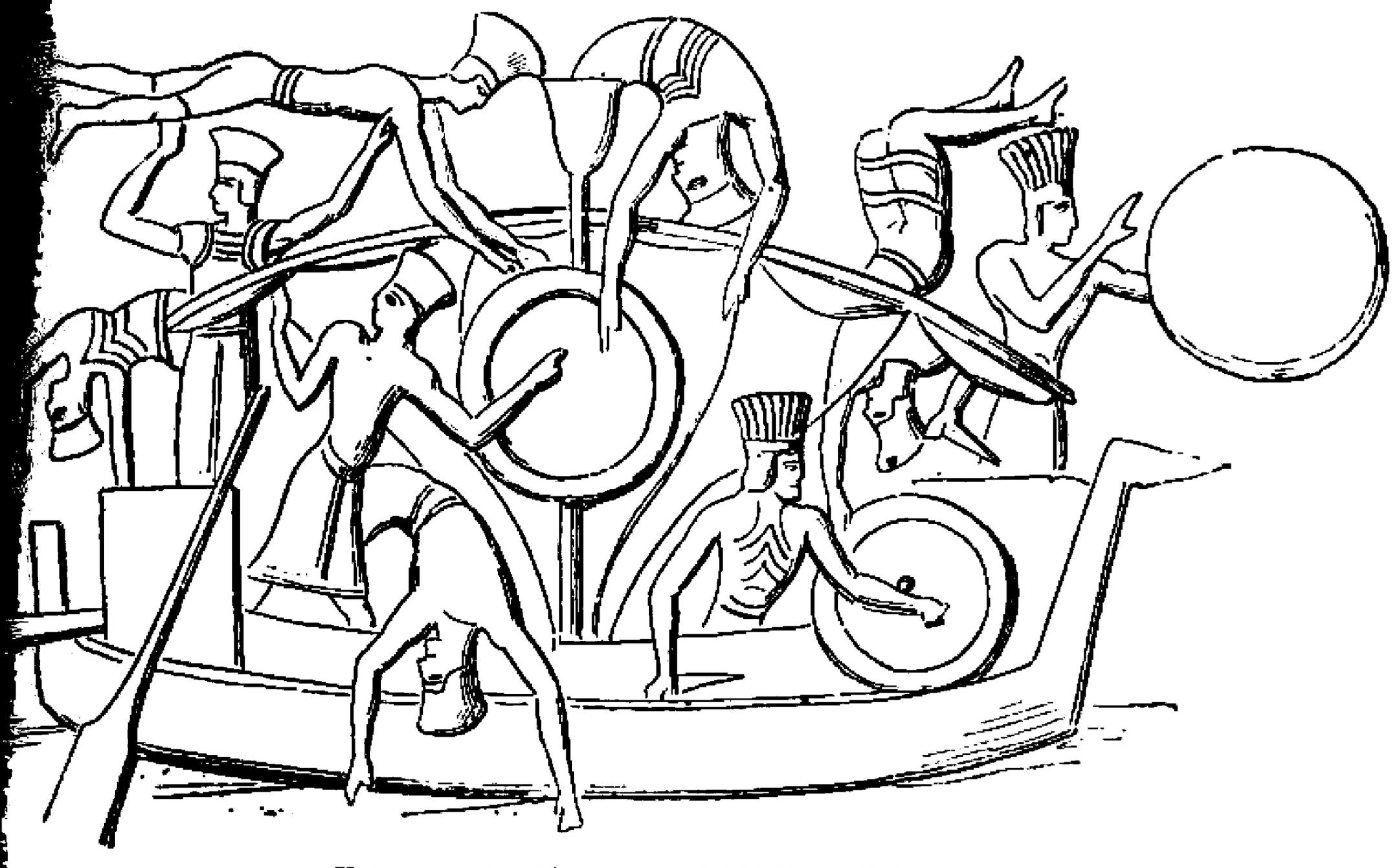
En un mot, en tenant compte, dans une juste mesure de la tradition d'Homère, appuyons-nous surtout sur les faits historiques que peuvent nous fournir les documents voisins et les lieux eux-mêmes, étudiés avec une méthode plus sévère.

En procédant ainsi nous trouverons tout d'abord une réponse formelle à la première question que les considérations nous amènent naturellement à poser : Troie a-t-elle existé réellement?

Oui, Troie a existé, et l'empire des Troyens a été considérable, puissant dès les âges les plus reculés. Ce sont les récits des Égyptiens qui nous le prouvent. En effet, du temps de Ramsès II, le plus illustre parmi les Pharaons, et dont nous avons cité le nom fréquemment, des peuples nombreux venus de l'Asie Mineure se ruèrent sur les frontières de l'empire Egyptien. Le poème du Pentaour en donne la liste, et les égyptologues les plus compétents s'entendent à lire et à traduire certains noms ainsi qu'il suit : Les *Dardani* (Dardaniens), *Ilouna* (Ilion), *Padasa* (Pedasus). Ils sont voisins des *Leka* (Lyciens), des *Masa* (Mysiens), et d'*Akerit* (les Kariens). Or, cette liste n'est rien autre que celle des peuples dont on

trouve le dénombrement au chant II de l'Iliade comme prenant part à la défense de Troie[1].

Ce n'est pas tout : sur les murs de Medinet-Habou, Ramsès III faisant graver ses exploits, représentait encore les *Teucriens* comme un des plus puissants parmi les peuples maritimes qui attaquaient son empire.



Vaisseau des Teucriens à Médinet-Habou.

L'existence des Troyens vers le treizième et le quinzième siècle avant Jésus-Christ est donc mise hors de doute. La véracité d'Homère sur ce point est donc confirmée ; mais, par contre, la reproduction, que l'on peut croire exacte, des costumes et des armes figurés dans les gravures de Medinet-Habou, n'ont aucun rapport avec les récits d'Homère[2].

Voici un premier résultat capital qui confirme parfaitement nos observations.

[1] Lenormant, p. 36.

[2] V. *Vaisseau des Teucriens à Medinet-Habou*. Lenormant, *Ant. de la Troade*, p. 38.

En nous tenant dans cette donnée stricte, de n'accepter que des faits nets et précis, tâchons d'en trouver un second. A quelle époque Troie a-t-elle existé? A quelle époque a-t-elle été détruite? Les documents égyptiens nous fournissent deux dates pour l'existence de l'empire Troyen (de 1500 à 1200). Mais, pour l'époque de sa ruine nous ne savons rien de précis que ce fait, qui ressort des passages d'Homère que nous avons cités plus haut : à savoir, que la ruine de Troie eut lieu assez longtemps avant l'existence d'Homère pour que les alluvions des fleuves eussent détruit le mur des Grecs, et pour que les descendants d'Enée, qui régnaient alors à Troie, pussent être alors qualifiés par lui *de fils de ses fils*. Tout cela est bien vague. Car, en somme, que les Troyens existassent encore vers le treizième siècle avant Jésus-Christ (d'après les gravures de Medinet-Habou), cela ne prouve en rien que la guerre de Troie n'ait pas eu lieu auparavant; Homère en effet atteste que de son temps une nouvelle Troie existait; et ce sont peut-être ces nouveaux Troyens qui combattirent le Sésostris. La ruine de l'empire d'Ilion n'a peut-être pas été aussi complète que l'ont rapporté les poèmes homériques. La ville seule peut-être a été ruinée de fond en comble et a pu facilement renaître de ses cendres.

Quant à nous servir de l'époque où vivait Homère, comme point de comparaison, cela non plus ne nous avance guère; car cette époque est en somme aussi inconnue que celle de la prise de Troie.

La chronologie d'Eratosthène avec la correction de Callimaque, place, il est vrai, cet événement vers le milieu du douzième siècle avant Jésus-Christ. Mais c'est encore là une conclusion prise à la hâte, *a priori*, tirée probablement des récits mêmes des poètes, sans base certaine à nous connue, et il faut douter encore de sa parfaite exactitude.

Que faire donc pour espérer d'arriver enfin à un résultat quelconque, ne fût-il qu'approximatif? Quelque

chose de très simple et à quoi on eut dû songer dès l'abord. Puisque Troie incontestablement a vécu ; puisque l'histoire des Égyptiens et les récits d'Homère se confirment l'un l'autre sur ce point; puisque, d'après toutes les traditions de l'antiquité, Troie existait en Asie Mineure près du Promontoire Sigée, dans un lieu tel que les Grecs débarqués sur les rives de l'Hellespont pussent facilement, de leur camp même, tenir la ville assiégée et livrer aux Troyens de nombreux et fréquents combats, il faut se transporter dans cette région, examiner le terrain non point seulement dessus, mais surtout dedans ; fouiller, faire des recherches. Un empire aussi considérable n'a pu passer sans laisser aucune trace; ne serait-ce que ces fragments de tuiles ou de poteries, restes indestructibles et peu précieux, mais qui partout, sur l'ancien comme sur le nouveau continent, révèlent immanquablement la présence de l'homme; il faut interroger avec soin les débris que l'on ne peut manquer de réunir. De l'état de ruines il faut les faire passer au rang de documents, en faire de nombreuses collections, s'il est possible; tirer de leur examen et de leur rapprochement des conclusions, — appuyées cette fois sur les faits, — et dire enfin, preuves en main : « Voici ce qui nous reste de l'histoire des anciens Troyens. »

C'est là ce qu'a fait M. Schliemann. Nous allons d'abord raconter ses recherches et nous verrons ensuite si elles ont été couronnées de succès.

De l'aveu commun de tous les savants et de tous les voyageurs qui s'étaient occupés de la question, l'emplacement de Troie ne pouvait donner lieu qu'à deux hypothèses sérieuses :

L'une, mise en avant par Le Chevalier au dix-huitième siècle, plaçait Troie près du village actuel de Bounarbachi; l'autre, défendue déjà par les anciens, mais attaquée par un géographe de la plus respectable autorité, Strabon, la fixait auprès du village moderne d'Hissarlik,

là précisément où l'antiquité postérieure à Homère avait construit la ville d'*Ilium Novum*.

On comprend, en effet, qu'étant données les nécessités de la subsistance et de la défense, étant donné ce fait indéniable, — à moins de révoquer en doute toute la tradition relative à Troie, — qu'Ilion n'était pas située loin de la mer, ni loin de l'Hellespont, et qu'elle était dans la vallée d'un des fleuves descendant du mont Ida, le doute sur l'emplacement devait naturellement se borner à un nombre assez restreint de lieux propres à remplir ces diverses conditions. M. Schliemann, par suite de certains raisonnements qu'il serait trop long d'exposer ici, et qui avaient seulement pour base la comparaison des lieux actuels avec l'Iliade, M. Schliemann en vint à se prononcer pour l'emplacement d'Hissarlik. Cette opinion était contraire à celle qui avait cours généralement.

C'est pour appuyer son hypothèse que M. Schliemann entra résolument dans la voie excellente des fouilles et des recherches souterraines. Pour suivre cette voie il fallait une persévérance à toute épreuve, une foi indestructible et, par-dessus le marché, une fortune personnelle qui permît de supporter les frais qu'allaient occasionner de pareils travaux. Heureusement M. Schliemann satisfaisait absolument à toutes ces conditions.

Dès le début de l'année 1870, M. Schliemann s'appliqua à l'entreprise importante qu'il méditait. Il fit plusieurs voyages préparatoires dans la Troade, se rendit lui-même aux lieux que l'on considérait comme ayant quelque raison de prétendre à être celui « où fut Troie ». Il vit Bounarbaschi et là vérifia les fouilles déjà faites en ce lieu par le consul J. G. Hahn, en 1864.

On y trouvait bien les restes d'une ville et même quelques débris d'uue antique enceinte. Mais ces restes semblaient tous helléniques. Les tombeaux des environs, fouillés en 1872 par sir John Lubbock n'ont rien donné non plus que des tessons helléniques peints et remontant

au plus au sixième siècle. Sur l'emplacement même de la ville, on trouvait le sol vierge à moins d'un demi-mètre, c'est-à-dire à une proximité peu en accord avec l'idée d'un antique empire. Après cet examen M. Schliemann put à bon droit considérer comme démontrée la première partie de sa théorie, à savoir que Troie n'avait jamais existé au lieu dit Bounarbaschi.

Pour nous, jusqu'à preuve du contraire, nous acceptons entièrement ces conclusions. Nous ne pensons pas que les raisonnements incertains tirés des récits homériques ou l'examen rapide fait par quelque voyageur plus ou moins attentif, puissent prévaloir contre un fait capital, affirmé par un homme dont tout le monde s'entend à constater la parfaite honorabilité, et qui, somme toute, après avoir passé trois années sur le terrain, a une compétence spéciale, qui lui permet de traiter avec quelque dédain les affirmations, souvent légères, de ses adversaires et de ses critiques.

Quelques coups de bêche donnés sur les sommets de Chiblak et d'Akschikoï, — autres lieux indiqués par certains savants, — suffirent pour convaincre M. Schliemann de l'inutilité des recherches en ces divers endroits. Il tourna définitivement toute son attention vers le lieu que lui-même considérait comme « *l'ubi Troja fuit* », c'est-à-dire l'emplacement de l'*Ilium novum* des anciens, près du village moderne d'Hissarlik.

Ce ne fut pas sans peine que M. Schliemann obtint des propriétaires récalcitrants, et du gouvernement turc, plus avide encore, l'autorisation d'entreprendre des fouilles. Si nous en croyons notre auteur, les ministres de la Sublime-Porte lui jouèrent plus d'un vilain tour, et Savfet-Pacha, le futur négociateur du traité de Berlin, montra dès cette époque ce dont il était capable en fait d'habileté diplomatique.

Enfin, après avoir triomphé de tant d'ennuis par une persévérance à toute épreuve, M. Schliemann put,

le 10 octobre 1871, donner le premier coup de bêche dans le voisinage d'Hissarlik.

Dès cette époque les travaux d'excavation furent poussés avec une activité que rien ne put arrêter, ni la surveillance permanente d'un inspecteur ottoman, ni le mauvais vouloir des paysans d'alentour, ni la difficulté de se procurer des travailleurs, surtout à l'époque de la moisson, ni enfin le mauvais résultat de certaines recherches et les désillusions qui ne manquèrent pas d'assaillir en foule le chercheur qui, dit-il lui-même, « croyait à Homère comme à un Évangile. »

Heureusement les résultats magnifiques qui furent atteints furent pour M. Schliemann une large compensation de tant de peines et de tant de déboires.

Nous ne pouvons suivre ici le récit que M. Schliemann lui-même a fait au jour le jour de ses travaux et de ses découvertes. Constatons-en seulement les principaux résultats.

Pour se rendre un compte exact du développement en quelque sorte dramatique de ces recherches, il est bon de ne pas oublier que M. Schliemann était porté à les entreprendre par le désir de vérifier une hypothèse conçue à l'avance : c'est là, le plus souvent, un mobile puissant pour les travailleurs, et, sans lui, bien des découvertes importantes n'eussent jamais été faites. Donc M. Schliemann *croyait* à sa thèse, et il *croyait* à Homère.

Tout plein de ses idées, il pensait devoir rencontrer cette ville énorme que l'on peut s'imaginer, d'après les récits du poète, dépassant infiniment l'enceinte de la ville Grecque qui lui avait succédé et capable de contenir au moins 100 000 habitants.

Aussi, persuadé d'ailleurs que la forteresse dont parle Homère, la Pergame antique était située à l'extrémité même de la colline sur laquelle Troie avait été construite, il songea à embrasser immédiatement dans un cercle de fouilles, l'ensemble des ruines qui devait

correspondre à l'ancienne cité. Il résolut de partir des extrémités et de marcher peu à peu vers le centre.

M. Schliemann commença donc par creuser, avec beaucoup de précaution, un certain nombre de puits aux confins mêmes de l'Ilium grec. Mais, à son grand étonnement, il ne trouva rien, ou du moins rien qui ne fût purement grec. Au-dessous de l'*Ilium* de Lysimaque on ne trouvait nulle trace de la Troie antique. M. Schliemann continua ses fouilles en se rapprochant de la prétendue Pergame : rien encore. Il se rapprocha de nouveau : rien encore ; et ainsi de suite. Jusqu'à sept puits furent creusés par lui au pied de la montagne et ne mirent au jour que des murs et des tessons grecs.

En présence de pareils résultats M. Schliemann était bien obligé de s'avouer à lui-même qu'Homère l'avait trompé sur l'importance de la ville ; que s'il y avait une Troie, elle était restreinte à la superficie de la colline ; que c'était là qu'il fallait porter toutes les recherches si l'on voulait arriver à quelque résultat positif.

Ce nouveau plan une fois adopté, les cent cinquante travailleurs de M. Schliemann furent répartis sur la colline. Il convenait tout d'abord de creuser des puits allant jusqu'au sol vierge, afin de se fixer sur la nature des travaux futurs.

Un nouvel étonnement et une nouvelle surprise attendaient M. Schliemann. Les puits, en effet, durent être poussés jusqu'à une profondeur de quatorze mètres avant d'atteindre le gravier vierge de débris humains, et, au lieu d'une ville ou de deux villes dont on espérait rencontrer les débris, ce furent quatre ou cinq villes successives dont on retrouva les restes superposés. Cette surprise était, certes, plus agréable que la première.

Quelle perspective lointaine s'était ouverte tout à coup pour l'histoire de la Troade! Jusqu'où la chronologie

ne devait-elle pas remonter pour trouver l'origine de ces restes prodigieux? En effet, la ville grecque, moderne relativement, ville active, ville considérable, et qui avait vécu *pendant plus de mille ans* (jusque vers Constance II, 361 après J.-C.), cette ville, dis-je, avait laissé une couche de ruines qui n'avait guère plus de deux mètres de profondeur. C'était entre d'autres peuples antiques qu'il convenait de distribuer les ruines antérieures. On voit jusqu'à quelle haute antiquité la proportion mathématique faisait remonter leur ensevelissement.

Spectacle plus étrange encore! Ces ruines ne se suivaient pas dans l'ordre lent, régulier et pacifique en quelque sorte, que doit amener la vie habituelle d'un peuple dans un endroit donné. L'aspect seul des premières fouilles donnait l'impression des crises violentes, de révolutions implacables, et de destruction sans merci.

Des lits épais de cendres de bois rouges ou jaunes étaient les traces frappantes d'incendies qui avaient, d'un seul coup, ruiné la ville. Les murs des maisons construits les uns sur les autres sans préoccupation d'utiliser les anciens fondements attestaient des périodes d'abandon complet, comme après une ruine définitive ; enfin, les preuves évidentes de décadence et de perte de connaissances acquises, relevées régulièrement dans les objets d'art appartenant aux différentes couches attestaient la rupture nette, à certaines époques du développement général de la masse de civilisation accumulée déjà par les prédécesseurs.

Donc, dans la première couche de ces débris, M. Schliemann retrouva d'abord des objets d'origine grecque. Cette couche n'avait guère que deux mètres de profondeur, mais les heureuses découvertes qu'y fit la bêche des travailleurs eussent suffi pour satisfaire le plus ambitieux des archéologues.

C'est là, en effet, que M. Schliemann mit au jour un

grand nombre de médailles prouvant l'existence de la ville d'*Ilium Novum* jusqu'au règne de Constance II; des restes immenses de l'enceinte construite par Lysimaque, un des généraux et des successeurs d'Alexandre; de nombreuses inscriptions grecques pleines de renseignements pour l'histoire générale des mœurs de l'Asie Mineure à l'époque de la conquête romaine; des ruines de temples, de monuments publics, d'édifices de toutes sortes qui prouvaient la prospérité dont avait joui la moderne Ilion. On put juger, d'après ces ruines nouvelles, que la ville maintenant absolument détruite avait pu avoir près de 100 000 habitants; qu'elle avait été ornée de tout ce que les arts de la Grèce et de l'Asie pouvaient tout ensemble produire de plus noble et de plus gracieux; qu'elle avait été digne, en un mot, des grands souvenirs d'Alexandre et des Romains qui y étaient attachés, et surtout de la mystérieuse ancêtre que lui donnaient les récits homériques.

En effet, quelle magnifique situation pour une grande ville, — à l'époque où l'Asie Mineure et l'Archipel étaient en quelque sorte le centre du monde, — et comme l'on comprend que les grands conquérants de cette région n'aient point voulu abandonner un lieu que tant de gloire et tant de merveilles recommandaient à l'attention des hommes !

Laissons parler M. Schliemann lui-même : « La vue, du haut du mont Hissarlik, est de toute beauté. Devant moi s'étend la magnifique plaine de Troie. Depuis les pluies des derniers orages, elle s'est de nouveau couverte de gazon vert et de boutons d'or; l'Hellespont bleu la borde à une heure de distance vers le nord-ouest. La presqu'île de Gallipoli s'y avance en une pointe qui porte le phare. A gauche s'étend l'île d'Imbros au-dessus de laquelle on aperçoit le mont Ida de Samothrace, maintenant couvert de neiges; un peu plus à l'ouest on découvre sur la presqu'île macédonienne le fameux mont Athos ou la Montagne sacrée, portant ses

nombreux monastères ; et à son extrémité, au nord-ouest, se trouvent encore les traces de ce grand canal qu'au dire d'Hérodote, Xerxès y fit creuser pour éviter à sa flotte la navigation orageuse du Cap.

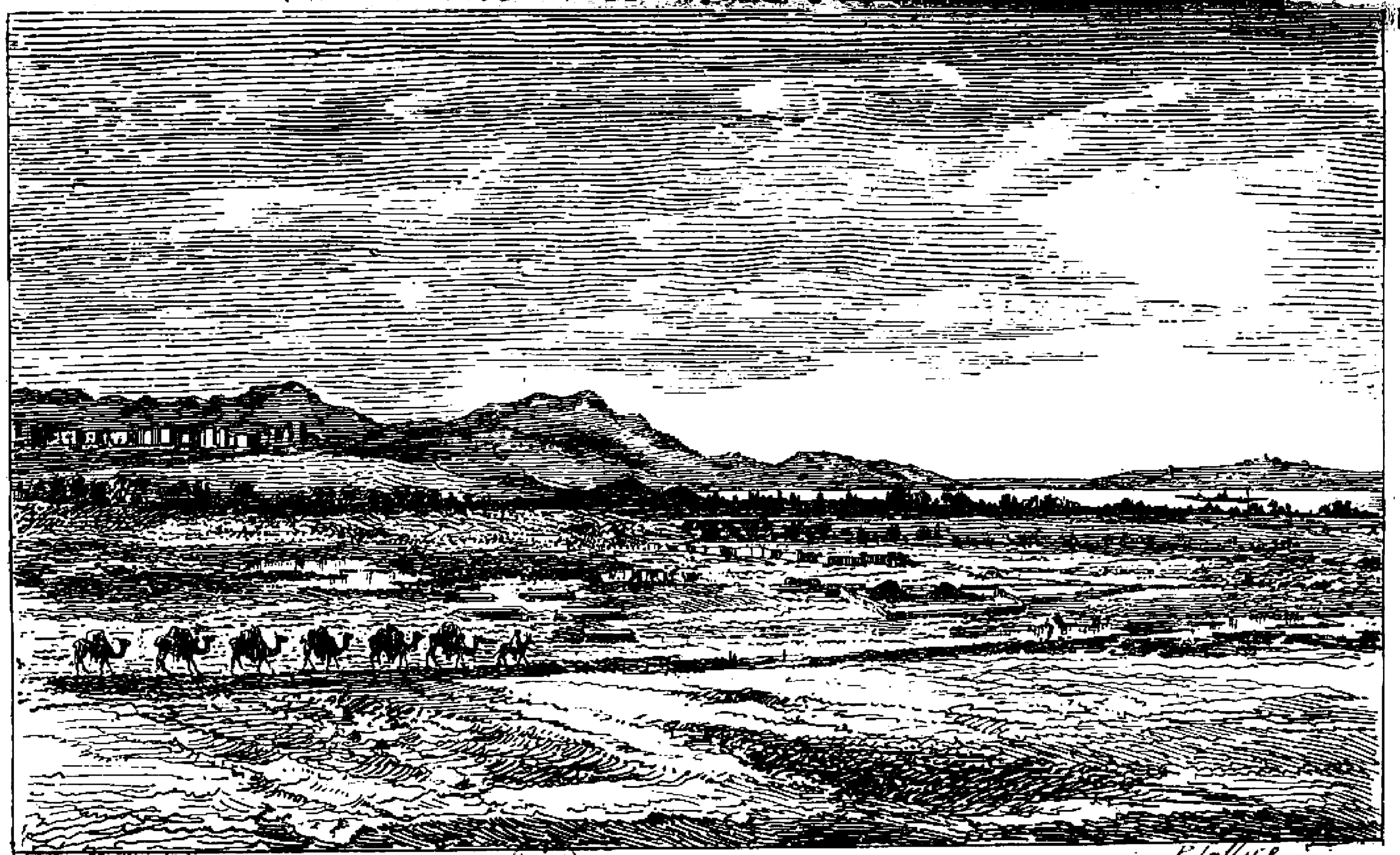
« En reportant de nouveau ses regards sur la plaine troyenne, on y voit sur un éperon du promontoire de Rhoetie, le tombeau d'Ajax ; au pied du promontoire opposé de Sigée, le tombeau de Patrocle ; sur l'extrémité de ce cap, le monument d'Achille et, à gauche de celui-ci, au haut du cap lui-même, le village de Jenischaïr.

« D'ici la plaine s'étend sur deux heures de largeur. Elle est bordée à l'ouest par la côte de la mer Egée, qui a en moyenne une hauteur de 40 mètres. On y découvre d'abord le tombeau de Festus, le confident de Caracalla que celui-ci fit empoisonner, d'après Hérodien, lorsqu'il visita la ville d'Ilium, afin d'imiter les magnifiques funérailles qu'Achille fit célébrer, selon Homère, en l'honneur de son ami Patrocle. On voit ensuite sur la même côte un tumulus nommé Udjek-Tépé, haut de 24 mètres, et que la plupart des antiquaires prennent pour celui du vieux Æsyétès, et du haut duquel Polytès, confiant en la légèreté de ses pieds (*Iliade*, II, 791-794), espionnait la flotte grecque pour voir quand les troupes sortiraient des trirèmes..... Entre ces deux tombeaux, on voit sortir de la mer Égée l'ile de Ténédos.

« Vers le sud, la plaine de Troie s'étend à deux heures au delà jusqu'aux hauteurs de Bounarbaschi, que domine majestueusement le Gargare, sommet du mont Ida, couvert de neiges éternelles, d'où Jupiter assistait aux combats des Troyens et des Grecs[1]. »

Si nous ajoutons enfin que cette plaine est baignée de plusieurs fleuves torrentueux, le Kalifatli-Armak, l'Intépélé-Armak, et, au loin, la rivière du Chalil-Owai que

[1] V. dans Schliemann, *Atlas*. Taf. 127, la partie nord de la plaine de Troie avec les tumuli d'Achille, de Patrocle et d'Æsyétès, le lit primitif du Scamandre, l'Hellespont et les îles d'Imbros et de Samothrace.



Plaine de Troie.

l'on identifie plus ou moins facilement avec le Scamandre et le Simoïs, on pourra se rendre compte à la fin, de l'excellence de l'emplacement de l'Ilium Novum, bâtie probablement sur les ruines de l'antique Troie.

Parmi les plus précieux de tous les débris qui furent retrouvés dans cette couche, en quelque sorte superficielle, il ne faut pas oublier de mentionner le très remarquable triglyphe que l'on a rapproché — non sans quelque raison — des célèbres frises du Parthénon.

Le bas-relief qui est d'une des meilleures époques de l'art grec, représente Phébus-Apollon, le dieu du Soleil, emporté dans l'espace par quatre chevaux fougueux, de la plus superbe allure; le dieu est vêtu d'une longue robe flottante; sa tête est couronnée de l'auréole aux mille rayons, sa main, d'un geste magnifique, abandonne toute liberté aux chevaux qui l'emportent et semble leur ouvrir l'espace. Aucune trace de char n'apparaît, comme si l'artiste eût craint d'alourdir par cette image leur course impétueuse, et, par une dernière liberté, la tête d'Apollon, s'élevant au-dessus du plan général du relief, perce en quelque sorte la bande supérieure du triglyphe, et donne ainsi l'idée de la superbe entrée du dieu du jour dans le ciel [1].

Nous pourrions citer encore bien des trouvailles précieuses, bien des fragments de la plus grande beauté, trouvés par M. Schliemann dans les ruines de l'Ilium grecque; mais comme lui nous avons hâte d'arriver aux villes plus anciennes et de passer en revue des débris moins précieux pour l'art, mais plus intéressants pour la solution directe du problème qui s'est posé devant nous.

Dès qu'il eut passé la profondeur de 2 mètres, M. Schliemann se trouva dans un monde tout nouveau et absolument inattendu. De 2 mètres à 7 mètres envi-

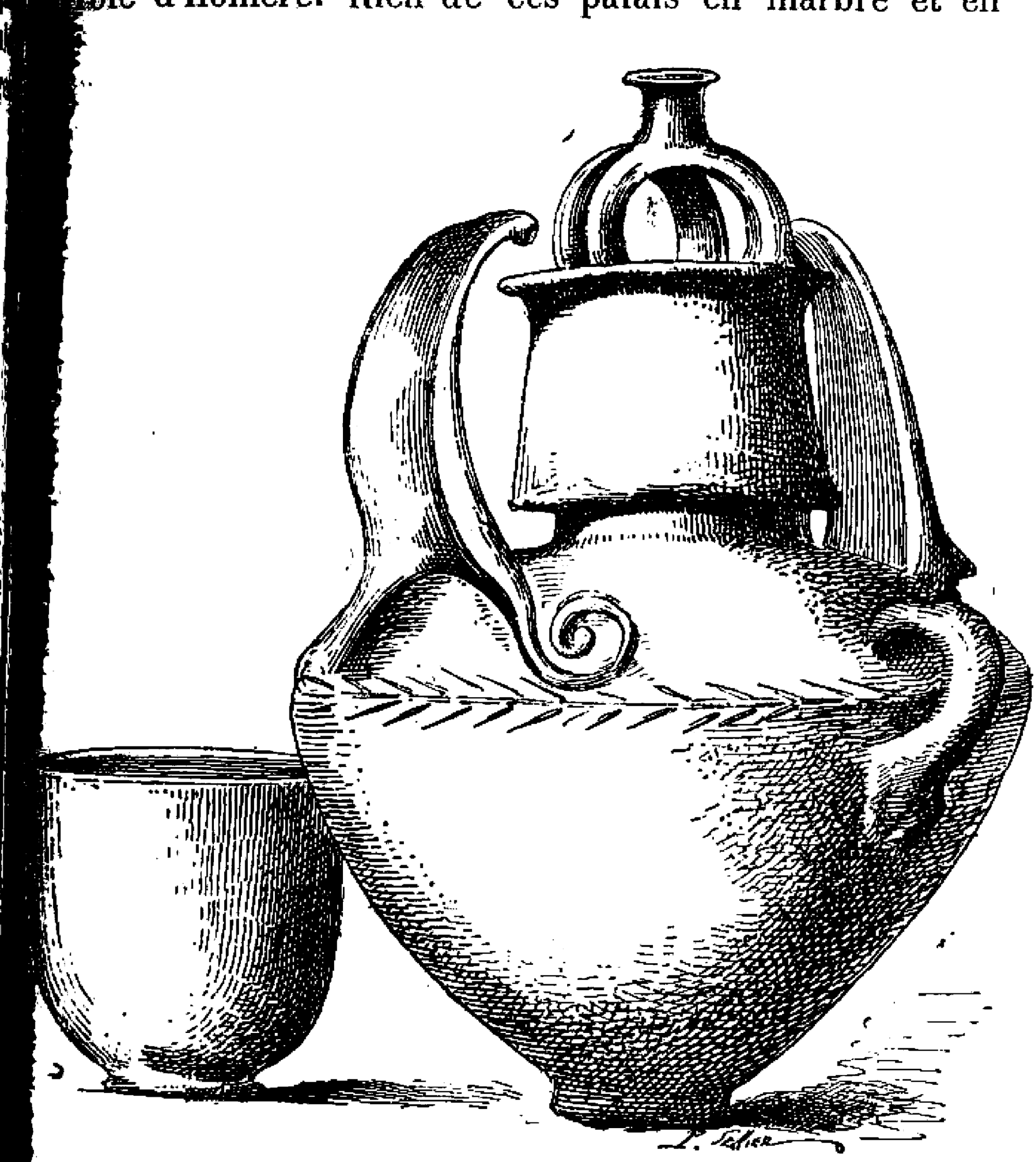
[1] Métope dorique du temple d'Apollon découvert à Isoré par M. Schliemann. *Atlas*, fol. 51.

ron régnait une couche de décombres qui sembla appartenir à des peuples de races aryennes ; où les o jets d'art et même les ruines de constructions impo tantes manquaient d'une façon à peu près générale mais où l'abondance des poteries de formes étranges

Métope.

la présence de plus en plus fréquente, à mesure que l'on descendait, d'instruments de pierre (haches, couteaux, lames en diorite et en silex), le manque absolu d'outils de fer, et la rareté de plus en plus grande d'objets en cuivre révélaient l'existence de peuples anciens et absolument inconnus à l'histoire.

Ce n'était point là, il faut l'avouer ce que cherchait Schliemann. Ce n'était point là une découverte qui pondit à l'idée qu'on pouvait se faire de la superbe oie d'Homère. Rien de ces palais en marbre et en



Poteries troyennes.

pierre de prix dont la pioche devait retrouver au moins les fondations. Au contraire, les traces considérables de cendres rouge attestaient que les villes occupées jadis par les peuples qui habitaient là, devaient être construites en bois. La poterie, seule trace réellement

curieuse et abondante que l'on retrouvât dans ces ruines, indiquait un art grossier et se faisait remarquer par une décadence continue. Enfin si l'on ne devait point s'étonner outre mesure de ne trouver là que des instruments de cuivre, — puisque Homère semble encore ignorer l'emploi du fer, — si l'on devait également accepter assez aisément l'abondance des outils de silex,—puisque, dans les civilisations les plus avancées, l'âge de pierre s'est prolongé incontestablement beaucoup plus tard qu'on ne le pense généralement, — du moins pouvait-on s'étonner de ne relever ici aucun indice d'une puissance, d'une richesse matérielle, d'une splendeur de ruines qui justifiât en quelque sorte la renommée que l'empire de Troie a laissée dans la mémoire des hommes.

A ces difficultés générales, s'ajoutaient des incertitudes particulières, qui n'étaient pas sans embrouiller encore un problème déjà si obscur. Dès les premiers pas, on trouvait, en quantités énormes, certains instruments en terre cuite ayant une forme de toupie, ou plutôt de fusaïole et dont l'usage ancien semblait absolument inexplicable. Ces objets étaient le plus souvent couverts d'inscriptions ou de signes en caractères absolument inconnus. On y voyait fréquemment une sorte de croix, munie de quatre points, qui indiquait une origine aryenne, et que M. E. Burnouf semble avoir assez catégoriquement expliquée par l'emblème du feu sacré, *Agni*. Mais par contre, les inscriptions semblaient en caractères absolument indéchiffrables, à moins d'accepter la singulière hypothèse du même E. Burnouf, qui dans l'une d'entre elles voulait absolument reconnaître du chinois !

Autre difficulté : la plupart des vases entiers que l'on retrouvait avaient une forme assez remarquable quoique grossière. On y reconnaissait évidemment des yeux, une sorte de nez, des seins, un nombril, et quelquefois même, sur les côtés, des bras, ou quelque chose d'approchant. Fallait-il voir ici une imitation

grossière du corps de la femme, ou bien, comme le prétendait M. Schliemann, une déesse à tête de chouette, la Minerve d'Homère, γλαύκωπις ? Toutes ces questions s'embrouillaient encore dans l'esprit du courageux archéologue par l'embarras où il se mettait lui-même en voulant faire cadrer toutes ces trouvailles avec les récits de l'ancien poète. Il est tel couvert de pot qu'il prenait pour la coupe homérique, tel instrument qu'il appelait la hache ou le bouclier troyen, et où il s'efforçait de voir ce qui n'y était nullement.

Heureusement le fait seul d'être sur les lieux suffisait pour encourager, aider et éclairer ce vaillant chercheur. Sans trop s'arrêter à tant de difficiles problèmes, sans faire autre chose que de se les poser à lui-même, et d'essayer de les résoudre avec la plus entière bonne foi, il poursuivait ses recherches et descendait plus bas, toujours plus bas.

Bien lui en prit, car il put bientôt, dans ses nouvelles fouilles, mettre la main sur des objets de la même nature que les précédents, mais dont l'abondance, la qualité et la bonne exécution pouvaient faire croire que l'on avait affaire à un peuple plus avancé dans la civilisation et plus puissant. Quand, à ces premières trouvailles, vinrent s'adjoindre de nombreux instruments en métal, des objets de cuivre et même d'airain, une véritable collection, un *trésor* de bijoux en matières précieuses et habilement travaillées ; quand surtout on eut rencontré des murs d'enceinte, des constructions solidement fondées, des restes d'autels, de temples et de pavages de rues; tout cela d'ailleurs portant les marques frappantes d'une destruction violente par un incendie général, cette fois M. Schliemann put crier son *Euréka* et affirmer au monde savant qu'il avait trouvé les véritables ruines de l'ancienne Troie.

Somme toute, les recherches menées avec la plus grande activité et la plus remarquable intelligence pendant plusieurs mois des années 1871-1872 et 1873.

amenèrent sur l'état de l'ancienne ville les découvertes suivantes :

La cité — bien moins importante qu'on eût pu se l'imaginer d'après sa merveilleuse histoire, — était construite sur le plateau couronnant la colline actuelle d'Ilissarlik ; son point le plus fort s'avançait à pic sur la plaine qui s'étendait vers le nord jusqu'à la mer. Là était construit le château-fort, la Pergame, qui commandait la plaine, et qui, bâtie de moellons et de poutres enchevêtrées, était protégée par un revêtement en bois.

Un mur d'enceinte régnait tout autour de la ville. Il semble qu'en certaines parties ce mur servait également au soutènement des terrains en pente qui portaient les principaux édifices. Il semble avoir eu une hauteur de 5 à 6 mètres. Il était d'une architecture grossière, le plus souvent composé de grosses pierres blanches non taillées, posées l'une sur l'autre sans être réunies par le ciment. Le système de fortification était complété par des tours dont M. Schliemann semble avoir découvert la plus importante. Haute de 6 à 8 mètres seulement, elle occupait la partie occidentale extrême de la cité. De là elle dominait la plaine et la mer. Il n'y avait pas sur tout le plateau de point plus élevé, et M. Schliemann dans son désir d'appliquer ses découvertes à l'explication d'Homère, n'a pas manqué d'y voir la grande tour d'Ilium, où Andromaque monta « lorsqu'elle eut entendu que les Troyens étaient opprimés et que la force des Achéens l'emportait. » (*Iliade*, VI, 586-587.)

De l'intérieur de la ville un chemin, ou plutôt une rue parfaitement aménagée, conduisait aux portes par lesquelles on descendait dans la plaine. Cette rue, trouvée à une profondeur de 9 mètres, était large de 5 mètres 20 centimètres. Elle était pavée de dalles épaisses de pierre, longues de 1 mètre 18 centimètres à 1 mètre 50 centimètres et larges de 89 à 154 centimètres. La di-

rection exacte de la rue était vers le sud-ouest et elle descendait avec une forte pente vers la plaine. L'état d'émiettement dans lequel se trouva la superficie des dalles dès qu'elles furent exposées à l'air fut pour M. Schliemann une preuve convaincante de la violence de l'incendie dans lequel avait péri la ville.

A l'extrémité de cette belle rue, M. Schliemann, dirigé par un heureux instinct, rencontra bientôt deux portes qui ouvraient sur la campagne, et dont l'emplacement restreignait singulièrement les proportions qu'on eût été tenté de donner à la cité. L'absence totale de débris troyens au delà de ces portes prouvait d'ailleurs qu'elles avaient bien été construites à l'endroit où s'arrêtaient les constructions. Ces deux portes étaient séparées l'une de l'autre par une distance d'environ 6 mètres. On retrouva jusqu'aux chevilles ou grandes clefs en cuivre qui avaient servi à les fermer; l'une de ces deux portes avait une largeur de 3 mètres 76 centimètres et était formée par deux saillies du mur. C'est là que s'arrêtait le chemin pavé de dalles. Plus loin il devenait raboteux. La seconde porte était également formée de saillies avançant sur le mur et s'ouvrait sur le dehors.

Ici encore M. Schliemann ne pouvait manquer d'appliquer les renseignements analogues à ces découvertes que lui fournissait l'*Iliade*. Il faut avouer d'ailleurs que l'occasion était belle d'identifier cette double-porte avec les *Portes-Scées*, dont le nom, au pluriel, semblait indiquer une construction analogue à celle dont on retrouvait les débris. Il est vrai, que le texte même du poète donnait un démenti catégorique à cette identification.

En effet, dans le chant VI, Hector quittant la Pergame pour se rendre aux *Portes-Scées*, traverse la ville tout entière d'après Homère. Cette mention ne se rapporte nullement à la position réciproque des ruines. Mais M. Schliemann acceptant ici l'hypothèse très raisonnable que le poète Grec n'avait pas eu une connaissance exacte

des lieux, n'en continue pas moins de voir ici ces fameuses Portes-Scées sans s'apercevoir en quelque sorte de la contradiction qu'il élève ici lui-même contre la plus grosse part de ses affirmations.

C'est donc d'ici, selon lui, que les vieillards assemblés promenaient leur regard sur toute la plaine et consultaient anxieusement le sort des combats; c'est ici que s'est passée cette belle scène où la beauté d'Hélène faillit l'emporter sur leur froide prudence et sur leurs sinistres prévisions : « Et Hélène, s'étant couverte aussitot de voiles blancs, sortit de la chambre nuptiale en pleurant; et deux femmes la suivaient, Aithrè fille de Pittheus et Klyménè aux yeux de bœuf. Et voici qu'elles arrivèrent aux portes *Skaies*. Priamos, Panthoos, Thymoitès, Lampos, Klytios, Hykétaôn, nourrisson d'Arès, Oukalégôn et Anténôr, très sages tous deux, siégeaient, vénérables vieillards, au-dessus des portes *Skaies*. Et la vieillesse les écartait de la guerre; mais c'étaient d'excellents Agorètes, et ils étaient pareils à des cigales qui dans les bois assises sur un arbre, élèvent leurs voix mélodieuses. Tels étaient les princes des Troyens assis sur la tour. Et quand ils virent Hélène qui montait vers eux, ils se dirent les uns aux autres et à voix basse ces paroles rapides : « Certes il est juste que les Troyens et les Grecs aux belles Knémides subissent tant de maux, et depuis si longtemps pour une telle femme, car elle ressemble aux immortelles par sa beauté. Mais malgré cela, qu'elle s'en retourne sur ses nefs, et qu'elle ne nous laisse point, à nous et à nos enfants, un souvenir misérable. »

C'est ainsi que l'ardente imagination de M. Schliemann retrouve dans ces ruines un souvenir et comme un parfum de la légende antique. Qui eût résisté à la tentation, et qui songera à blâmer le hardi chercheur que sa conviction soutient dans ses recherches, et qui, sans elle, n'eût certes jamais songé à les entreprendre ni à les poursuivre?

Au point de vue des monuments religieux les fouilles de M. Schliemann furent moins heureuses peut-être qu'on eût pu le penser tout d'abord. Homère, il est vrai, parle peu des sanctuaires d'Ilion. Cependant il cite un temple de Minerve et un petit temple d'Apollon. M. Schliemann crut d'abord avoir découvert le premier — de beaucoup le plus important — dans le voisinage de la Pergame. Mais, tout compte fait, ce temple se trouva réduit à une sorte d'autel en forme de croissant que M. Schliemann veut bien dédier « à la Minerve à tête de chouette. » La seule raison qui puisse motiver cette attribution, c'est la situation de cet autel placé juste au-dessous du temple de la Minerve Grecque d'Ilium Novum. Il y a là un motif assez fort, il faut l'avouer, de reconnaître dans ce précieux monument l'endroit où se faisaient les sacrifices et où l'on entretenait le culte du dieu national et héréditaire des premiers Troyens [1].

Heureusement pour tout ce qui se rattache à la vie privée de ces anciens peuples, M. Schliemann fut infiniment plus favorisé ; et c'est là, on peut le dire, le fonds même de la découverte.

Dans le voisinage des débris que nous avons signalés déjà, sur les côtés mêmes de la rue dallée, on mit au jour plusieurs restes de maisons anciennes. Loin que ces décombres fussent absolument détruits et en quelque sorte inintelligibles, leur forme au contraire était en grande partie conservée, et M. Schliemann les compare aux maisons Pompéiennes.

Nous donnerons la description d'une de ces maisons, de la plus importante, de celle que M. Schliemann a baptisée du nom de Palais de Priam. Ce bâtiment fut certainement un des plus importants de l'ancienne Troie. La solidité relative de sa construction, la richesse des objets qu'on y a rencontrés, le voisinage où il se

[1] V. Lenormant, *Antiquités de la Troade*, p. 33.

trouvait de la Tour, des murs d'enceinte et des portes, enfin le fait que le palais du roi postérieur fut construit sur ce même emplacement sont des raisons probantes pour reconnaître ici un des édifices principaux de la cité.

Les murs, d'inégale épaisseur, étaient construits en pierres reliées avec de la terre. Ils étaient à l'intérieur badigeonnés d'un enduit peint en jaune ou en blanc. Quelques-unes des salles étaient dallées ; quelques autres au contraire semblent avoir été recouvertes d'un plancher qui brûla lors de l'incendie et laissa des cendres épaisses. Dans les chambres assez nombreuses qui partageaient le rez-de-chaussée, on rencontra de la cendre rouge ou jaune en quantité énorme, des débris calcinés, beaucoup de coquillages, des débris d'ustensiles de ménage. Dans d'autres chambres ce furent de superbes cruches hautes de deux mètres ou deux mètres et demi, destinées probablement à contenir les liquides et les boissons. L'autel que nous avons signalé plus haut faisait aussi partie de cet édifice.

Enfin dans les chambres mêmes et tout autour des décombres, dont l'importance semble indiquer que la maison avait plusieurs étages, on rencontra de nombreux ossements humains et en particulier deux squelettes entiers, couchés, le casque en tête, la longue lance auprès d'eux, guerriers morts probablement en défendant leur foyer, et dont la présence attestait que là s'étaient concentrés les derniers efforts de la lutte suprême, et qu'eux, les hommes des temps héroïques, étaient morts dans le désastre qui avait emporté du même coup leur ville et leur patrie.

D'autres maisons moins importantes et bâties pour la plupart en briques cuites au soleil furent relevées dans les environs. L'ensemble de leur construction et les proportions générales de la ville mesurées d'après les ruines du mur d'enceinte, réduisirent singulièrement l'idée qu'on pouvait se faire de la population d'une ville

qui, d'après le poète, avait soutenu dix ans l'effort de la Grèce conjurée. M. Schliemann lui-même reconnaît qu'elle n'a pu contenir plus de 5000 habitants ni fournir plus de 500 hommes en état de porter les armes. Il y a loin de là aux énumérations homériques.

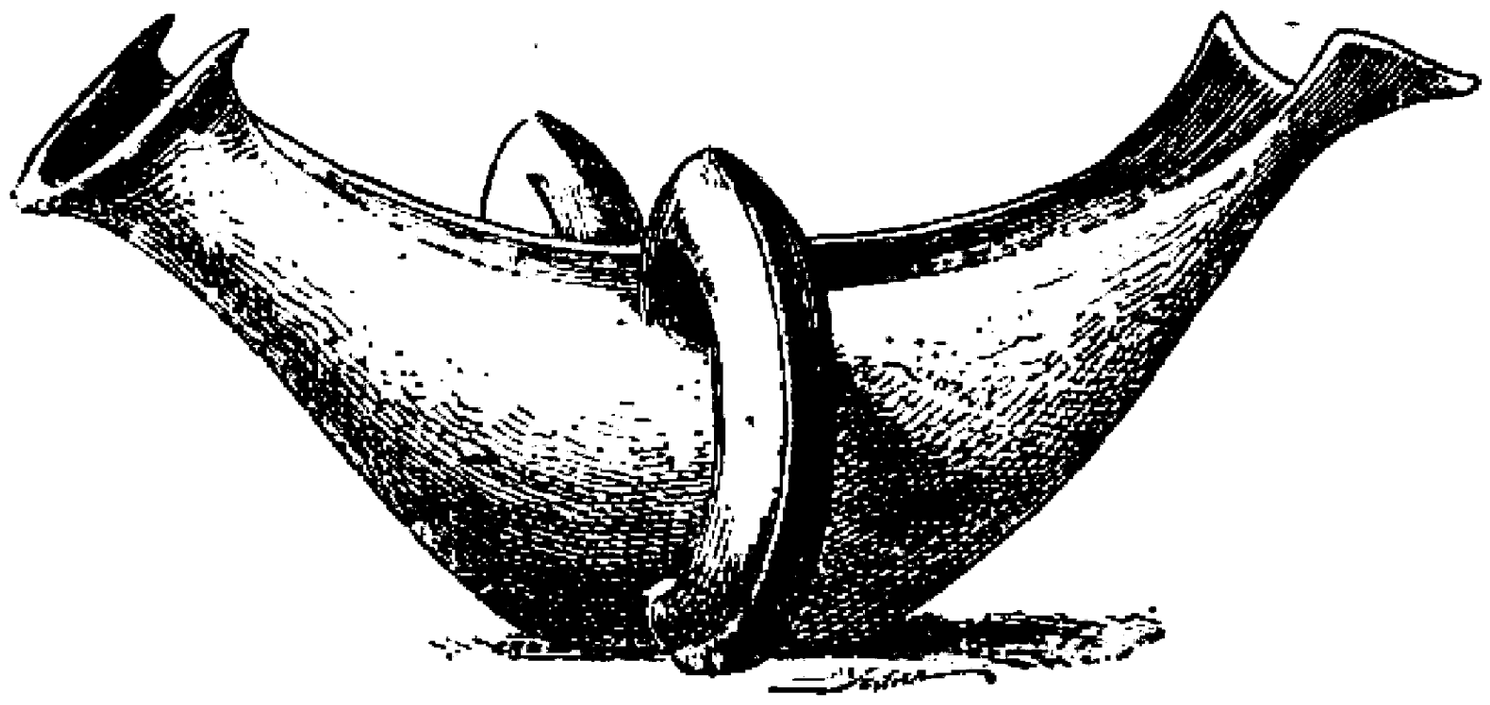
Cependant les autres découvertes de M. Schliemann doivent éloigner toute idée de doute à l'égard de la richesse du peuple qui occupait cette ville. Les objets en métal et en terre cuite, en particulier le Trésor découvert sur la fin des fouilles suffisent pour prouver qu'il y avait là un centre véritablement important et que la Troie ancienne a été riche. Étant riche elle a été puissante, elle a pu étendre au loin sa domination et attirer autour d'elle, pour sa défense, de nombreux alliés.

Parmi les objets relatifs à la vie privée ceux que M. Schliemann trouva en nombre vraiment prodigieux — de quoi former un véritable musée, — ce furent les vases et instruments en terre cuite.

De facture généralement grossière dans les couches supérieures, ils semblaient se raffiner dès que l'on descendait jusqu'aux âges plus anciens. Jamais d'ailleurs leur nature ni leur décoration n'indiquent un progrès considérable dans l'art du potier. Tous sont faits à la main et non au tour ; ils sont composés d'une argile qui, par la cuisson prend des teintes jaunes, noires ou ocreuses. Quelquefois des dessins d'un caractère absolument rudimentaire sont tracés sur la terre encore fraîche et cuite postérieurement. Il arrive même que la surface du vase ainsi décoré a été frottée avec une terre blanchâtre qui, se fixant dans les rainures, a incrusté les lignes en les faisant ressortir en blanc sur le fond noir du vase.

Quant à la forme il faut distinguer avec soin plusieurs classes parmi les poteries troyennes. Tout d'abord on trouva, en quantité prodigieuse, des vases simples en forme de gourde, quelquefois munis de deux anses,

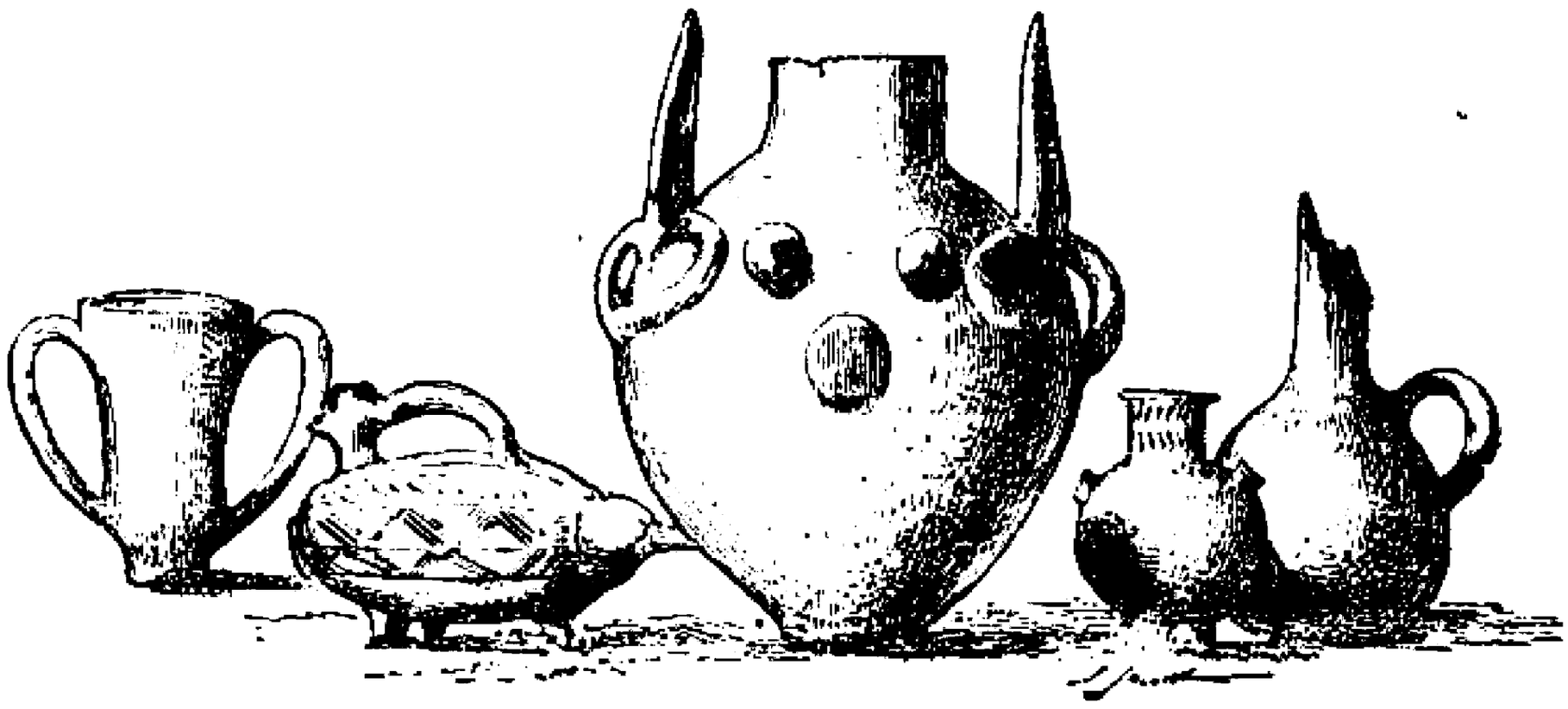
quelquefois encore portés sur trois pieds, tantôt lisses et polis à la main, tantôt ornés dans la manière que nous avons indiquée plus haut. Assez fréquemment le



Vase à deux embouchures.

col s'allonge en forme de bec ; une des anses disparait et le vase devient un pot ou même une œnochoé, quelquefois double et conjuguée.

De nombreux vases sont percés de trous comme s'ils



Poteries troyennes.

eussent servi à confectionner des fromages ; d'autres, sans pied, sont munis d'une double anse ; d'autres enfin, d'un travail plus élégant, affectent la forme d'un animal grossièrement représenté muni de quatre pattes courtes, la tête ronde et à peine détachée du reste du

corps. Dans cet animal M. Schliemann a voulu reconnaître un hippopotame, et comme cet animal n'existe pas dans ces régions, il en a conclu à l'existence de rapports médiats ou immédiats avec les Égyptiens.

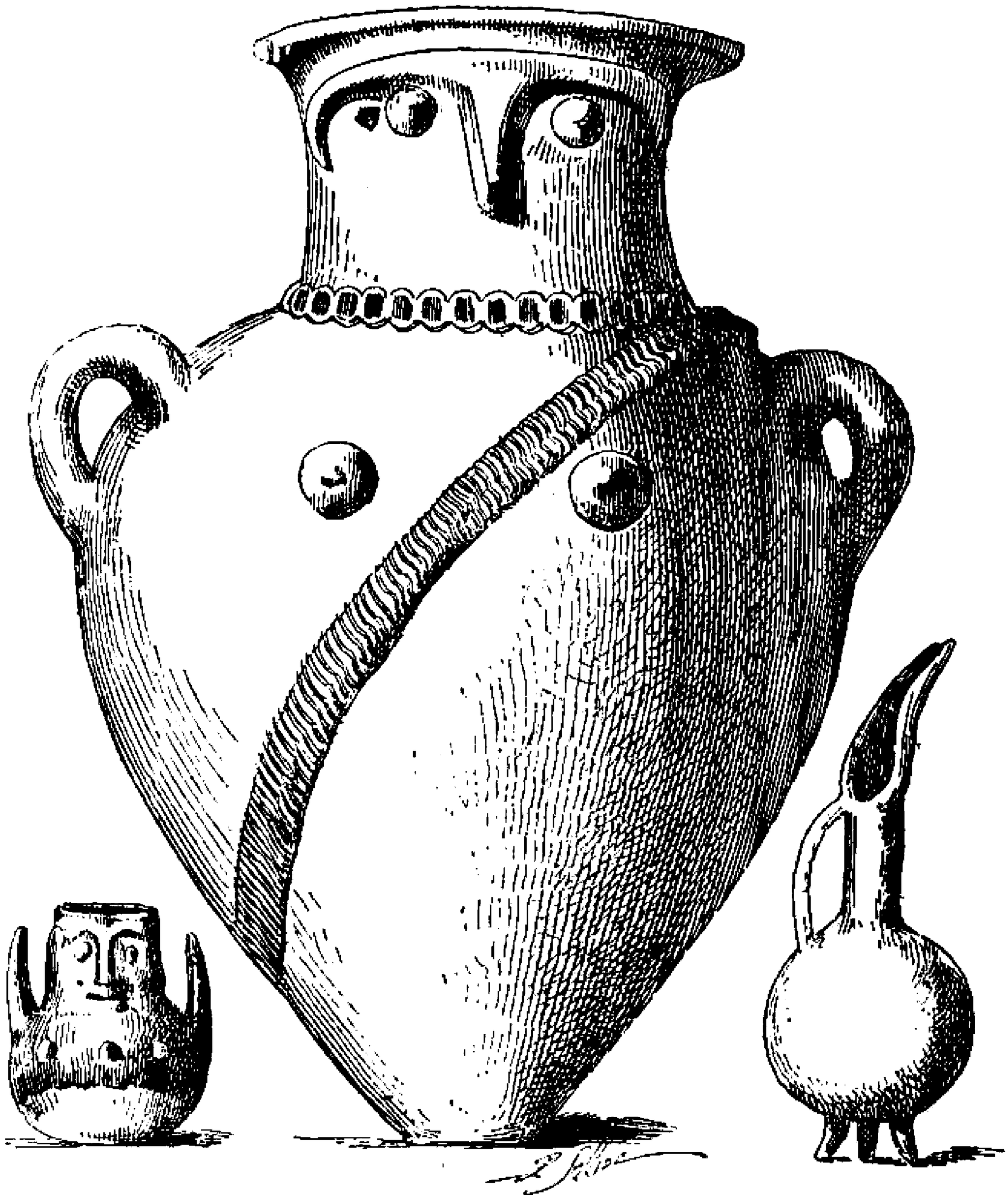
Sans vouloir nier ces relations, — nous avons vu au contraire qu'elles étaient constatées par les monuments Égyptiens eux-mêmes, et l'actif commerce des Phéniciens, voisins des deux peuples, eût suffi pour les faire naître, — sans donc aller à l'encontre de l'opinion de M. Schliemann, on peut douter que l'animal ainsi représenté soit l'hippopotame. On peut y reconnaître aussi facilement un cochon, ou même tout simplement une forme quelque peu arbitraire, inspirée à l'ouvrier par les exigences de l'art de la poterie et le but pratique qu'il se proposait.

Ces remarques nous amènent tout naturellement à une autre catégorie de vases infiniment plus abondante et surtout plus importante par les discussions auxquelles elle a donné lieu; à ceux que M. Schliemann désigne sous le nom de vases *à tête de chouette*.

Cette dénomination est justifiée par leur forme générale. Tantôt en effet le vase entier, tantôt sa partie supérieure seulement présente une image où l'on peut reconnaître facilement deux sourcils arqués, deux gros yeux ronds, un nez ou un bec, une paire d'oreilles ou quelque chose d'analogue. Quand le vase est d'assez grande taille ces traits sont appliqués sur le goulot, et le reste de la panse est orné de deux seins, d'un nombril, et souvent les anses en forme de bras s'élèvent vers le ciel. Quelquefois même un collier sur la poitrine, une écharpe autour du corps, rendent plus évidente encore l'intention formelle de l'artiste de représenter un corps de femme dans la partie inférieure du vase.

Mais qu'est la partie supérieure? M. Schliemann, pour lui, n'hésite pas : c'est une tête de chouette. La chouette, on le sait, est l'animal consacré à Minerve. Or, Minerve était, d'après Homère, la déesse particulièrement honorée

à Ilion. Les Troyens, selon un usage général de l'antiquité, ont mis sur un corps de femme la tête de l'animal qui lui était particulièrement dédié. On sait com-

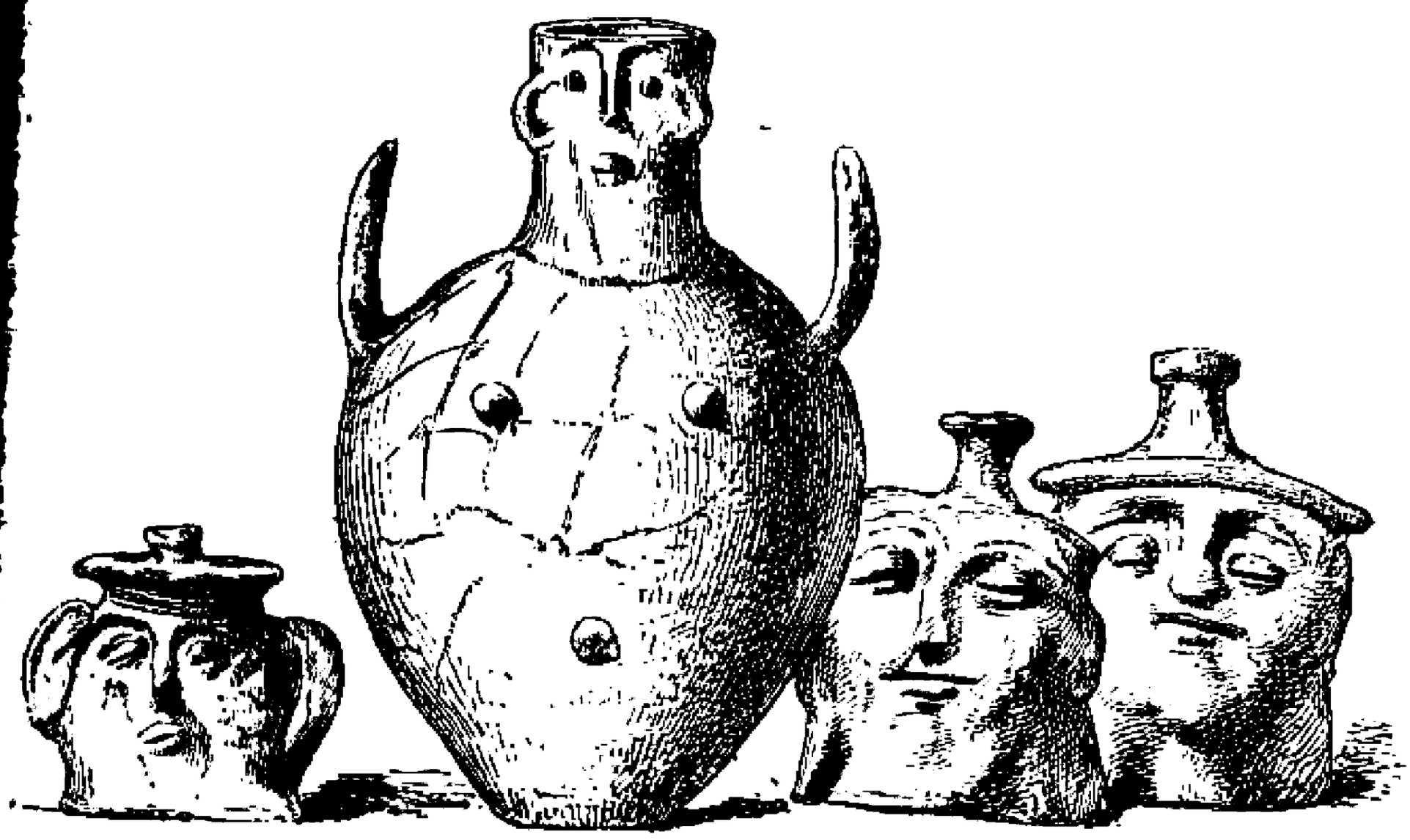


Poteries troyennes.

bien les Egyptiens et les anciens Grecs eux-mêmes étaient coutumiers de ces grossières représentations. Ainsi, M. Schliemann triomphe, voyant ici l'image tant de fois répétée de la Pallas protectrice de Troie.

Malheureusement les savants qui se sont, depuis ces

découvertes, occupé de la question, contestent ces conclusions. Ils ne voient dans ces représentations rien autre chose qu'une figure humaine. Ce bec est un nez, ces anses sont des bras, ces gros yeux sont une figure



Poteries troyennes.

grossière des yeux humains, et ils ajoutent : « Ce qui le prouve, c'est la présence des seins, du nombril, des colliers; et, plus encore, c'est la trace de la bouche indéniable en certains cas.

A ces objections, M. Schliemann pourrait répondre que si la bouche apparaît parfois, elle est omise, le plus souvent, et que dans des représentations, somme toute, assez précises, cette omission est bien étrange; que la forme du corps est expliquée par l'idée d'une Minerve à tête d'animal; qu'en outre il est bien étonnant, si ces anciens artistes ont voulu modeler là une forme humaine, qu'ils n'aient jamais songé à représenter l'homme, mais toujours la femme; il faudrait au moins expliquer les raisons de ce choix.

La question, en somme, reste encore douteuse. Femme ou chouette, bec ou nez, de pareilles images

ne sont pas moins intéressantes, et combien ne devons-nous pas nous trouver heureux de pouvoir, pièces en main, discuter sur les premiers essais de l'industrie humaine et sur les premiers efforts artistiques de nos aïeux!

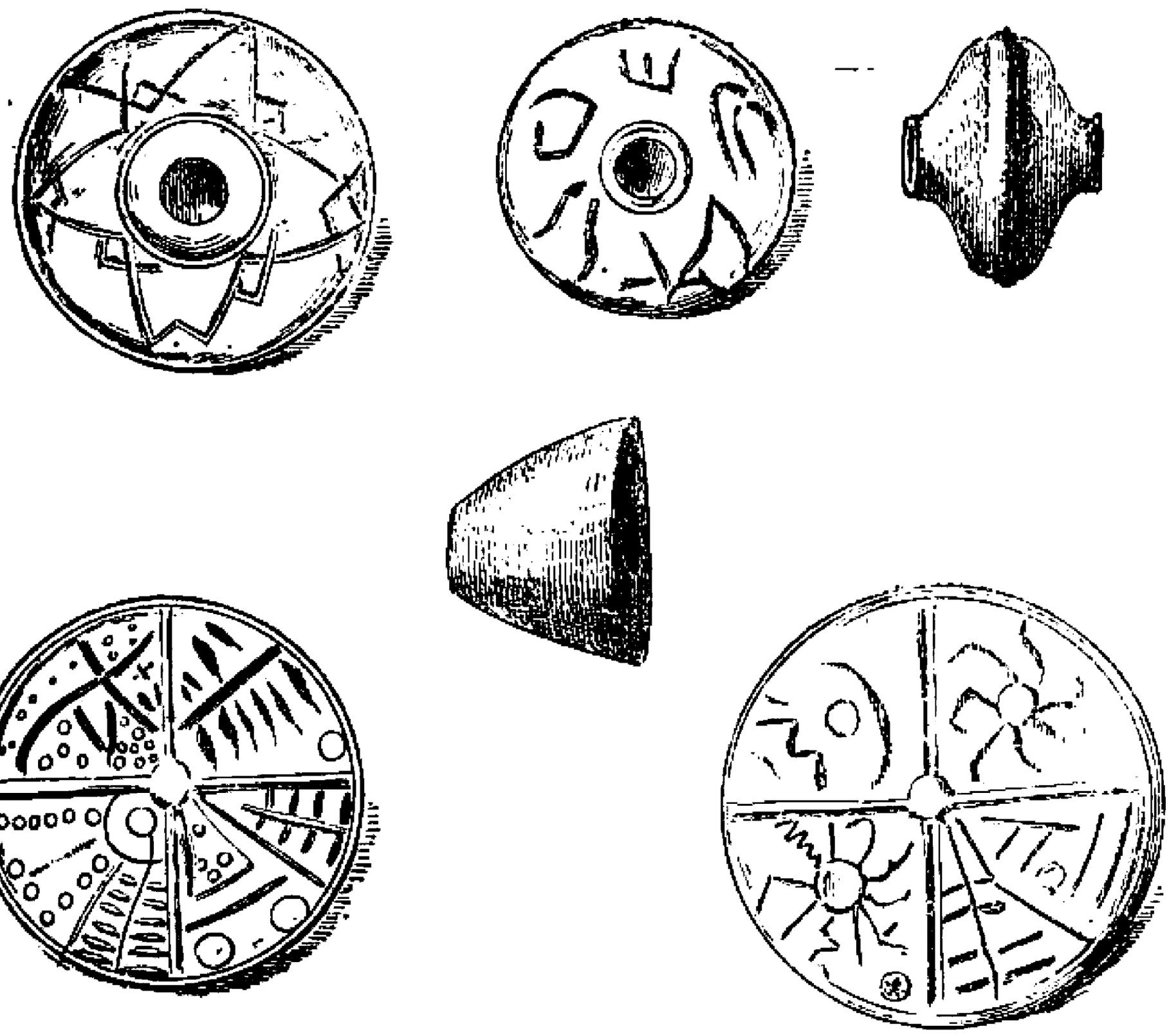
Un autre genre d'objets en terre cuite fut trouvé en quantité énorme et on peut dire qu'il donne aux archéologues plus de mal encore. C'est un objet en forme de toupie, le plus souvent couvert d'ornements et quelquefois même de caractères qui semblent n'être autre chose que des lettres d'un alphabet inconnu. On a voulu y voir, tantôt des poids servant aux pêcheurs pour lester leurs filets, tantôt des mollettes de tisserand, tantôt des instruments destinés à allumer le feu; tantôt des poids destinés à alourdir les nattes tendues devant les portes et les fenêtres des maisons; tantôt enfin des *ex-voto*, ou des symboles mystérieux.

Toutes ces explications plus ou moins fantaisistes s'accordent plus ou moins mal avec le nombre, la forme et l'ornementation de ces objets. Le mieux ici encore est de se tenir sur la réserve et d'avouer qu'ils servaient à un usage dont nous ne pouvons, d'après nos habitudes actuelles, nous faire la moindre idée.

Tout l'intérêt de ces *fusaïoles* n'était pas seulement dans leur forme particulière; il se trouvait surtout dans ces caractères mystérieux que l'on pouvait relever sur quelques-uns d'entre eux. Du premier coup on y reconnut une écriture, et du premier coup encore un savant crut y reconnaître du chinois. C'était être trop savant peut-être et, en tous cas, trop prématuré.

Il n'y a pas de chinois sur les objets trouvés à Troie. Mais aujourd'hui il est à peu près admis par la science qu'il y a bien là une écriture; que cette écriture se rapproche du très ancien alphabet grec ou phénicien; et que la langue elle-même n'est rien autre chose qu'un grec archaïque qui serait à peu près à celui de Périclès ce que le gothique est à l'allemand.

Quelques-unes des inscriptions ont été déchiffrées d'une façon plus ou moins certaine, et l'on a cru y reconnaître le nom du dieu national du pays, *Sigos*, nom absolument inconnu jusqu'ici; mais qui ne manque pas de présenter une analogie assez satisfaisante avec le nom du *promontoire Sigée*, et celui même des *Portes-Scées*.



Fusaïoles.

Il faut attendre encore pour connaitre les découvertes que la science, une fois lancée dans cette voie, qui semble bonne, nous réserve assurément.

Nous terminerons la revue des objets trouvés à Hissarlik, par les matières en métal : cuivre, bronze, or, argent ou électrum.

De ce que l'usage de ces métaux ait été fréquent chez les peuples de la Troade, il ne faut pas conclure

qu'ils fussent absolument sortis de l'âge de pierre. Bien des outils en silex ou en diorite ont été rencontrés par M. Schliemann. Homère, il est vrai, ne fait jamais mention d'instruments de cette espèce. Mais ce silence ne peut que prouver en faveur de la thèse que nous soutenions plus haut, à savoir, qu'Homère n'avait que des notions très imparfaites de l'état de la civilisation des Troyens dont il racontait les exploits traditionnels. Achille et Hector ont pu se servir de haches et de lances en silex sans que le poète en ait rien su.

En réalité, au moment où vivaient les Troyens de M. Schliemann, la civilisation en était à la transition entre l'âge de pierre et l'âge de bronze. Déjà on savait fabriquer les métaux; le nombre considérable de *moules* que l'on a trouvés, prouve la chose d'une façon péremptoire. Si les armes en pierre et en os sont en majorité, c'est, comme l'a fort bien dit M. Lenormant, par des raisons d'économie et peut-être par un reste des anciennes habitudes.

L'art de la métallurgie, importé peut-être des régions phéniciennes, et l'alliage des diverses matières par la fonte fut poussé par ces peuples à un degré assez avancé pour être appliqué avec succès à toute espèce d'objets nécessaires à la défense, à la parure et aux usages de la vie domestique. Ils surent même se procurer, par la voie du commerce, l'étain qui manquait à leurs contrées. L'or, l'argent, le cuivre, le plomb s'y trouvaient, au contraire, en abondance; ils surent les fabriquer d'abord séparément, ensuite en les combinant dans des proportions plus ou moins avantageuses, mais jamais ils ne connurent l'usage du fer.

Les principales pièces de métal décrites par M. Schliemann font partie du *trésor* dont la découverte a si bien couronné les travaux et les recherches du patient archéologue, et dont la réputation est aujourd'hui si grande dans le monde des savan's et des curieux.

Empruntons à M. Schliemann lui-même l'émouvant récit de la façon dont fut faite cette belle trouvaille :

« En fouillant sous un mur voisin du palais de Priam, je rencontrai un objet en cuivre d'un fort gros volume et d'une forme remarquable. Il attira d'autant plus mon attention que je crus reconnaître de l'or derrière cet objet. Au-dessus s'élevait une couche d'un mètre et demi, à un mètre trois quarts d'épaisseur, de cendre rouge mêlée à des débris calcinés, et dure comme la pierre, qui supportait à son tour le mur de fortification susmentionné, haut de 6 mètres et épais de 1 mètre 80, qui est bâti de grosses pierres et de terre et qui doit dater des premiers temps qui ont suivi la destruction de Troie.

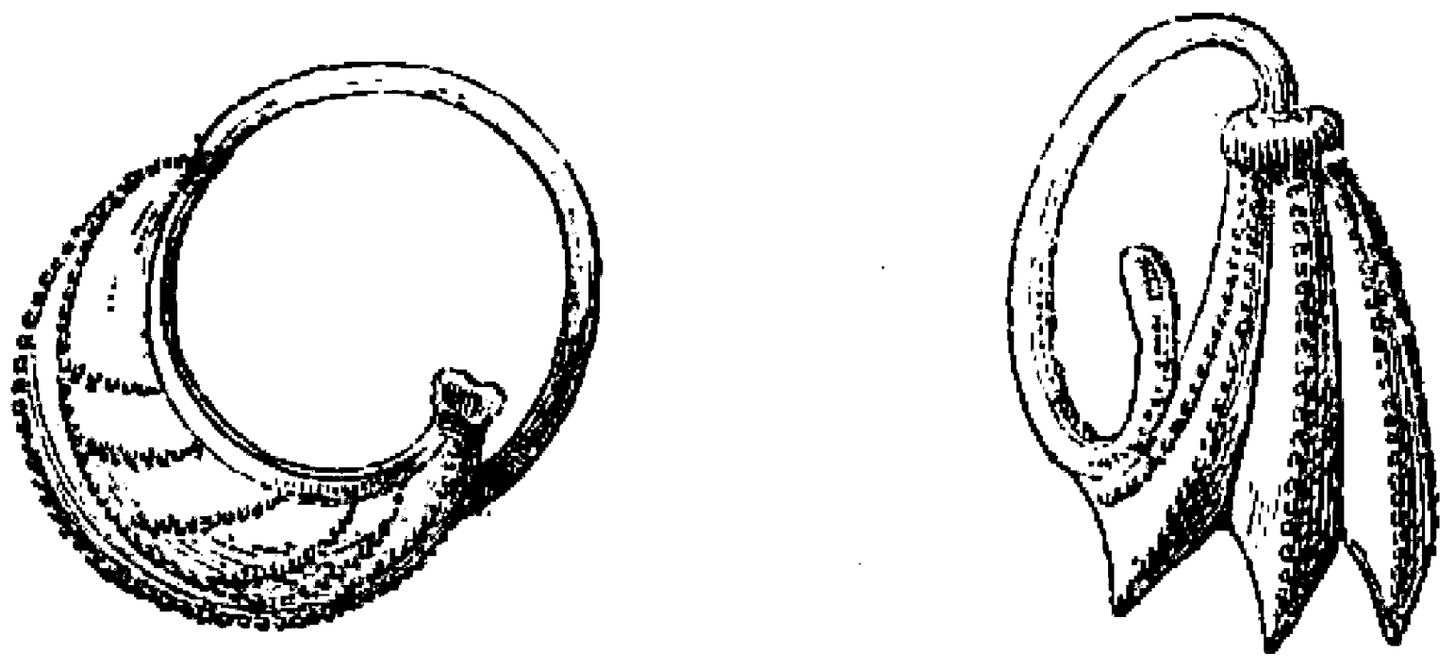
« Afin de soustraire ce trésor à la rapacité de mes ouvriers et de le conserver pour la science, j'ai eu besoin de faire la plus grande hâte, et quoique l'heure du déjeuner ne fût pas encore venue, je fis aussitôt crier *païdos;* un mot d'origine incertaine qui a passé dans le turc et qu'on emploie ici pour signifier ἀνάπαυσις ou l'heure du repos. Pendant que mes gens mangeaient et se reposaient, je travaillai moi-même avec un grand couteau à déterrer le trésor; ce ne fut pas sans beaucoup d'efforts que j'y réussis, ni sans le plus grand danger, car je risquais à chaque instant de voir s'écrouler sur moi la grande muraille au-dessous de laquelle je travaillais. Mais j'y songeais à peine, aiguillonné jusqu'à la témérité par la vue d'une foule d'objets dont chacun devait avoir et possède en effet une valeur inappréciable pour la science. Cependant l'enlèvement de ce trésor m'eût été impossible sans la présence de ma chère femme, qui se tenait toujours prête à envelopper dans son grand châle et à emporter les objets au fur et à mesure que mon couteau les dégageait de leur dure prison. »

Après avoir fait la description des principales pièces trouvées en cet endroit et s'être efforcé, suivant le sys-

tème général du livre de les rapprocher des indications homériques, M. Schliemann ajoute ces détails intéressants : « Comme je trouvai tous les objets ci-dessus désignés, réunis ou placés les uns dans les autres en un tas carré sur le mur d'enceinte, il paraît certain qu'ils étaient entassés dans une caisse de bois *telle que celles mentionnées dans l'Iliade*. Cela est même d'autant plus sûr que tout à côté de ces objets j'ai relevé une clef de cuivre dont le panneton offre la plus grande ressemblance avec celui des grosses clefs des coffres-forts dans les banques... Il est présumable que *quelqu'un de la famille de Priam*, après avoir jeté en toute hâte les pièces du trésor dans la caisse, a emporté celle-ci sans prendre le temps de retirer la clef; mais arrivé sur la muraille, il aura été atteint par les ennemis ou par le feu et aura dû abandonner la caisse, que les cendres rouges et les pierres de la maison royale qui se trouvait à côté auront recouverte aussitôt à une hauteur de 1 mètre 50 environ. Peut-être est-ce au malheureux qui avait fait cette tentative de sauvetage qu'appartenait le casque trouvé il y a quelques jours dans une chambre de la maison royale immédiatement à côté de l'endroit où gisait le trésor, avec un vase épais en argent haut de 18 centimètres large de 14, contenant une élégante coupe d'électron de 11 centimètres de hauteur sur 4 de largeur... La précipitation devant le danger, l'angoisse avec laquelle on avait entassé dans la caisse les objets précieux que je viens d'énumérer est prouvée entre autres choses, par le contenu du plus grand des vases, d'argent, tout au fond duquel j'ai trouvé deux magnifiques diadèmes en or, un bandeau de tête, et quatre superbes pendants d'oreilles d'or, travaillés de la manière la plus artistique. Au-dessus de ces objets se trouvaient 56 boucles d'oreilles en or de formes très remarquables, et 8750 petits cylindres, anneaux, prismes, et cubes perforés, boutons du même métal, etc... appartenant évidemment à d'autres parures. Par-dessus

encore étaient six bracelets en or, et tout en haut du grand vase d'argent, les deux petites coupes d'or.»

Cette énumération des pièces qui se trouvaient dans le vase d'argent ne fait que donner une idée de l'importance du Trésor pris dans son ensemble : grands plats de cuivre d'environ 50 centimètres de diamètre, bouteilles en or, coupes de formes diverses, lingots d'or et d'argent non façonnés, vases d'or, d'argent et d'électron de toutes les grandeurs, treize pointes de lances en cuivre destinées à entrer dans les hampes, haches de combat, couteaux ordinaires et couteaux poignards



Pendants d'oreilles. — Trésor de Priam.

en cuivre, un nombre infini de parures de toute espèce, bandeaux, couronnes, pendants d'oreille, bracelets si mignons qu'à peine on y ferait pénétrer le bras d'une fillette de dix ans; colliers de perles ou de granules de métal, bagues, épingles à cheveux, tout cela d'un travail fini, précieux, délicat même, n'empruntant rien aux formes phéniciennes, égyptiennes ou assyriennes, véritables produits de l'industrie nationale, et qui donnent une haute idée de la richesse et de l'habileté manuelle du peuple qui a laissé des traces aussi remarquables de sa civilisation.

Voyez plutôt cette belle coupe d'or (p. 198) en forme de nef, pesant 600 grammes et soutenue par deux anses; de chaque côté elle présente une embouchure pour boire de grandeur inégale. M. Schliemann suppose que l'hôte

offrait à son invité le côté le plus large après avoir lui-même trempé les lèvres sur le côté plus étroit.

Voyez ce beau vase d'argent à couvercle mobile et élégamment orné, avec ces deux anses dressées qui en accompagnent si bien la forme.

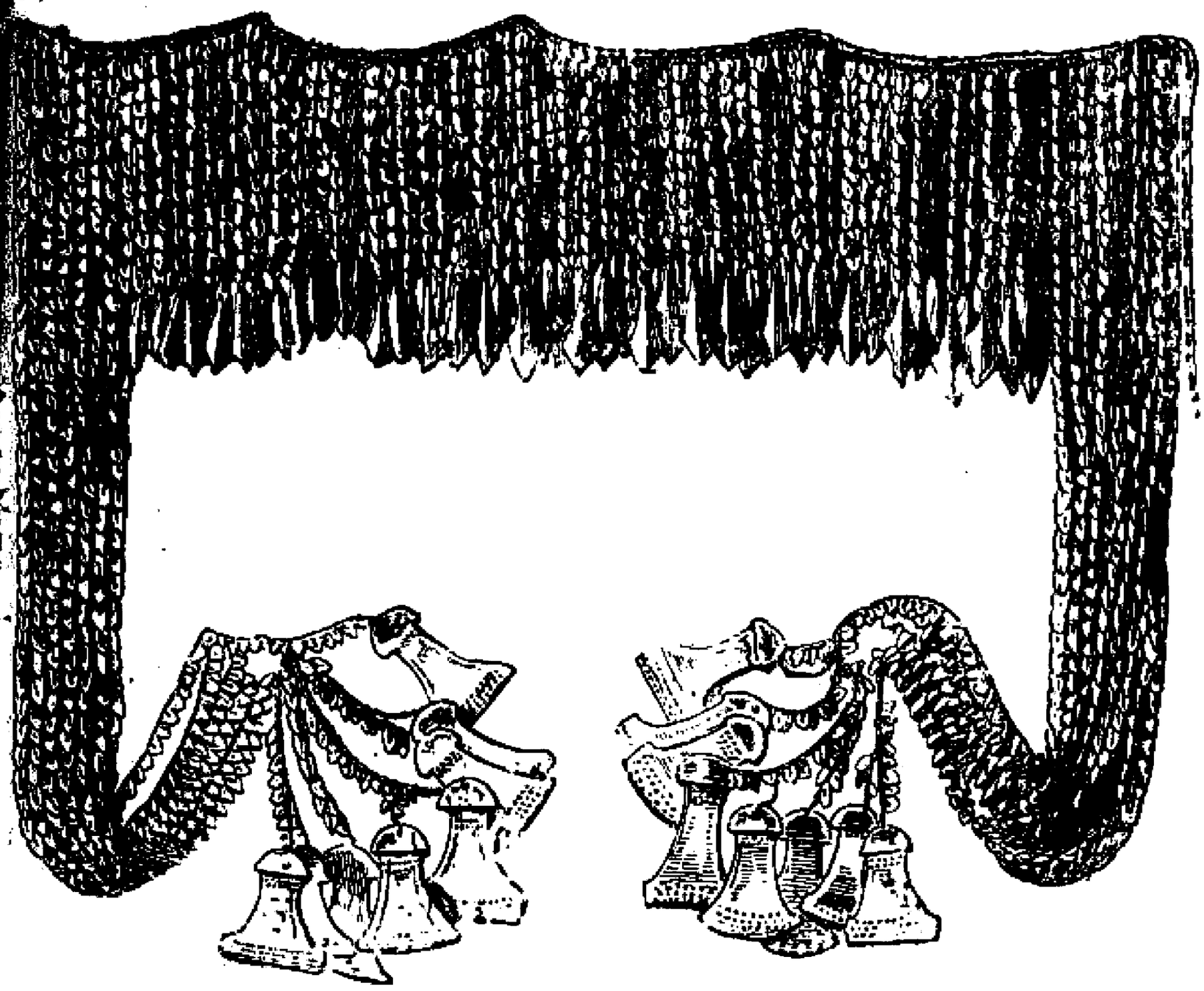
Voyez encore cette belle timbale en électron à pans régulièrement coupés; ces boucles d'oreille en colimaçons; ces bracelets s'enroulant autour du bras, comme les serpents de nos élégantes modernes.

Reconstituez encore avec M. Schliemann les magnifiques bandeaux de tête d'une barbare mais indéniable élégance. Ils se composaient d'une sorte de ruban en or, long d'environ quarante ou cinquante centimètres; aux deux extrémités de longues franges destinées à retomber sur les tempes pendaient et formaient de gros glands terminés par des ornements assez voisins de la représentation d'une figure humaine; tout autour, entre chacune de ces franges, règne une série de quarante à cinquante pendeloques plus courtes, toutes en or, et qui couvraient le front d'une sorte de diadème mouvant.

Il y avait certes là une véritable recherche, et en présence d'objets aussi caractéristiques, on comprend le sentiment de Beulé qui, s'efforçant de reconstituer l'image d'une civilisation si développée, en cherche le modèle dans les grands empires du voisinage. « Je suis tenté, dit-il, quand je me rappelle l'*Iliade*, de comparer Priam, avec son harem et ses cinquante fils, au roi Sargon ou au roi Sardanapale III; de lui ceindre la même tiare, de lui prêter les mêmes draperies brodées, la même barbe teinte et frisée en étages, de le voir sur le même char conduit par le même écuyer. Les murs d'Ilion devaient avoir les murs et les sept portes de Khorsabad; les vieillards qui admiraient Hélène se tenaient sur des terrasses derrière des créneaux semblables à ceux de Ninive; les guerriers avaient les mêmes armes, allaient à la bataille dans le même dé-

ordre, poussaient des chevaux couverts des mêmes harnais. En un mot, les bas-reliefs de Khorsabad fourniraient une illustration graphique de l'*Iliade* plus juste que les bas-reliefs du Parthénon, car au siècle de Périclès la Grèce avait rompu avec l'Orient aussi soigneusement qu'au siècle de Sargon, l'Assyrie avait rompu avec l'Égypte. »

Nous n'acceptons pas pour notre part cette préten-



Diadème. — Trésor de Priam.

tion de rallier le développement de l'art troyen à celui de l'Assyrie. Qu'il y ait eu analogie de système, cela n'a rien d'impossible entre peuples ayant, en somme, la même origine. Mais nous consentirions mal volontiers à reconnaître autre chose qu'une vague ressemblance et nous n'admettons guère d'influence directe. Les objets qu'a trouvés M. Schliemann semblent, au contraire, les produits d'un développement absolument

national et indigène. Sans nier la possibilité des rapports établis entre les deux peuples par quelque *Agrou* fugitif du centre de l'Asie, et subjugueur des peuples de l'Asie Mineure, nous pensons qu'on ne peut trouver aucune trace de pareils liens dans les découvertes d'Hissarlik. Certes, quelque importantes qu'elles puissent être, elles sont loin de présenter le caractère de majesté et de perfection que nous montrent les plus anciens monuments de Ninive ou de Babylone. A se placer au point de vue chaldéen, les hommes qui habitaient l'Ilion de M. Schliemann semblent avoir été ou des ancêtres, ou des barbares. Homère, lui-même, eût-il eu, — comme on l'a pensé, — des notions assez précises sur les grands peuples de l'Orient et de l'Égypte, que les passages qu'on pourrait relever en ce sens dans l'*Iliade* ne prouveraient rien pour l'histoire réelle de Troie.

Suivant cette même méthode de rapprochements et d'analogies archéologiques et décoratives, M. Lenormant a voulu s'aider de l'histoire des anciens peuples des îles de l'Archipel et, en particulier, de Santorin, pour éclairer celle de nos Troyens. Ici le terrain semble plus solide et il le deviendrait tout à fait, si l'hypothèse d'un idiome analogue parlé par ces différents peuples sortait absolument de la phase d'incertitude où elle est encore aujourd'hui. Il y a en faveur de cette opinion un autre argument d'une haute valeur historique, c'est que Thébains et Achéens semblent désignés comme des alliés dans les listes égyptiennes qui énumèrent les peuples d'Asie et d'Europe réunis pour piller l'empire des Pharaons.

Il faut cependant marcher ici encore avec la plus grande prudence. Le terrain archéologique sur lequel on se place si volontiers pour poursuivre ces études (car c'est lui qui fournit les documents les plus nombreux et les plus significatifs), ce terrain, dis-je, est bien incertain et il faut craindre de s'y hasarder sans autre

guide que l'hypothèse. Reconnaître que tels ou tels vases, telles ou telles armes présentent des analogies de forme, de décoration, de procédé dans la fabrication et la composition, ce n'est pas là raison suffisante pour conclure à identité de civilisation et simultanéité d'existence et de progrès.

Il ne faut pas oublier que, partant du même point d'ignorance et d'inhabileté, l'esprit humain suit dans son développement les mêmes voies d'essai et de tâtonnements, pour arriver bien souvent à des produits analogues et quelquefois presque identiques. C'est là un principe qu'il faut avoir en vue, surtout quand on s'applique à l'étude de ces restes de civilisations jeunes et rudimentaires en quelque sorte.

Il est remarquable, par exemple, que les poteries et les terres cuites provenant de fouilles faites au Pérou ont les plus grands rapports avec celles que nous avons éudiées plus haut. Il y a les mêmes incertitudes dans la main d'œuvre, les mêmes insuffisances dans la représentation des figures humaines où animales, les mêmes inspirations dans les motifs de décoration. M. Schliemann ne serait peut-être pas trop fâché de rencontrer dans ces poteries américaines plusieurs « Minerves à la tête de chouette ». On ne peut cependant pas conclure de ces rapprochements — parfaitement naturels étant donné l'identité de but et de moyens, — à des rapports de civilisation entre les Péruviens d'autrefois et les Troyens d'avant Homère.

On le voit donc, après avoir passé en revue les découvertes si intéressantes de M. Schliemann, nous n'avons pas encore atteint le but que nous nous proposions, c'est-à-dire la détermination de la date de l'existence de l'empire Troyen. Il faut pour obtenir ce résultat que la science poursuive encore ses études; mais avec la sûreté de méthode qu'elle emploie maintenant, et en suivant la voie où elle est lancée désormais.

Par contre, que de renseignements précieux n'avons-

nous pas recueillis sur ces anciens hommes ! Ne les avons-nous pas vus en quelque sorte se ranimer et revivre sous nos yeux ? Leurs usages intimes, les maisons qu'ils construisaient ; les essais nombreux et enfantins que tentaient leurs mains encore jeunes pour passer de l'usage de la pierre à celui du métal ; l'amour de la parure et du clinquant qui les rapproche de tous les peuples à demi civilisés ; jusqu'à leur manière de vivre qui ressort des ustensiles de cuisine et des coquillages rencontrés en grand nombre ; leur commerce déjà assez étendu ; leurs premières préoccupations artistiques, et par-dessus tout le spectacle de leur vie agitée, inquiète, toujours menacée des plus grands désastres ; la lutte suprême qu'ils durent soutenir contre un ennemi finalement victorieux, la certitude et comme la vision de la catastrophe dans laquelle ils périrent, se défendant pied à pied jusque dans le dernier retranchement, au milieu d'une ville en proie aux flammes, voilà le spectacle qui peu à peu s'est déroulé devant nos yeux. Les cendres qu'à fouillées M. Schliemann ne semblaient-elles pas chaudes encore de ce grand et imposant désastre ? Quel homme peut refuser de s'émouvoir au souvenir de ce qu'ont souffert ces anciens hommes, quand même il ne s'agirait pas de Troie et de la lutte qu'Homère a célébrée ?

Car c'est bien là pour nous, répétons-le en terminant, le lieu où fut Troie, « l'ubi Troja fuit ». Malgré tant d'incertitude dans l'explication de quelques-uns des faits, malgré l'impossibilité d'identifier les découvertes de M. Schliemann avec les récits d'Homère, et nous dirions presque à cause de cela ; malgré la haute antiquité, l'antiquité en quelque sorte préhistorique, vers laquelle nous devons rejeter forcément et définitivement l'époque du siège fameux, nous n'en hésitons pas davantage à croire que c'est bien Troie qu'a découvert le vaillant et tenace archéologue. Nous avons pour cela plusieurs motifs convaincants : d'abord le lieu où ont été faites les

fouilles répond bien au lieu traditionnel où Troie a dû exister; ensuite l'ancienneté des objets trouvés se rapporte bien au long intervalle que les chants d'Homère supposent entre la date du fait et celui où il fut chanté.

En outre, il n'est pas possible qu'un empire assez puissant pour avoir imprimé un souvenir ineffaçable dans la mémoire des hommes n'ait pas aussi laissé quelque trace matérielle sur le sol même où il a vécu; d'où découle cette dernière raison péremptoire, qu'à notre avis, M. Schliemann peut de fort bonne grâce opposer à ceux qui, à force de minuties, s'efforcent de nier des résultats évidents : « Si ce n'est là la Troie historique, montrez-nous-en une autre! »

IV

CARTHAGE

Pour se rendre à Tunis, des bords du Nil ou de l'Euphrate, il faut marcher pendant des jours et des jours du côté où se couche le soleil. Nous n'entrons cependant pas dans un monde absolument nouveau lorsque, pour étudier ce qui reste de Carthage, nous quittons Ninive, Babylone ou la ville d'Ammon, Thèbes aux cent portes. En dépit de sa situation, Carthage est une ville tout orientale. C'est que le berceau du peuple Carthaginois n'est pas cette terre d'Afrique qu'illustrèrent ses exploits et ses malheurs. Rameau de la grande famille sémitique, frères des Hébreux, les Phéniciens avaient habité pendant bien des siècles l'antique pays de Canaan, avant de couvrir de leurs colonies les côtes de la Méditerranée : les hommes que les tribus d'Israël durent combattre et vaincre pour prendre possession de la terre promise, c'étaient les ancêtres des Hannon et des Barca.

Les plus anciennes traditions des Sémites nous les montrent venus de l'Orient et déjà établis sur les confins de la Chaldée. C'est dans cet immense territoire compris entre la Méditerranée, la mer Noire, le Caucase, la mer Caspienne, l'Indus et les mers qui baignent les côtes méridionales de l'Asie que se formèrent peu à

peu les nations qui devaient fonder plus tard tant et de si fameux empires. De là tous ces peuples emportèrent le fonds commun de religion que chacun, pendant le cours des siècles, modifia à sa guise au point de le rendre méconnaissable aux yeux du vulgaire, mais sans en effacer néanmoins ces analogies frappantes qui devaient plonger dans un si profond étonnement les premiers savants qui étudièrent ces questions. De là vient la croyance à un dieu à la fois un et multiple, que nous retrouvons à Ninive comme à Tyr, à Jérusalem aussi bien qu'à Carthage.

Entre deux civilisations, produit du génie particulier de deux peuples dont l'origine est commune, il existe toujours des ressemblances, ressemblances souvent fort vagues, mais qu'il n'est cependant pas impossible de saisir. A cette première cause de similitude avec plusieurs des civilisations de l'Asie intérieure, les Phéniciens en joignaient une seconde peut-être plus importante encore. Peuple de marchands, ils portaient dans tous les pays les denrées les plus variées. Leurs flottes sillonnaient toutes les mers ; leurs caravanes allaient jusque dans l'extrême Orient, jusqu'au cœur du continent africain chercher l'or, l'ivoire, les parfums et tout ce qui pouvait satisfaire les besoins ou contribuer aux plaisirs. Ils étaient les grands pourvoyeurs du monde ancien.

Tandis que tous les peuples s'enfermaient chez eux n'ayant avec leurs voisins d'autres rapports que ceux du champ de bataille, et ceux qui s'établissaient ensuite entre le vainqueur et les vaincus réduits en esclavage; tandis que tous vivaient isolés au milieu d'un monde qu'ils connaissaient à peine, les Phéniciens étaient partout. Ils frappaient à toutes les portes et n'étaient nulle part repoussés ; car, inspirés par ce génie du commerce, caractère distinctif de leur race, ils apportaient toujours ce qui cadrait le mieux avec les besoins du moment. La famine, chose fréquente au milieu des guerres conti-

nuelles, venait-elle à se faire sentir en quelque endroit? Semblables à des points perdus sur l'immensité des flots, on voyait apparaître et grandir à l'horizon les vaisseaux de la flotte cananéenne. Bientôt on entendait le bruit cadencé des avirons, et les galères, lourdes de blé, entraient dans le port. La paix avait-elle ramené l'abondance? On voyait revenir ces mêmes hommes, et c'étaient maintenant des parfums, des poteries, des armes étincelantes d'or et de pierreries, des joyaux aux formes bizarres et ces étoffes de pourpre dont la Phénicie avait le monopole.

Au cours de ces continuels voyages, les Phéniciens s'assimilaient les procédés industriels ou artistiques des nations qu'ils visitaient. Ainsi doit s'expliquer, plus encore que par une communauté lointaine d'origine, le caractère cosmopolite de la civilisation des Phéniciens.

Pénétrons dans une de leurs villes, à Tyr ou à Sidon [1]. Nous pourrons douter par moment si nous sommes en Égypte ou dans une ville d'Assyrie. Ces édifices, dont les murs disparaissent sous des revêtements de bois et de métal, rappellent, par les peintures qui les ornent, les palais de Ninive. Les statues et les bas-reliefs sentent l'inspiration et la manière des artistes égyptiens. Mais ce qui donne à ces villes leur caractère propre, ce sont ces immenses faubourgs où pullule une population active d'ouvriers, de marins et de marchands. Dans nulle autre ville antique nous ne trouverions ces rues immenses bordées d'ateliers d'où s'échappe du matin jusqu'au soir un bruit assourdissant. Les marteaux frappent, les limes grincent, et, dominant ce tumulte, on entend le mugissement des forges et des hauts fourneaux. Plus loin ce sont les tisserands avec leurs métiers au bruit monotone. Plus loin encore ce sont les flaques sanglantes des teintureries où se prépare la pourpre phénicienne.

[1] V. Renan, *Mission en Phénicie*.

Ce spectacle animé et vif que devait présenter chacune des villes répandues sur la côte phénicienne, ne peut malheureusement emprunter ses couleurs qu'aux fantaisies de l'imagination. Peu de faits certains nous restent, peu de documents, peu de ruines. Nulle terre n'a été moins féconde en souvenirs de l'antiquité. Si bien conduites qu'aient été les recherches de M. Renan, il n'a rencontré que des débris, des objets minuscules, jamais de grandes ruines. Aussi peut-on dire que de la Phénicie il ne nous reste que le souvenir de la grande influence civilisatrice qu'elle a répandue sur le monde. N'ayant laissé ni une littérature, ni un art, cette côte active n'a d'autre gloire durable que celle d'avoir colonisé les rivages de notre Méditerranée.

De toutes ces colonies la plus puissante et la plus célèbre fut Carthage.

L'origine et la construction de Carthage se perdent dans la légende que Virgile a racontée :

De la vaste cité qui frappe vos regards
Les enfants d'Agénor ont bâti les remparts ;
Ces champs sont la Libye ; une race guerrière
Contre ses ennemis en défend la frontière.
Cet empire obéit à la belle Didon ;
Elle reçut le jour dans la riche Sidon ;
Mais d'un frère cruel fuyant la barbarie,
Son courage en ces lieux s'est fait une patrie.
L'histoire de ses maux voudrait un long discours ;
Je vais en peu de mots vous en tracer le cours.
« Par les nœuds de l'hymen à l'opulent Sichée,
Plus encor par l'amour Didon, fut attachée.
L'hymen l'unit à lui dès ses plus jeunes ans ;
Mais son barbare frère, exemple des tyrans,
Dans Tyr avait saisi la grandeur souveraine.
Bientôt s'allume entre eux le flambeau de la haine :
Insatiable d'or, ce monstre furieux,
Sans égard pour sa sœur, sans respect pour les dieux,
Dans le temple en secret immole sa victime ;
Le cruel toutefois cacha longtemps son crime,
Et, d'une sœur crédule amusant la douleur,
Longtemps d'un faux espoir il entretint son cœur.
Mais bientôt d'un époux privé de sépulture

Le spectre, s'élevant du sein de l'ombre obscure,
Triste, pâle et sanglant, apparut à ses yeux,
Dévoila de sa mort le mystère odieux,
Et le piège barbare, et l'autel homicide,
Et, pour l'aider à fuir de ce palais perfide,
De son lâche assassin lui livrant le trésor,
Lui montra sous la terre un immense amas d'or.
Didon, pleine d'effroi, hâte soudain sa fuite :
Ceux qu'une même horreur ou que la crainte excite
Attroupés en secret, veulent suivre son sort.
Des vaisseaux étaient prêts à s'éloigner du bord;
Leur troupe s'en saisit ; de leur asile avare
On tire les trésors de ce monstre barbare :
Maîfres de sa richesse et bravant son courroux,
Ils voguent. Une femme a conduit ces grands coups.
Sur ces bords à leur ville ils cherchaient une place;
Et leur ruse innocente achète autant d'espace
Que la peau d'un taureau dépouillé par leur main
Pourrait, en s'étendant, embrasser de terrain :
Leur ville en prit son nom.

Telle est la légende. Voyons l'histoire.

A une époque reculée qu'on ne saurait préciser, des navigateurs sidoniens, venus de Sicile, abordèrent sur la côte septentrionale de l'Afrique et y fondèrent la ville de Kambê.

Combien de siècles s'écoulèrent?

La splendeur de Kambê s'était éclipsée; Tyr avait succédé à Sidon dans l'hégémonie des cités phéniciennes du pays de Canaan, lorsqu'une nouvelle colonie, chassée de la métropole par une révolution, vint débarquer dans la Zeugitane sur les ruines mêmes de l'antique cité. Un promontoire de forme rectangulaire couvert de sombres forêts s'élevait à peu de distance de la mer. Il devint le centre de la ville nouvelle. On y bâtit quelques maisons. On y éleva un temple à Esmum, et le tout fut entouré de murailles : Carthage était fondée. Depuis lors la « cité nouvelle » ne cessa de grandir, jusqu'au jour où, devenue la rivale de Rome, elle expia sous la pioche des démolisseurs la gloire d'avoir fait trembler la ville aux sept collines.

On avait eu grand' peur aux bords du Tibre. Aussi quelle joie après la victoire !

Avec quel luxe de détails les historiens romains nous racontent la destruction de la reine de l'Afrique! Tout ce qui pouvait ajouter à la gloire de la cité victorieuse à la honte de la cité vaincue, tout cela fut mentionné exagéré.

Les premiers récits, eux-mêmes, firent boule de neige. Chacun y ajouta du sien et Paul Orose alla jusqu'à prétendre que Scipion avait employé ses soldats à réduire en poudre les pierres des remparts puniques. Après cela, comment espérer qu'il fût possible de retrouver la moindre trace de l'antique Kart-Hadshât? L'inspection même des lieux n'était pas fait pour changer beaucoup cette opinion. Voici, en effet, dans quels termes M. de Sainte-Marie, un des derniers et des plus habiles archéologues qui aient exploré cette région, décrit l'aspect actuel du lieu où fut Carthage :

« Du haut de la colline de Saint-Louis on aperçoit au sud et au bout de la langue de terre qui sépare la mer du lac une petite ville que le touriste connaît déjà : la Goulette doit son origine à des fortifications élevées, en 1535, par les Espagnols, lors de l'expédition de Charles-Quint contre Barberousse. Les ouvrages avancés sont encore debout et ils servent au gouvernement tunisien qui y a placé plusieurs batteries de canons. Le palais où siègent les ministères en été et qui est situé au delà du canal est lui-même un fort espagnol de la même époque démantelé et approprié aux besoins du jour. La Goulette n'offre les débris d'aucun vestige punique ou romain : je citerai seulement dans l'arsenal une belle inscription romaine apportée de Khadès, il y a quelques années, ainsi que deux inscriptions néo-romaines scellées dans le mur du vice-consulat de France.

« Toujours au sud et presque au pied de la colline on aperçoit Douar-Eschatt, composé de quelques maisons

qu'un minaret domine. Entre Douar-Eschatt et la Goulette, je citerai le palais du général Khereddine, le Bardo, le palais du bey, et au sud-est, est le palais de Mustapha-Ben-Ismaïl et d'Ahmed-Zarrouck. Au nord-est, sur une colline escarpée, on aperçoit Sidi-Bou-Saïd, dont les maisons blanches groupées l'une contre l'autre forment comme un essaim de colombes au repos. C'est une ville sainte où les musulmans prétendent que saint Louis, converti à l'islam, est enterré. Il y a tout autour de nombreuses ruines cachées sous terre. Après Sidi-Bou-Saïd et plus au nord, s'étendent les maisons de campagne de la Marsa : l'héritier présomptif y demeure et les consuls y viennent passer l'été. La Marsa est bornée au nord par la montagne de Gammart, dans les flancs de laquelle est la nécropole de Carthage. Après Gammart, on voit à l'horizon le lac de Soukra, les collines d'Utique, le village de l'Ariane et Tunis au fond du lac. Entre la Marsa et la colline de Saint-Louis, je citerai le village de la Malka dont j'ai déjà parlé, et celui de Sidi-Daoud, situé plus à l'ouest et que les débris de l'aqueduc côtoient un instant. Enfin, au bord du lac, et sur la route de Tunis on remarque El-Aouïna, naguère station des voitures et jadis témoin de la victoire de Xantippe sur Régulus. »

Pas une ruine antique apparente si on en excepte les débris de l'aqueduc bâti par l'empereur Hadrien; pas un monument, à moins qu'on ne veuille considérer comme tels la chapelle de Saint-Louis bâtie en 1841, le palais de Mustapha ou celui du général Khereddine.

L'opinion courante, nous croyons avoir eu déjà occasion de le dire, était que de la ville punique il ne restait pas pierre sur pierre. Sans doute on n'ajoutait pas foi aux exagérations de Paul Orose. Dureau de la Malle avait même démontré que Scipion n'avait pas détruit la ville aussi complètement que la lecture des historiens anciens aurait porté à le croire. Mais sur les ruines de la colonie phénicienne s'était élevée une colonie ro-

mame; à la ville d'Hannibal avait succédé la ville de saint Augustin. Quand cette dernière avait laissé si peu de traces que pouvait-il rester de l'autre? Pendant de longues années ses ruines avaient servi de carrière aux habitants des colonies voisines. Lorsque les architectes romains creusèrent les fondations de la nouvelle Carthage, ils avaient dû détruire jusqu'aux derniers vestiges des anciens édifices. Il fallait donc se résigner. La vengeance des Romains était complète. Leur rivale était retombée dans le néant. L'histoire ne connaîtrait d'elle que ce qu'ils avaient bien voulu lui en apprendre.

Cependant on devint peu à peu plus sceptique à l'égard de ces destructions absolues. Notre siècle a assisté à trop de résurrections pour croire beaucoup à ces effacements. Combien n'en avons-nous pas vu, de ces vieilles civilisations mortes, secouer leurs cendres, et, nouveaux Lazares, soulever tout à coup la pierre de leur tombeau?

Par quelle transition M. Beulé, presque exclusivement occupé jusque-là des études grecques qui avaient illustré son nom, fut-il amené à s'occuper de la Carthage punique? C'est ce qu'il a négligé de nous dire. Mais une fois décidé à entreprendre ces recherches, le point spécial sur lequel elles porteraient d'abord était fixé à l'avance. Byrsa, l'acropole de Carthage, devait exercer une attraction à peu près irrésistible sur l'homme qui avait retrouvé les portes de l'acropole d'Athènes.

En débarquant sur la terre d'Afrique M. Beulé eut d'abord à établir un premier point : quelle était la situation exacte de Byrsa? Les auteurs qui, avant lui, s'étaient occupés de Carthage n'avaient guère fait qu'embrouiller la question.

En 1758, l'Anglais Shaw publia à Oxford ses *Voyages ou Observations relatives à plusieurs parties de la Barbarie et du Levant*. C'est le premier auteur qui ait décrit avec quelques détails les antiquités de l'Afrique septentrionale. Mais Shaw n'était pas exclusivement un

Aqueduc de Carthage.

archéologue. L'organisation intérieure des pays qu'il parcourait, la constitution de leur sol, l'intéressaient autant que les monuments anciens qu'il pouvait rencontrer. En visitant le golfe de Carthage il fut frappé par les déplacements du Bagrada et reconnut avec une grande sagacité que ce fleuve, ensablant la rive carthaginoise, s'était peu à peu rapproché d'Utique. Mais ici le géologue fit tort à l'antiquaire. Tout occupé de ses alluvions, il méconnut l'emplacement de Carthage et tourna vers l'ouest la ville qui, en réalité, regardait le levant.

L'erreur de Shaw fut acceptée par tous ses contemporains, notamment par d'Anville. En vain fut-elle rectifiée par le père Caroni et quelques autres. Chateaubriand seul accepta leurs idées, et presque jusqu'à nos jours l'opinion reproduite à l'envi par tous les savants qui s'occupèrent de Carthage, fut celle du dix-huitième siècle. On ne s'explique pas que l'emplacement exact d'une ville aussi fameuse ait été si longtemps méconnu, ni que tant d'hommes éminents aient pu émettre et répéter des idées que la seule inspection du terrain, aidée de la tradition, devait leur permettre de rectifier, « car, dit M. Beulé, les habitants de Tunis et des environs savent tous montrer du doigt les lieux où fut Carthage. »

Citons encore pour mémoire le comte Camille Borgia dont les travaux n'ont pas été publiés, et le capitaine de vaisseau Falbe, consul général de Danemark, auteur d'un excellent plan de Carthage publié en 1833 et qui servit de base à tous les travaux ultérieurs.

M. Beulé reprit les opinions de ses devanciers et les soumit à une critique rigoureuse. Il compara attentivement les indications que lui fournissait le sol avec les passages des auteurs anciens et reconnut bientôt que la colline où s'élève la chapelle de Saint-Louis n'était autre que Byrsa. C'était l'opinion du père Caroni et de Chateaubriand. Il ne tarda pas à acquérir de plus la conviction que c'était « Byrsa entière ».

Ce dernier point était capital. En effet, la seule manière de résoudre d'une façon définitive, irréfragable, une question si longtemps controversée était de retrouver à sa place quelque débris, ne fût-ce qu'une seule pierre, des célèbres murailles qui flanquaient la citadelle carthaginoise. Il fallait donc préciser, autant que faire se pouvait, le point sur lequel devaient porter les recherches.

L'attention de M. Beulé se tourna tout d'abord vers le côté ouest du plateau. Falbe signalait de ce côté des voûtes et des débris qui l'avaient fait songer à la triple enceinte de Byrsa, et où Dureau de la Malle avait vu tour à tour des prisons, et la caverne où Cesellius Bassus prétendait avoir retrouvé les trésors de Didon. Ce sont tout simplement des citernes d'époque romaine déblayées et appropriées à leurs besoins par quelques familles arabes qui y ont établi leur demeure. Les citernes abondent sur ce versant de la colline et les architectes romains avaient dû détruire en les creusant tout vestige de constructions plus anciennes. Des fouilles entreprises sur ce point offraient donc peu de chances de succès. D'ailleurs M. Beulé apprenait bientôt que les Arabes avaient depuis quelques années bouleversé toute cette pente pour vendre les matériaux qu'ils rencontraient.

Du côté nord les conditions n'étaient guère plus favorables. C'était là que les Vandales s'étaient bâti, à proximité du palais de leur roi Genséric de somptueuses habitations dont les ruines anciennes avaient fait tous les frais. Une tranchée ouverte non loin d'une tour byzantine dont il ne reste plus qu'un pan de mur au-dessus du sol, ne mit au jour que les restes d'un égout et d'une autre tour également d'époque byzantine; au-dessous le rocher. Un boyau souterrain poussé sur une longueur de 11 mètres et en suivant le rocher ne traversa que des constructions grossières faites à l'aide de fragments d'architecture romaine, et des débris mêlés de frag-

ments de poteries des bas temps, parmi lesquels se trouva une lampe avec le monogramme du Christ. De monuments puniques, pas l'ombre.

Des sondages pratiqués sur le versant occidental ne rencontrèrent que des débris d'époque romaine.

Restait le versant méridional, le plus escarpé de tous. Le sol paraissait intact sauf sur un point d'où les Arabes avaient tiré de la pierre; d'ailleurs la rapidité de la pente avait dû rebuter les constructeurs romains. Tout indiquait donc ce flanc de la colline comme offrant aux recherches le plus de chances de succès. M. Beulé résolut d'y concentrer ses efforts et d'arriver à tout prix à la couche des constructions puniques, dût-il pour cela pratiquer dans la montagne une ouverture de 30 ou 40 mètres de largeur.

Mais à quel niveau devaient être établis les travaux? « Si la tranchée était entreprise trop haut, je pouvais passer par-dessus les ruines carthaginoises; si elle était établie trop bas, je restais au-dessous, et perdais ma peine dans les deux cas. »

Une série de sondages préliminaires prouva, chose d'ailleurs facile à prévoir, que le rocher se rencontrait à une profondeur de plus en plus grande au-dessous de la surface du sol, à mesure qu'on s'éloignait davantage du point culminant de Byrsa. A moins de supposer aux architectes carthaginois des habitudes contraires à celles de tous les constructeurs de l'antiquité, on devait admettre qu'ils avaient fondé les premières assises de leurs murailles sur le roc même. C'est donc au niveau de ce grès argileux, de couleur jaune pâle, dont est formé le noyau de Byrsa, qu'on avait le plus de chance de rencontrer quelque trace des fortifications puniques.

Les premiers sondages rencontrèrent le rocher à une profondeur variant de deux à cinq mètres environ, sans avoir amené d'autre découverte que celles de ruines byzantines et d'un cimetière arabe paraissant remonter au douzième siècle. Un nouveau sondage dut être poussé

jusqu'à 19 mètres au-dessous de la superficie du sol. « Dès lors, les fouilles véritables pouvaient commencer et être conduites avec certitude. »

Ce n'avait pas été chose facile de parvenir à une telle profondeur à travers un sol sans consistance, composé de débris de toute nature. Ouvrir une tranchée, c'était exposer les ouvriers à une mort presque certaine, chaque coup de pioche pouvant déterminer un éboulement. Percer des boyaux souterrains était également impraticable faute des charpentes nécessaires pour étayer les galeries. Il fallut se résigner, à mesure qu'on pénétrait plus profondément dans la terre, à élargir l'orifice de la fosse en forme d'entonnoir. Ce procédé était fort long et fort dispendieux puisque, pour découvrir une surface de 1 mètre carré, au niveau du rocher, il fallait enlever 200 ou 300 mètres cubes de terre.

Cette tâche gigantesque semblait devoir offrir plus d'une compensation à l'archéologue qui aurait le courage de l'entreprendre. En admettant même qu'on ne trouvât rien des murailles de Carthage, quelle abondante moisson de vases, de bas-reliefs, d'inscriptions, d'objets de toute nature intéressant l'histoire des mœurs ou des arts ne pouvait-on pas se promettre de recueillir en déplaçant une si énorme quantité de terre! Cet espoir fut malheureusement déçu. Les couches supérieures n'offrirent naturellement que des débris d'époque byzantine, une lampe funéraire, des poteries brisées, des fragments informes de bas-reliefs et d'inscriptions.

Tout à coup les ouvriers furent arrêtés par d'énormes massifs de maçonnerie. C'étaient les murailles bâties sous Théodose, à l'approche des Vandales, et que les Arabes avaient renversées plus tard en les attaquant par l'intérieur et par le sommet du plateau. « Elles étaient à peu de profondeur, renversées par pans énormes, couchées en terre de toute leur longueur..... Telle est l'excellence du mortier romain, que les petites pierres

qui composaient ces vastes murailles n'ont été ni séparées ni ébranlées. Il s'est fait çà et là quelques fissures dans toute la hauteur comme si les machines eussent battu un massif homogène ou un rocher ; des blocs immenses ont été précipités sur la pente, s'y sont étendus, et ont été ensevelis sous la poussière et les décombres. »

On dut avoir recours à la mine pour continuer les fouilles. Les ouvriers s'enfoncèrent alors à travers une effroyable masse de pierres renversées, brisées et noyées dans une poussière subtile de tuf broyé par le temps. Enfin ils rencontrèrent d'énormes pans de murs encore debout et formés de gigantesques blocs de pierre amoncelés les uns sur les autres ; c'était la partie inférieure des murailles puniques, tout semblait l'indiquer.

Les historiens anciens nous avaient appris que les murailles de Carthage renfermaient des écuries pour les chevaux et pour les éléphants, des arsenaux et des magasins de toute sorte. M. Beulé déblaya le pied des murailles. Le plan répondait parfaitement aux descriptions anciennes ; il n'y avait donc plus de doute possible, c'étaient bien les murs de Byrsa qu'on venait de retrouver. Protégées par les ruines des étages supérieurs écroulés sur elles, les premières assises avaient échappé à la fureur des Romains et bravé l'action du temps. Mais seules ces masses énormes avaient résisté. L'incendie avait eu raison de tout le reste. Noyés dans des monceaux de cendres, M. Beulé ne retrouva que des fragments informes. Les métaux étaient tordus et comme mâchés par les flammes. Quel avait été autrefois l'usage de ces masses rongées par la rouille? Il était impossible de le deviner. Le verre se rencontra en grande abondance, mais réduit en miettes. Tout ce qu'on put reconnaître c'est qu'il était de deux sortes, uni ou strié, blanc, et surtout d'une extrême finesse. « Nos fabriques modernes n'obtiennent rien de plus mince ni de plus délicat dans ce genre que nous nous plaisons à comparer à une mousseline légère. »

La terre cuite avait mieux résisté que le verre. Les fragments étaient trop menus pour qu'on pût reconstituer la forme des objets, mais le caractère de la fabrication et la provenance pouvaient encore être reconnus. Les débris de poteries étaient de trois sortes. D'abord des tessons d'une pâte jaunâtre présentant des traces de peinture brune et fort analogues aux vases archaïques que l'on retrouve à Corinthe, à Athènes, dans l'île de Théra, sur plusieurs autres points de la Grèce et en Étrurie.

On a souvent prétendu que la céramique grecque avait, à l'origine, subi l'influence orientale. La découverte que nous venons de rapporter est un argument de plus à l'appui de cette hypothèse.

D'autres tessons avaient appartenu à des vases grecs, sans doute importés de Sicile. Une troisième catégorie de débris n'offrait aucun point de rapprochement avec les poteries grecques ou romaines. C'était une terre d'un grain peu serré, facile à briser et d'une couleur orange tout à fait caractéristique. Fallait-il voir là des produits d'une fabrique indigène? La preuve ne se fit pas attendre. Lorsque toutes les cendres eurent été enlevées et le sol déblayé, on remarqua que le grès avait une couleur orange exactement semblable à celle des tessons dont nous venons de parler. Entamait-on la surface? Le grès reprenait la couleur jaune pâle qu'on lui avait reconnue sur tous les autres points. L'incendie en cuisant la terre sur une profondeur d'un centimètre environ, avait changé sa couleur. Les poteries orange étaient donc bien de fabrication carthaginoise. La preuve était faite. Pouvait-on la souhaiter à la fois plus singulière et plus concluante?

M. Beulé recueillit avec un soin pieux tous ces monuments d'une civilisation disparue. Il y joignit des échantillons des différentes sortes de mortier rencontrées au cours de ses travaux, et une grande quantité de balles de fronde, en terre cuite très dense, et d'une forme

ovale légèrement aplatie. C'étaient les seuls objets qu'on eût retrouvés intacts.

Au printemps de l'année 1859, M. Beulé revint en France. Il avait définitivement résolu le problème de l'emplacement de Byrsa, sa tâche était accomplie. Est-ce à dire que la vieille citadelle punique nous ait livré son dernier mot? Assurément non, et M. Beulé est le premier à appeler de ses vœux de nouvelles recherches sur ce point. Il est probable que les murailles se retrouveraient sur tout le versant méridional de la colline, et qu'en les dégageant sur toute leur longueur, on pourrait compléter sur plus d'un point la connaissance que nous en possédons. De plus, quelques produits de l'industrie ou de l'art puniques, protégés au milieu du désastre général par une circonstance fortuite, viendraient peut-être jeter un peu de lumière sur la question si obscure des mœurs carthaginoises et soulever un coin du voile qui dérobe à nos regards la vie intime plus encore que l'histoire de ce peuple fameux. Mais une semblable entreprise dépassait de beaucoup les ressources d'un simple particulier, et nous ne devons pas oublier que c'est à ses frais que M. Beulé entreprit et mena à bien des recherches dont le résultat, pour modeste qu'il soit, ne lui fait pas moins le plus grand honneur.

Après avoir passé en France le temps des grandes chaleurs, M. Beulé retourna à Carthage, et l'automne le trouva occupé à explorer les ports, élément capital d'une ville maritime. L'emplacement des ports est on ne peut plus facile à reconnaître. Les recherches pouvaient donc être entreprises à coup sûr. En revanche, des difficultés de toute nature semblaient s'opposer à ce qu'elles fussent poussées plus loin qu'une simple inspection du terrain. Depuis longtemps comblés, les ports sont couverts de plantations. Le premier ministre du bey de Tunis, Sidi Mustapha, s'y est fait bâtir une maison de plaisance. Le général Khaïr-ed-din, ministre de la

guerre, en possède une autre à quelque deux cents pas de là. Il fallait tout d'abord obtenir de ces deux riches propriétaires l'autorisation de bouleverser leurs jardins. Le consul général et chargé d'affaires de France, M. Léon Roches, s'y employa. La permission fut accordée à la seule condition qu'avant son départ l'explorateur français remettrait toutes choses en l'état où il les aurait trouvées. Serait-on bien sûr de trouver auprès de nos amateurs de villégiature un aussi généreux concours ?

Restaient les difficultés inhérentes à la nature même du sol : les plus sérieuses de toutes. L'endroit où les fouilles devaient être entreprises n'était séparé de la Méditerranée que par une étroite langue de sable. L'eau ne pouvait manquer de venir gêner les ouvriers dès qu'ils auraient dépassé le niveau de la mer.

« ....Cependant il fallait descendre plus bas pour trouver les restes des constructions puniques, car il était vraisemblable que les Romains avaient dû tout raser au niveau de l'eau. En effet, à peine mes ouvriers eurent-ils creusé jusqu'à deux ou trois mètres de profondeur que les infiltrations jaillirent de toutes parts. Entreprenaient-ils de les épuiser par de continuels efforts, ils n'en trouvaient pas moins sous leurs pieds une fange noire, fétide, compacte, mêlée de débris méconnaissables car les pierres de tuf étaient elles-mêmes comme pourries ; la pioche et la bêche restaient prises dans cet affreux mélange, les paniers de jonc, bientôt déformés et déchirés ne pouvaient plus servir au transport. A chaque coup l'eau et les taches volaient au visage de mes pauvres Arabes et sur leurs blancs burnous qu'ils n'osaient quitter de peur de la fièvre; jamais pourtant leur patience et leur douceur ne se démentirent. Après divers essais, voici le système que j'adoptai. Au lieu d'épuiser l'eau qui envahissait les tranchées, on laissait son niveau s'établir ; ce niveau était presque toujours celui des constructions carthaginoises quand elles avaient

été seulement rasées et quand les colons romains ne les avaient pas, plus tard, détruites à plaisir. Quelquefois ces constructions étaient à trente ou quarante centimètres au-dessous de l'eau. Mes Arabes suivaient sous l'eau les murs, ils les tâtaient avec leurs pieds nus, s'y tenaient établis et retiraient la fange à droite et à gauche afin de les bien dégager. Quand une longueur suffisante était nettoyée, ils abandonnaient la tranchée et allaient en faire une autre à quelques pas plus loin.

« Le lendemain, la vase s'était déposée, l'eau était redevenue limpide, les murs se voyaient clairement avec leur appareil, il était facile de les dessiner et de les mesurer avec précision. Dès que j'avais relevé un ensemble et raccordé mes dessins, on comblait les trous afin de ne point multiplier les foyers d'infection. La mort du comte Camille Borgia, qui avait respiré des miasmes mortels en étudiant les ports de Carthage, me servait d'avertissement. »

C'est en procédant de la sorte que M. Beulé put relever avec exactitude le plan des ports. Arrêtant ses fouilles à une aussi petite profondeur, il est à peine besoin de dire que les ruines qu'il rencontrait étaient d'époque romaine. Les détails relevés appartenaient donc au port romain. Mais ce port romain ainsi restitué répondait si bien aux descriptions du port carthaginois laissées par les auteurs anciens, qu'il est évident que les vainqueurs s'étaient contentés de réparer ou de remplacer les anciens quais, mais sans rien changer à la forme primitive de l'œuvre. Quelques traces de constructions puniques retrouvées çà et là ne firent que confirmer cette hypothèse.

Après avoir recueilli avec soin quelques rares débris de sculptures et de moulures trouvés au cours des fouilles et qu'il avait tout lieu de considérer comme remontant au temps de l'indépendance de Carthage, M. Beulé fit combler sa dernière tranchée. Il éprouvait bien quelque regret de ne pouvoir laisser au jour les ruines

découvèrtes par lui. Mais il s'était engagé à remettre toutes choses en l'état où il les avait trouvées. D'ailleurs, laisser ces ruines apparentes, c'était les vouer à une destruction prompte et certaine. Il n'avait plus rien retrouvé, à son retour de France, des murailles puniques qu'il avait dégagées quelques mois auparavant. Malgré la défense du bey de Tunis, malgré la surveillance du gardien de Saint-Louis, les Arabes et les Maltais étaient venus et, sous forme de moellons ou de pierres de taille, les murailles avaient pris à leur tour le chemin suivi par toutes les ruines que la terre ne défend pas suffisamment contre l'avidité des traficants.

Tous ces travaux avaient coûté fort cher. Les résultats étaient remarquables. Cependant M. Beulé ne considéra pas sa tâche comme achevée. Les tombeaux sont d'ordinaire les œuvres les plus durables des civilisations disparues. C'est dans la demeure des morts qu'on trouve souvent les plus vivantes traces des religions et des mœurs oubliées. C'est du fond des tombeaux que sont sortis la plupart des objets qui nous ont fait connaître d'une manière si précise l'Égypte et tant d'autres pays anciens.

M. Beulé ne voulut pas quitter Carthage sans avoir exploré sa nécropole. Elle se trouve près du village actuel de Qamart, sur le versant d'une colline. Les sépultures des anciens étaient bien plus exposées à être violées que ne le sont les nôtres, à cause de l'usage où on était d'ensevelir avec le cadavre divers objets précieux. Une forte muraille, coupant l'isthme qui rattache la presqu'ile de Carthage à la terre ferme, mettait la nécropole punique à l'abri des profanations de l'ennemi.

L'attachement aux tombeaux des ancêtres est un trait commun à presque tous les peuples de l'antiquité. La Bible témoigne en maint endroit de la vivacité de ce sentiment chez les Hébreux. Lorsque le consul Censorius ordonne aux Carthaginois vaincus de raser leur

Ports de Carthage.

ville et de la rebâtir à dix lieues dans l'intérieur des terres, un des députés, Bannon, surnommé Tigillas, lui répond qu'il est moins cruel d'exterminer un peuple que de lui faire abandonner ses temples et ses tombeaux [1]. Cependant nous ne trouvons pas ici entre les morts et les vivants ce commerce quotidien, cette familiarité respectueuse, caractéristique des civilisations égyptienne, grecque et romaine. Chez les Sémites, les tombeaux sont considérés comme quelque chose d'impur [2]. La *Mischna* défend d'ensevelir un mort à moins de cinquante coudées d'une ville quelconque. Cette distance était portée à deux mille coudées pour les villes lévitiques.

Les Carthaginois partageaient-ils les préjugés des Hébreux à l'égard des morts? Aucun texte ne nous permet de l'affirmer; il est cependant permis de le croire. La nécropole punique se trouve à la pointe la plus reculée de la presqu'île, sur le versant extérieur du Djebel-Khawi, en sorte que les tombes ne pouvaient être aperçues d'aucun point de la ville. Peut-être trouvera-t-on cet indice bien faible; mais en le rapprochant de la conformité presque parfaite qui existe entre les caveaux funéraires de Carthage et ceux qu'on a découverts en Judée, on pourra, croyons-nous, admettre au moins comme une hypothèse plausible, que les Phéniciens, sur ce point, pensaient comme les Hébreux. Le Carthaginois désirait ardemment reposer un jour dans le caveau de famille, à côté de ses ancêtres morts; mais tant qu'il était vivant il ne tenait pas à les coudoyer de trop près.

Lorsqu'on a gravi la pente du Djebel-Khawi, on découvre, sur la gauche, Tunis avec ses maisons blanches et son lac. En face, le lac de Soukra et le golfe d'Utique. A droite la mer. Aux pieds de la montagne et jusqu'au

[1] Appien, VIII, LXXXIV.
[2] Nombres, XIX, 16.

village de Qamart coquettement caché dans un bouque de palmiers, s'étend la nécropole.

Aucun monument ne marque plus aujourd'hui l'emplacement des tombeaux.

M. Beulé en découvrit et en déblaya plusieurs et put se rendre un compte exact de l'état habituel des tombes carthaginoises. Elles étaient creusées dans un calcaire très vif. De même que le sol de certaines cryptes de Bordeaux ou de Palerme, cette pierre desséchait promptement les corps. Ces tombes étaient de véritables sarcophages, au sens étymologique du mot : *elles dévoraient les cadavres.*

Pour établir leurs sépultures, les Carthaginois aplanissaient d'abord la surface du rocher en ménageant une pente légère pour faciliter l'écoulement des eaux. Souvent ils enduisaient d'une couche de mortier bien battu l'espace ainsi nivelé. On perçait alors dans le roc une ouverture suffisante pour y établir un escalier. A une profondeur convenable, les ouvriers creusaient une salle rectangulaire soutenue, suivant sa grandeur, par une ou plusieurs arcades. Dans les parois de cette salle étaient pratiquées un certain nombre de niches, *de fours à cercueil*, pour employer l'expression pittoresque de M. de Saulcy, assez grandes pour recevoir le corps d'un homme. Une inscription funéraire, probablement en métal était scellée au-dessus de chaque niche. Le nombre de ces niches est variable, mais elles sont toujours disposées de la même manière autour de la salle principale. L'intérieur était revêtu de stuc blanc, sauf les fours à cercueil où le calcaire était laissé à nu. Un enduit eût neutralisé ses propriétés absorbantes. Une dalle énorme fermait la porte du caveau.

Toutes ces tombes ont été violées, probablement par les soldats romains ; et tous les objets qu'elles renfermaient ont disparu. A peine retrouve-t-on çà et là quelques poteries grossières et de rares ossements. Aujourd'hui la plupart des chambres funéraires communiquent

entre elles : les dévastateurs ont trouvé plus commode d'enfoncer une mince cloison de pierre que de remonter à la surface pour chercher l'entrée du caveau voisin. Pendant tout le moyen âge ces dévastations ont continué et chaque jour voit encore disparaître quelqu'une de ces antiques sépultures. « Quelquefois, dit M. Beulé, je m'arrêtais devant un Arabe qui détruisait un tombeau pour faire de la chaux. Je lui disais que ceux dont il violait le dernier asile étaient de la même race que lui, peut-être ses ancêtres. Il s'arrêtait, me regardait indécis, réfléchissait, puis me demandait si *ces pères de ses pères* connaissaient Mahomet et le vrai Dieu. Quand j'avais reconnu qu'ils ne les connaissaient pas, il faisait entendre une exclamation gutturale, reprenait sa pioche et continuait, d'un cœur tranquille, son œuvre de destruction. »

Lorsque M. Beulé exécuta ses premières fouilles, un autre savant était déjà occupé à explorer pour le compte du gouvernement anglais les ruines de Carthage. Sa mission était terminée lorsque M. Beulé revint pour la seconde fois sur la côte d'Afrique. Malgré cela, c'est seulement en 1861 que le docteur Davis publia le résultat de ses travaux. Il semble qu'un volume de plus de 600 pages doive renfermer à peu près tout ce que l'on sait sur la vieille ville punique. On aurait tort de le croire. Le livre du docteur Davis est l'œuvre d'un touriste autant que d'un archéologue.

Après un long chapitre dont le but est d'identifier Carthage avec la ville de Tarshish dont parlent les Saintes Écritures, vient un long récit de l'histoire et de la chute de Carthage d'après Virgile et les autres auteurs de l'antiquité. Enfin nous arrivons aux fouilles. Mais le but de M. Davis n'est pas tant d'étudier les ruines, que de trouver des objets faciles à emporter et propres à enrichir les collections du British Museum. Aussi ne s'attache-t-il pas à décrire bien minutieusement les monuments qu'il rencontre.

En revanche, il nous raconte avec humour les péripéties de cette chasse aux inscriptions et aux mosaïques à laquelle il s'est livré pendant de longs mois. Ici c'est son entrevue avec le bey; là le récit comique de ses efforts pour éviter le contact de certain marabout aux vêtements sordides qui s'était pris d'amitié pour l'étranger. Le docteur Davis change de place pour s'éloigner un peu de son hôte. Aussitôt le saint homme se lève et revient imperturbablement s'asseoir à ses côtés, en sorte qu'à chaque visite les deux interlocuteurs, l'un fuyant, l'autre le poursuivant, font de siège en siège deux ou trois fois le tour de la chambre.

Plus loin, le docteur nous fait part de l'accès de gaieté que lui causa un jour l'un de ses ouvriers en venant avec une gravité toute musulmane, lui demander s'il était vrai qu'il eût la faculté d'être en même temps dans plusieurs endroits différents, et de se promener à cheval dans l'atmosphère. Un vaisseau anglais vient-il à faire escale à Tunis pour emporter à Londres les antiquités découvertes? M. Davis nous raconte la promenade à travers les fouilles faite avec les officiers du bord, sans oublier le succulent dîner qui les attendait au retour et qu'on avait fait dresser dans une salle antique récemment déblayée.

Il ne faudrait pas croire d'après ce qui précède, que le livre du savant anglais ne soit qu'un livre amusant. S'il est d'une lecture agréable, la science y a sa large part. Le docteur Davis n'a peut-être pas toujours apporté aux monuments qu'il découvrait toute l'attention désirable. Il n'en a pas moins consacré aux restes d'architecture antique de longues pages où il critique avec une grande vivacité les travaux et les opinions de ses devanciers. Pour lui les découvertes de M. Beulé ne sont rien moins que les fortifications de Byrsa; l'aqueduc regardé jusque-là comme une construction romaine est l'œuvre des Phéniciens et ainsi de suite. Il nous est impossible d'entrer ici dans la discussion des arguments

sur lesquels se fonde une opinion si nouvelle. Nous ne pouvons que renvoyer au livre de M. Davis ceux de nos lecteurs qui seraient curieux d'approfondir ces questions.

Dans ces dernières années un nouvel explorateur français, M. de Sainte-Marie, a étudié les ruines de Carthage. On peut voir à la Bibliothèque Nationale la belle collection d'inscriptions puniques découvertes par lui et qui, rapportée en France par le *Magenta*, a si heureusement échappé au désastre de ce vaisseau.

Nous en avons fini avec les principaux travaux dont Carthage a été l'objet. Essayons maintenant, d'après les textes anciens et les études modernes, de nous faire une idée de ce qu'était au temps de sa splendeur et de son indépendance la grande cité phénicienne.

Conclure de l'identité du nom à l'identité de la chose signifiée, est une erreur des plus communes et que n'a pas toujours su éviter plus d'un savant de profession.

Si nous nous figurions la capitale des Phéniciens d'Afrique comme quelque chose d'analogue à notre Paris moderne, nous nous tromperions lourdement. Des rues étroites et tortueuses aboutissant aux principaux édifices et aux portes de la ville; d'innombrables impasses irrégulièrement disposées le long de ces grandes artères; des maisons bâties un peu au hasard, telles étaient la plupart des villes de l'antiquité, telle était Carthage, telles sont encore aujourd'hui beaucoup de villes de l'Orient.

Les maisons carthaginoises étaient fort élevées, elles avaient jusqu'à six étages. De leur disposition intérieure nous ne savons rien, mais elles étaient terminées par des terrasses et du haut en bas badigeonnées avec du goudron. Que les murs aient été ensuite blanchis à la chaux, c'est ce qu'on peut affirmer sans crainte de se tromper. Le blanc réfracte la chaleur, le noir l'absorbe. Des maisons seulement goudronnées, sous le ciel brûlant de l'Afrique, auraient été parfaitement inhabitables. Nous avons d'ailleurs de l'usage de blanchir les maisons une

preuve qui pour être indirecte n'en est pas moins concluante. Diodore de Sicile nous apprend que dans les grandes calamités publiques on tendait de noir non seulement les maisons, mais encore les remparts de la ville. Est-il probable qu'on eut pris cette peine si les murs avaient eu habituellement à peu près la couleur de la suie ?

Les rues étaient dallées et d'une largeur variable. Nul alignement n'étant imposé aux propriétaires, les deux rangs de maisons qui les bordaient s'écartaient et se rapprochaient tour à tour au point parfois de laisser à peine entre elles l'espace nécessaire au passage d'un chariot.

La topographie intérieure de Carthage nous est à peu près complètement inconnue. Des nombreux édifices qui embellissaient la ville, on connait à peine le nom, les Romains n'ayant pas jugé à propos de laisser une description des monuments qu'ils détruisaient.

Le temple d'Esmum était situé précisément à l'endroit où s'élève aujourd'hui la chapelle de Saint-Louis ; au nord-est de Byrsa se voient encore les fondations supposées du palais de Didon ; entre Byrsa et la mer se trouvait le forum, grande place de forme rectangulaire, au dire de Diodore, et où se tenaient les assemblées. Le temple de Junon Céleste s'élevait sur une colline située en face de la colline de Saint-Louis.

Mais à quoi bon continuer cette énumération d'édifices sur lesquels manque toute donnée précise ? D'une manière générale, les plus anciennes constructions puniques étaient faites en blocage. Ce n'est que plus tard que l'usage de la pierre de taille devint fréquent dans les grands édifices. La prédilection pour les formes arrondies est un des caractères de l'architecture des Phéniciens. Les salles de leurs maisons ou de leurs palais sont généralement rondes ou ovales. Se trouve-t-il dans de très grands édifices une salle oblongue, les deux extrémités en sont arrondies. Les voûtes phéniciennes,

bâties en blocage, sans claveaux, à la différence des voûtes romaines, sont ou des coupoles ou des voûtes en berceau; mais dans ce cas, pour peu qu'elles soient de grande dimension, les angles en sont largement arrondis et le plus souvent elles se terminent en cul-de-four. Bref il semble qu'en toutes choses les architectes phéniciens aient eu horreur des angles et des lignes droites.

« J'ai pu remarquer aussi, dit M. Daux, dans les bâtisses quelconques les plus anciennes, que le nombre trois, prenant sans doute son origine dans une idée mystique, est observé en tout : trois salles, par exemple; une salle longue divisée en trois demi-circonférences; dans le décor trois moulures, ou mieux une moulure triple, trois boudins; sur les stèles votives, trois doigts, trois unités jointes en bas, ou bien trois fois ces trois unités répétées; les figures symboliques sont toujours disposées de façon à former trois saillies, trois extrémités. »

L'extérieur des monuments est rarement orné de moulures; dans les très grands édifices seulement, sur le parement en pierre de taille, on trouve parfois un boudin taillé grossièrement et au-dessus duquel le mur forme un retrait de sept à huit centimètres. A l'extérieur les murs étaient revêtus de plaques de marbre de diverses couleurs, sciées au moyen d'un fil métallique amorcé avec un mordant quelconque, puis dressées à la meule et polies. Il est très probable que les métaux étaient également employés à cet usage. Les lambris de bois, les tentures d'étoffes étaient encore plus communs. Le sol était couvert de mosaïques souvent d'une extrême finesse et d'une exquise beauté. L'intérieur des édifices religieux était enduit d'un stuc peint en ocre jaune, sur lequel se profilaient parfois des moulures d'un profil mou et indécis.

Ceci n'est vrai que des édifices les plus anciens et de ceux qui furent bâtis plus tard conformément aux usages phéniciens. Un grand nombre d'autres, bâtis par des ar-

chitectes étrangers, surtout par des esclaves grecs de Sicile, présentent la plus grande analogie avec les monuments de l'art gréco-romain. On peut citer comme exemple la décoration ionique de l'un des ports de Carthage que nous allons étudier maintenant.

« Les ports de Carthage, dit Appien, étaient disposés de telle sorte, que les navires passaient de l'un dans l'autre; du côté de la mer ils n'avaient qu'une seule entrée, large de soixante et dix pieds, qui se fermait avec des chaînes de fer.

« Le premier port, destiné aux bâtiments marchands, était garni d'amarres nombreuses et variées. Au milieu du second était une île entourée de grands quais, de même que les bords opposés du bassin. Les quais présentaient une série de cales qui pouvaient contenir deux cent vingt vaisseaux. Au-dessus des cales, on avait construit des magasins pour les agrès. En avant de chaque cale s'élevaient deux colonnes d'ordre ionique qui donnaient à la circonférence du port et de l'île l'aspect d'un portique.

« Dans l'île on a construit pour l'amiral un pavillon d'où partaient les signaux de la trompette, les ordres transmis par le héraut et d'où l'amiral exerçait sa surveillance. L'île était située vers le goulet et s'élevait sensiblement, afin que l'amiral vît tout ce qui se passait au large, sans que les navigateurs pussent distinguer ce qui se faisait dans l'intérieur du port. Les marchands mêmes qui trouvaient un abri dans le premier bassin, ne voyaient point les arsenaux du second: une double muraille les en séparait et une entrée particulière leur donnait accès dans la ville sans passer par le port militaire. »

A ce passage d'Appien, se réduit à peu près tout ce que nous savons de certain sur les ports de Carthage, MM. Jal et Daux ayant démontré que la restauration proposée par M. Beulé à la suite de ses fouilles est inacceptable.

Mais toutes les villes phéniciennes du nord de l'Afrique avaient un port. Plusieurs de ces villes ont été étudiées, l'une surtout, toute voisine de Carthage et dont les monuments sont dans un état relativement bon de conservation, a été il y a quelques années de la part d'un savant français, l'objet de recherches approfondies. M. Daux a pu entre autres choses nous donner une restauration complète et certaine du port d'Utique[1]. Or, comme le remarque fort bien cet auteur, les mêmes mœurs et les mêmes habitudes, sous un même climat, produisent, chez tous les peuples et dans tous les temps, une grande similitude dans la disposition des édifices. D'ailleurs, pour tous les ports puniques que M. Daux a pu étudier, il a constamment retrouvé, sauf des différences de détail, la même disposition. Est-il probable que seul le port de Carthage se soit écarté de cette forme traditionnelle?

A défaut de renseignements directs, nous croyons donc qu'une description du port d'Utique, pourra aider le lecteur à se faire une idée, au moins approximative, de ce qu'était le port de Carthage. Sans doute il n'y avait pas entre les deux identité parfaite, mais nous ne croyons pas que dans leurs lignes générales ils aient beaucoup différé l'un de l'autre, de même que tous les ports phéniciens étudiés jusqu'à ce jour.

Le port d'Utique avait la forme d'un rectangle à angles largement arrondis. Au milieu, s'élevait le palais de l'amiral, relié à la terre ferme par une étroite langue de terre. « Des trois côtés de ce bassin, à gauche, à droite et au fond, s'élevaient, sur des quais à fleur d'eau, deux rangées ou, pour mieux dire, une double rangée de cales, ou magasins, superposées en retraite l'une sur l'autre ; le dessus des rangées inférieures, disposé en terrasses plates et dallées, formait également un quai à peu près au niveau des bas quartiers de la ville. La hauteur était

[1] Daux, *Emporia phéniciens*.

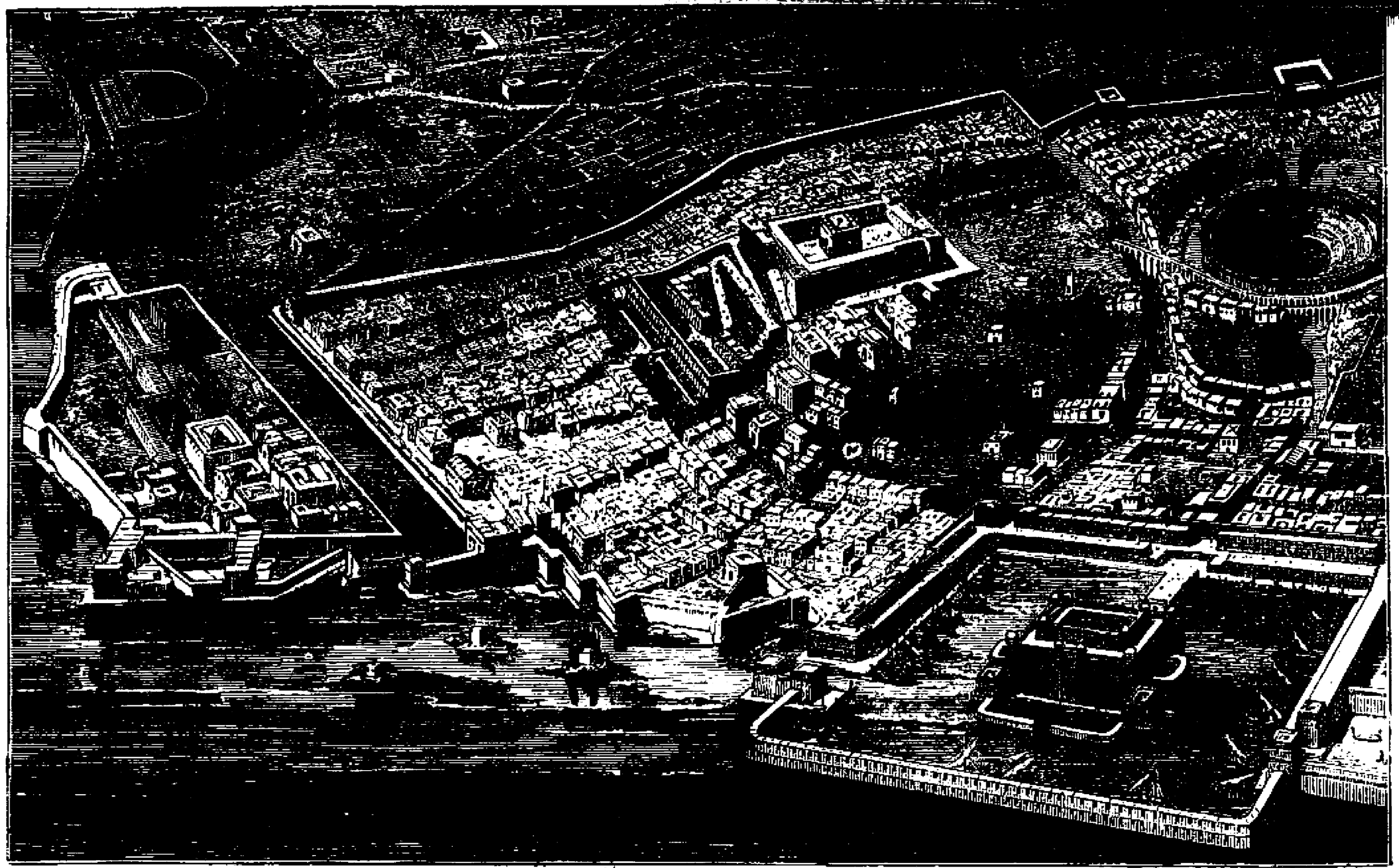
de 7m,20 pour la rangée ou étage inférieur ; l'étage supérieur pouvait avoir de 5m,50 à 6 mètres. » Tout cela était bâti en blocage ; mais les murs de refend, c'est-à-dire les murs qui séparaient chaque cale de la cale voisine, étaient pourvus à leur partie antérieure d'un parement en pierre de taille, « formant une sorte de pilastre uni, sans saillie ni moulure. De sorte que, vu d'ensemble, l'aspect, dans le développement de la longueur en façade, devait présenter comme un seul mur en pierre de taille, uni et plat, évidé régulièrement par les ouvertures des voûtes et les baies des portes des cales. »

En face de la langue de terre ou tænia conduisant au palais amiral et sur une largeur de 41 mètres, il n'y avait ni cales ni magasins, mais seulement un massif de maçonnerie, s'élevant jusqu'à la hauteur du quai supérieur et dans l'épaisseur duquel était pratiqué un large escalier donnant accès à la tænia.

Entre le quai supérieur et la grande muraille qui défendait le port se trouvaient, entre les doubles rangées de cales et derrière elles d'autres grandes salles et des logements. Aux angles est et sud-ouest se trouvaient deux édifices paraissant avoir été des temples, et dont l'un était orné de colonnes dont les débris gisent encore sur le sol. Au sud-ouest, derrière les magasins, étaient des chantiers et des ateliers bâtis sur des citernes. Des bassins, servant sans doute au radoub, se trouvaient aussi de ce côté.

Une belle porte monumentale, décorée de colonnes, donnait issue de l'arsenal sur la campagne.

Les files de magasins qui s'étendaient à droite et à gauche du port s'appuyaient, du côté de la mer, sur un fort. L'un de ces forts richement orné de sculptures à l'intérieur, était en même temps un temple. Entre ce temple et deux autres forts reliés par une courtine qui s'élevaient sur un îlot à 25 mètres de là, se trouvait l'entrée du port. Un môle puissant, à angles courbes, achevait d'enclore le port du côté du nord-ouest.



Utique.

Il nous reste à parler du palais de l'amiral. « Il se composait d'un corps de logis principal flanqué de six tours rondes et de quatre bastions ou forts latéraux.

« Le corps principal, vaste parallélogramme irrégulier, portait une tour ronde à chaque angle extérieur. Le centre était une tour rectangulaire sur laquelle donnaient toutes les baies de portes et de fenêtres des différentes salles de l'édifice. Tout autour de l'intérieur de cette cour régnait une galerie à piliers supportant deux étages de voûtes.

« Au nord du palais, une grande porte surmontée d'un large balcon, et protégée par deux tours engagées, pareilles à celles des angles extérieurs, s'ouvrait sur un bassin réservé à l'amiral ou au service maritime, enclavé dans le port, avec lequel il communiquait.

« A l'opposé, au sud, une avant-cour précédée d'une haute porte fortifiée et appuyée sur deux tours rondes semblables aux autres, était protégée par des murs crénelés et engagés dans la façade du palais. De cette porte on débouchait sur un embarcadère large et aboutissant à un terre-plein, langue de terre, ou tænia, qui établissait une communication entre le palais, le fond du port et la ville.

« A l'est et à l'ouest du palais, deux forts bastions aux angles arrondis extérieurement comme ceux du port l'étaient intérieurement, faisaient annexe à l'édifice. Ces deux bastions se composaient d'une large courtine à trois faces, portée en dedans sur voûte et piliers. Une cour faisait le centre. Sur la courtine ou plate-forme crénelée autour, étaient sans doute les machines de guerre.

« Deux fortins carrés, têtes de môles, un peu moins élevés, précédaient les bastions du côté de la haute mer, et de leur face antérieure partait le petit môle qui isolait le bassin réservé de l'amiral.

« Le pied des gros murs, tant de l'édifice principal que des dépendances, était séparé de l'Euripe par un quai

continu, au sud-est et à l'ouest, recouvrant des séries de citernes parallèles. »

Les salles qui se trouvaient dans les angles du palais étaient rondes et voûtées en coupole. Les autres salles étaient rectangulaires, arrondies aux angles et voûtées en berceau terminé par deux culs-de-four. Les salles étaient dallées. Des escaliers en spirale, pratiqués dans les tours ou dans l'épaisseur des murs donnaient accès aux étages supérieurs.

« L'aspect d'ensemble de ce monument, dit M. Daux, devait être très sévère. C'était en réalité une forteresse plutôt qu'un palais. On voit que la préoccupation dominante de ceux qui l'avaient édifié avait eu pour objet une solidité à toute épreuve alliée à tous les moyens de défense que le génie des fortifications des temps antiques avait pu suggérer. Les murs extérieurs, en effet, étaient d'une grande force de résistance, surtout dans le bas au-dessus des eaux, là où un bélier d'attaque, installé sur des navires ou radeaux ennemis joints ensemble, aurait pu les battre en brèche. Le vide des cages d'escaliers, si exigu déjà, est en vertu de ce principe et par surcroît de précaution, tout à fait nul en bas, car là ils prennent issue par la cour intérieure, traversant les massifs qui séparent les salles, et ne se rapprochant des murs extérieurs que vers le haut, hors de toute atteinte des béliers. La grande élévation des murailles en rendait l'escalade dangereuse et difficile : dangereuse parce que les assaillants se trouvaient de tous côtés exposés au tir des créneaux, qui les prenait dessus, devant et en face, et du saillant des tours, qui les découvrait de flanc ; difficile, par la raison que le pied des échelles ne pouvait être que sur des navires que la mobilité de l'eau rendait instables. De plus, ces murs extérieurs n'offraient pas de prise par les baies de fenêtres, les salles prenant leur jour par la cour intérieure.

« Cette vaste construction, massive et sévère ; ce rare et presque sauvage décor architectural ; ces grandes

salles nues, à peine éclairées par un jour parcimonieux, à l'aspect sombre et imposant, sous les voûtes desquelles la voix devait être retentissante; ce manque complet de tout marbre, de tout stucage, de toute répartition dont les détails facilitent la vie et adoucissent le travail quotidien; tout cet ensemble fait évidemment remonter la fondation de ce monument à une haute antiquité, quelques siècles sans doute avant celui de Carthage, qui, lui-même, existait déjà, d'après des documents certains, il y a vingt-trois siècles.

« Telles, ou a peu près, devaient être ces places fortes, ces châteaux, dont il est parlé dans la Bible, au temps où le peuple élu pénétrait en masse et le glaive en main sur la terre promise par le Seigneur, sous la conduite de son audacieux chef, Jésu ou Josué, quatorze siècles avant notre ère. »

Nous ne quitterons pas Utique sans mentionner un petit édifice que M. Daux a retrouvé et qu'il suppose avoir peut-être servi autrefois aux « transmissions télégraphiques. » Cette hypothèse n'est pas aussi extraordinaire qu'elle pourrait le paraître à quelques lecteurs. Si ces appareils qui, à l'aide de l'électricité, transmettent instantanément à d'énormes distances, non seulement de courtes indications, mais jusqu'aux discours politiques qui occupent plusieurs colonnes de nos journaux, sont d'invention toute récente; en revanche, l'art de transmettre la pensée à distance au moyen de divers signaux remonte à une haute antiquité.

Polybe décrit avec détail, le système de transmission télégraphique le plus parfait à ses yeux, système inventé par Cléoxène et Démoclite, puis perfectionné par les Romains.

Les lettres de l'alphabet étaient réparties en cinq classes et inscrites sur autant de tablettes dont les quatre premières recevaient chacune cinq lettres, et la cinquième quatre seulement. Voulait-on correspondre? au-dessus d'une palissade à hauteur d'homme, et jouant

le rôle d'écran, on élevait deux fanaux. Le préposé à la station suivante en élevait deux de son côté, pour montrer qu'il était prêt à correspondre. On élevait alors au-dessus de la palissade de la station de départ et du côté gauche, un, deux ou cinq fanaux, suivant que la première lettre du premier mot qu'on voulait transmettre se trouvait sur la première, sur la seconde ou sur la cinquième tablette. Simultanément, on élevait du côté droit un nombre de fanaux indiquant le rang que cette lettre occupait sur la tablette. Chaque lettre ainsi transmise était au fur et à mesure inscrite sur une tablette, et pour peu que les hommes préposés à ce service fussent attentifs et exercés, on pouvait ainsi correspondre avec exactitude, et avec une rapidité relative. Les postes étaient naturellement placés sur des points élevés, et deux lunettes jumelles, au moyen desquelles on visait d'une station les fanaux de l'autre, permettaient de les placer à de grandes distances l'un de l'autre.

En ce qui regarde spécialement Carthage, nous avons un texte précis prouvant que ces signaux télégraphiques étaient connus et employés au quatrième siècle de notre ère.

« Pendant qu'ils faisaient la guerre en Sicile, dit Polybe (VI, 16), les Carthaginois s'avisèrent, pour avoir promptement toutes sortes de secours de la Libye, de fabriquer deux horloges d'eau de pareille structure. La hauteur de chacune était divisée en plusieurs cercles. Sur l'un ils avaient écrit : Il faut de l'or, des machines, des vivres, des bêtes de somme, de l'infanterie, de la cavalerie, etc.

« De ces deux horloges d'eau ainsi marquées, ils en gardèrent une en Sicile et envoyèrent l'autre à Carthage, avec ordre, quand on verrait un feu allumé, de prendre bien garde au cercle où s'arrêterait l'eau quand on allumerait le second feu. Par ce moyen, on savait à Carthage, en un instant, ce qu'on demandait en Sicile, et on l'envoyait sur-le-champ.

« C'est ainsi que les Phéniciens vinrent à bout d'avoir très promptement tous les secours dont ils avaient besoin pour soutenir la guerre. »

Mais revenons à la description de Carthage et occupons-nous de ses fortifications, qu'il nous reste maintenant à étudier.

Selon Appien, Carthage était défendue par trois murs identiques, placés à une certaine distance l'un de l'autre et mesurant 9 mètres d'épaisseur, sur près de 14 mètres de haut sous les créneaux : A l'intérieur de chacun des trois murs, qui étaient creux et à deux étages, on trouvait, selon notre auteur, le logement : 1° de 300 éléphants et, au-dessus d'eux, 2° de 4000 chevaux, 3° de 24 000 hommes ; ce qui faisait en tout, à notre compte, pour les trois murs, 900 éléphants, 12 000 chevaux et 72 000 hommes.

En outre, on y avait ménagé de vastes magasins contenant une grande quantité de vivres pour ces nombreux éléphants, des fourrages et de l'orge pour toute cette cavalerie. Ces renseignements assez fantastiques ont été de nos jours révoqués en doute par des arguments qui semblent sans réplique :

« Je suppose, dit M. Graux, qu'Appien loge les éléphants au rez-de-chaussée. Quant aux chevaux, il n'y a pas à dire, et le texte est formel, il les fait monter, ainsi que les hommes, au premier étage. A raison de deux étages dans une hauteur de 14 mètres, le niveau du premier serait à 7 mètres d'élévation au-dessus du sol. Voilà des chevaux bien haut perchés ! Et comment expliquera-t-on — si la triple muraille règne sur plusieurs côtés de la ville, — que trois enceintes concentriques successives fussent égales entre elles en longueur et, à épaisseur constante, égales en superficie ? Il faut être logique : si la plus intérieure est capable de contenir un nombre donné d'éléphants, de chevaux et d'hommes, la seconde et surtout la plus extérieure des enceintes, à épaisseur et à hauteur égales, en contien-

dront davantage. Mais Appien n'a pas songé à tout cela [1]. »

Le système des trois murs identiques est inacceptable. Mais l'épithète de « triple » donnée par les auteurs aux fortifications de Carthage devait répondre à quelque chose. Cherchons à nous en rendre compte. Et tout d'abord, quel était ce système adopté par les anciens pour la fortification de leur ville? Un ingénieur grec, le seul dont les œuvres soient venues jusqu'à nous, Philon de Byzance, va nous permettre de répondre à cette question.

A une assez grande distance du rempart principal, dans une zone large de plus de 160 mètres, on enfouissait des poteries vides, posées debout, et bouchées seulement avec des algues. Le terrain ainsi miné supportait aisément le poids des hommes, mais il s'effondrait sous celui des machines de guerre. L'ennemi se trouvait ainsi retenu à une grande distance, pendant un temps plus ou moins long.

Cette difficulté surmontée, il arrivait à un premier fossé derrière lequel s'élevait une levée de terre et une palissade. Cette première ligne prise d'assaut, le fossé comblé et le terrain nivelé pour que les machines de guerre pussent approcher, les assaillants se trouvaient en face d'une seconde ligne de fortifications exactement semblable; et tout était à recommencer.

Ce n'était pas tout encore. Un nouveau fossé s'ouvrait à 40 coudées en arrière; derrière ce fossé, une nouvelle levée de terre, mais revêtue cette fois de parements en maçonnerie, et constituant ce qu'en termes de fortification on nomme un avant-mur; à un plèthre (30 mètres environ) en arrière et dominant le tout, s'élevait le rempart proprement dit.

Telles étaient dans leurs lignes générales les fortifications de Carthage; la comparaison avec d'autres colo-

[1] Graux, *Notes sur les fortifications de Carthage.*

nies phéniciennes où ces divers ouvrages sont encore visibles, et plusieurs autres arguments le prouvent assez. Nous ne pouvons les exposer ici. On les trouvera tout au long dans le savant et intéressant mémoire de M. Graux, auquel sont empruntés tous les détails qui précèdent et ceux qui vont suivre. Remarquons seulement que le rempart, l'avant-mur et les défenses extérieures constituent bien un triple rempart.

Arrivons au mur proprement dit. Nous n'avons que peu de choses à en dire. Ce mur, nous le savons déjà, était creux. Au rez-de-chaussée se trouvaient les écuries des éléphants et très probablement aussi, en dépit d'Appien, celles des chevaux. Les logements de la garnison et les magasins occupaient les deux étages supérieurs. Un parapet crénelé et un toit couronnaient l'édifice. Au-dessous on avait creusé des citernes. Ce sont ces citernes que M. Beulé déblaya et qu'il prit pour les chambres de la garnison.

L'existence de ces citernes sous les fortifications de Carthage n'a rien qui doive surprendre ; on en a retrouvé de semblables sous les murs des autres villes phéniciennes de l'Afrique septentrionale. Tous les édifices puniques, monuments publics ou maisons particulières, étaient de même bâtis sur des citernes. Les rues de Carthage, nous l'avons déjà dit, étaient dallées. Ce n'était pas dans un but de propreté ou de luxe que les Phéniciens, si négligents en matière de voirie, avaient adopté pour leurs chaussées un revêtement aussi coûteux. Ces dalles empêchaient l'eau des pluies de se perdre dans le sol et la conduisaient par divers canaux dans d'immenses réservoirs publics creusés sur plusieurs points de la ville. Recueillir et conserver l'eau des pluies, était en effet pour les Carthaginois une question de vie ou de mort.

Jusqu'au jour où un aqueduc fut construit, l'eau des pluies, conservée dans des citernes dut suffire à leurs besoins, et ce n'est pas un de nos moindres étonne-

ments de voir qu'une ville de cette importance se soit développée loin de tout cours d'eau.

Ce qui nous semblerait aujourd'hui un obstacle à peu près insurmontable ne paraît pas avoir jamais arrêté les Phéniciens lorsqu'ils choisissaient l'emplacement d'une de leurs colonies ; beaucoup de leurs villes se trouvaient dans la même situation que Carthage. « Les habitants, dit Strabon, en parlant de la ville d'Arad, boivent de l'eau de pluie conservée dans des citernes ou de l'eau qu'on fait venir de la côte opposée. » Une source jaillissait à peu de distance au fond de la mer. En cas de besoin des plongeurs descendaient une cloche de plomb qu'ils appliquaient sur l'orifice de la source, et un tuyau de cuir amenait l'eau douce à la surface. Tyr n'avait même pas cette ressource. Que l'eau des citernes vînt à s'épuiser, la partie insulaire de la ville n'avait qu'un moyen de se procurer l'eau : c'était de la faire apporter dans des barques qui l'allaient chercher au continent.

Toutes les citernes, puniques ou romaines, sont bâties d'après un même principe. Diviser la masse de l'eau de manière à pouvoir nettoyer les réservoirs sans interrompre le service, tel est le but que se proposaient les architectes qui les construisaient.

Les citernes puniques se composent invariablement de une et souvent de deux rangées de longs bassins parallèles, à parois très épaisses et voûtes en berceau plein cintre, le tout en blocage. Celles de Carthage, d'Utique, d'Hadrumète et de bien d'autres villes, forment un vaste parallélogramme. Des galeries couvertes, qui s'élevaient jadis au-dessus du sol, abritaient contre les ardeurs du soleil les habitants qui venaient journellement en ce lieu puiser l'eau nécessaire à leur consommation. Elles augmentaient aussi la fraîcheur des eaux sous les voûtes inférieures.

Les citernes de Carthage offraient ceci de particulier qu'aux quatre angles du parallélogramme, ainsi qu'au milieu, se trouvaient six filtres circulaires recouverts

Citernes de Carthage.

par autant de coupoles « dont l'effet gracieux rompait à l'œil la monotone uniformité des extrados de voûtes en berceau. » Du fond de ces filtres partaient des conduits en maçonnerie qui distribuaient l'eau sur des différents points de la ville. Des robinets en métal, ou, à une époque plus ancienne, en pierre de taille, permettaient d'interrompre et de rétablir à volonté le cours de l'eau.

Toutes les citernes n'étaient pas aussi vastes ni conçues sur un plan aussi compliqué. Celles notamment que les Carthaginois établissaient dans leurs propriétés rurales, avaient une forme beaucoup plus simple bien que tout aussi caractéristique. M. Daux a eu le bonheur de retrouver une de celles-ci à peu près intacte. Elle se composait de deux bassins ronds, creusés l'un à côté de l'autre au milieu d'une plaine. Nulle voûte ne les couvrait. Le plus grand de ces deux bassins avait une profondeur de 7 à 9 mètres ; le second était plus profond mais aussi plus étroit. Une fente verticale de 40 centimètres de largeur, et que l'on bouchait avec des planches ou autrement, mettait les deux bassins en communication l'un avec l'autre ; une margelle assez élevée entourait l'orifice de l'un et l'autre bassin. L'eau qui alimentait ce réservoir était celle que les orages versaient à torrent sur la plaine voisine ; elle pénétrait dans ce réservoir par des trous percés au niveau du sol, à travers la margelle. L'eau qui se précipitait ainsi dans le grand réservoir entraînait avec elle une grande quantité de sable, de feuilles et de détritus de toute nature. Toutes ces impuretés se déposaient peu à peu, et au bout de quelques jours l'eau était redevenue pure et limpide. On ouvrait alors avec précaution la communication entre les deux bassins et l'eau s'écoulait du grand bassin dans le petit, qui jouait ainsi le rôle de filtre. C'est dans ce petit bassin, qu'à l'aide de seaux en cuir, on puisait pour abreuver le bétail.

Du côté opposé au filtre se trouvait un grand bassin carré couvert d'une voûte formant plate-forme ; c'est

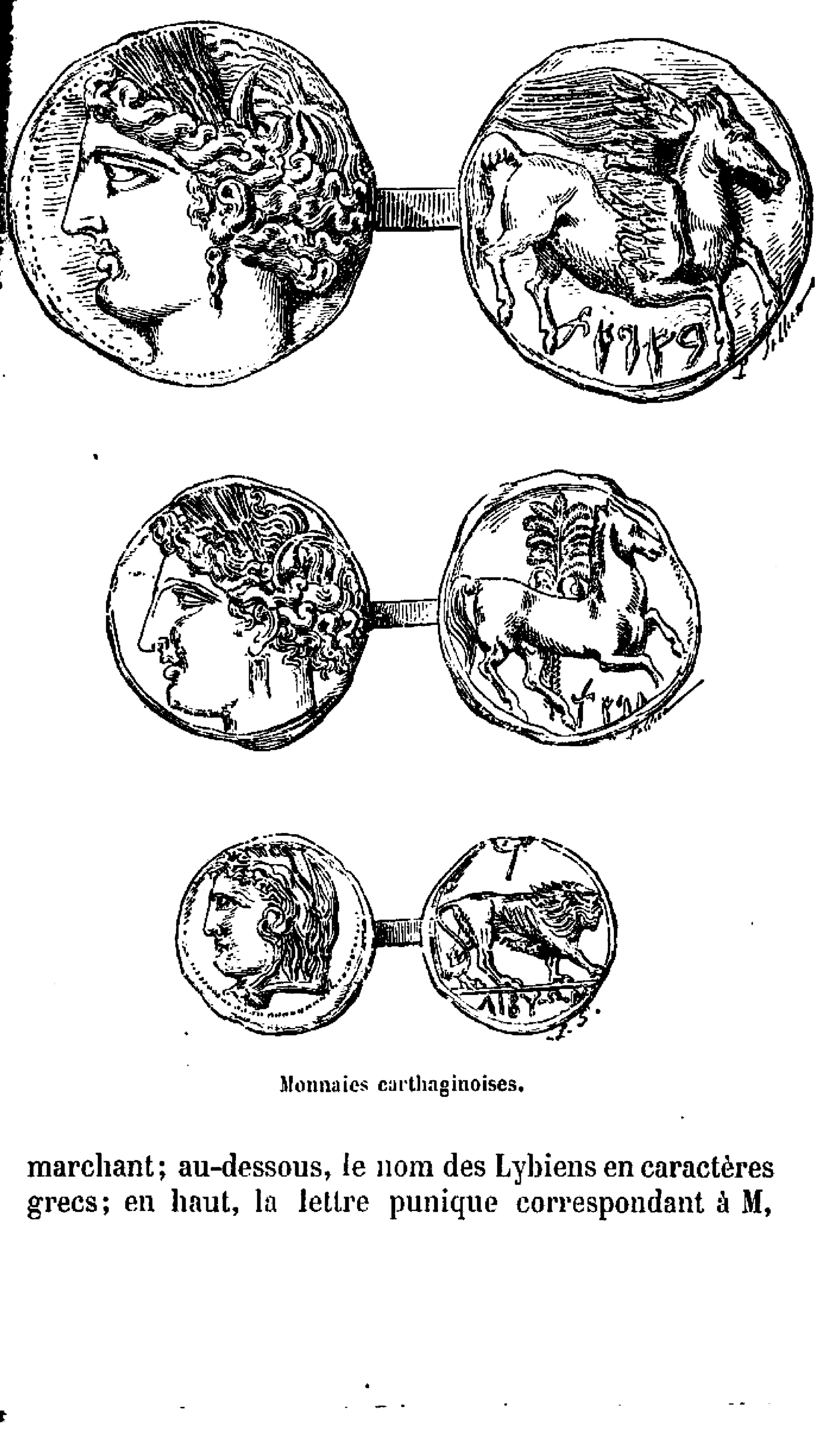
un second filtre ajouté à l'époque romaine à la construction primitive; la voûte gardait l'eau plus fraîche. La communication avec le réservoir était établie, non plus par une fente verticale, mais par une série de tuyaux en terre cuite traversant la paroi et disposés les uns au-dessus des autres de demi-mètre en demi-mètre. On les bouchait au moyen de tampons. On pouvait ainsi décanter l'eau d'un bassin dans l'autre sans agiter la masse entière. Une cuvette à vase ménagée au fond de la construction romaine achevait d'établir la supériorité de ce filtre nouveau sur l'ancien bassin servant au même usage.

Les citernes de Byrsa jouissaient d'une réputation méritée. L'eau s'y conservait fraîche et pure mieux que partout ailleurs. Quelques-unes de celles que les Phéniciens y ont creusées servent encore, et, pendant les chaleurs de l'été, le bey de Tunis et les consuls étrangers y envoient puiser tous les jours.

Occupons-nous maintenant des produits des arts autres que l'architecture, trouvés à Carthage. Cette classe de monuments se réduit à bien peu de chose. Des monnaies et des stèles servant d'ex-voto, c'est à peu près tout.

Les monnaies ne nous apprennent pas grand'chose sur l'art punique, car l'exécution en était confiée à des esclaves grecs de Sicile. L'une de ces monnaies représente la tête de la nymphe Aréthuse. Au revers, Pégase. La légende BARAT signifie les puits. Peut-être lirait-on plus exactement Bi ARAT « à Arat », nom punique de Syracuse qui possédait la fontaine fameuse d'Aréthuse. C'est une grande pièce d'argent certainement frappée en Sicile, et probablement à Syracuse, dit M. de Saulcy, à qui nous empruntons ces détails de numismatique. Une seconde pièce, division de la précédente, porte également la tête d'Aréthuse. Au revers, un cheval libre adossé à un palmier, type essentiellement carthaginois. La légende a la même signification, ce qui assigne à cette pièce la même origine sicilienne.

Sur une monnaie de Lybie, on voit la tête d'Hercule-Melkart coiffé d'une peau de lion ; au revers, un lion



Monnaies carthaginoises.

marchant; au-dessous, le nom des Lybiens en caractères grecs; en haut, la lettre punique correspondant à M,

abréviation du mot MAKNAT, qui signifie *camp*. La pièce serait donc une *moneta castrensis* spéciale aux Lybiens. Outre les monnaies métalliques, les Carthaginois employaient encore dans leurs échanges des rondelles de cuir portant l'estampille de l'État, et qui jouaient à peu près le rôle de notre papier-monnaie. Inutile de dire qu'aucun spécimen de ces antiques billets de banque ne s'est conservé jusqu'à nous.

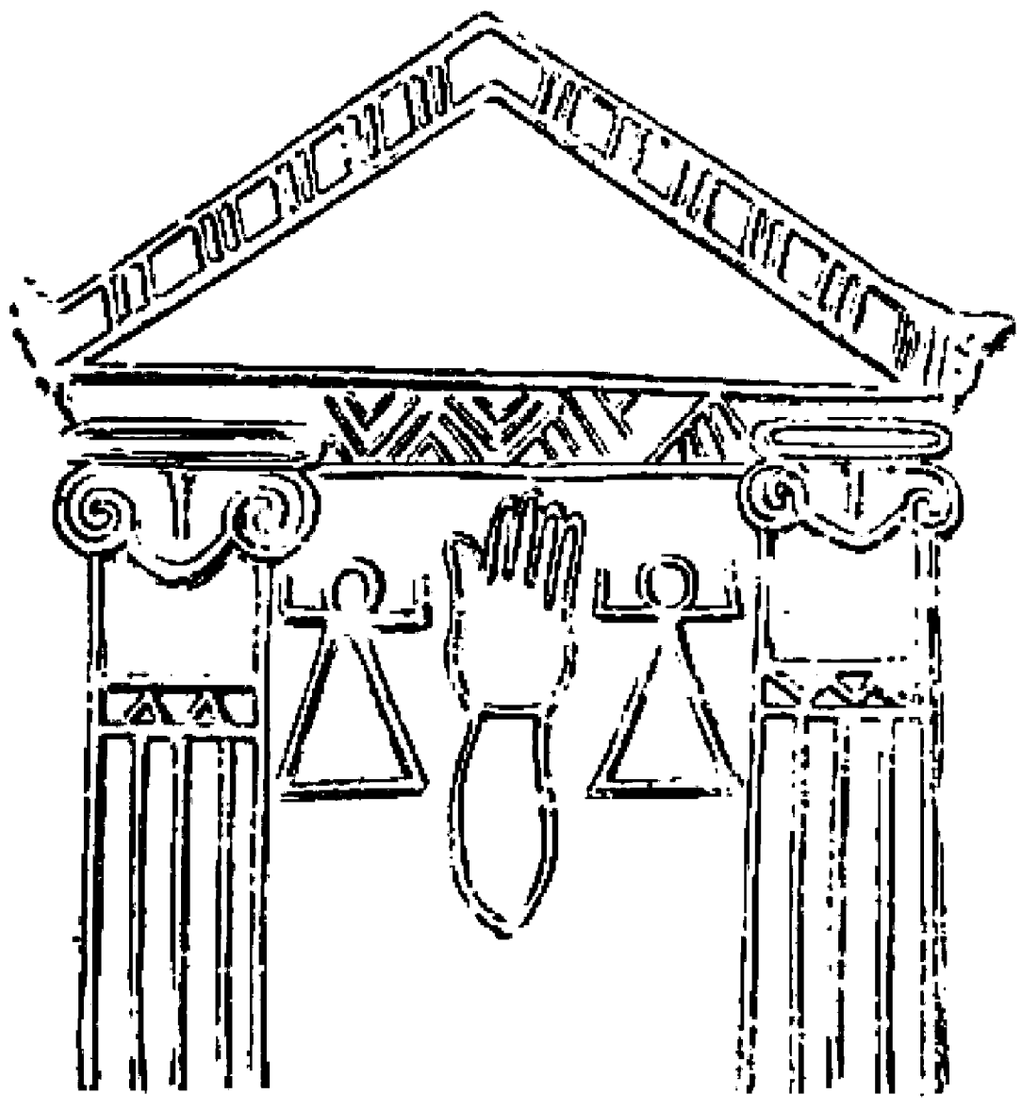
Si les monnaies puniques trouvées jusqu'à ce jour sont de style grec, en revanche les ex-voto sont des monuments purement carthaginois, partant plus intéressants pour le sujet qui nous occupe. « Les stèles votives carthaginoises, dit M. Berger [1], se ressemblent toutes. » Ce sont des pierres de trente à cinquante centimètres, terminées en pointe. Souvent deux acrotères leur donnent à peu près la forme qu'affectent un grand nombre de nos tombeaux modernes. L'inscription votive occupe la partie inférieure de la stèle. Le haut est réservé à diverses représentations figurées qui constituent peut-être le principal intérêt de ces monuments.

Le symbole le plus fréquent est la main ouverte et levée vers le ciel. C'est la main du dieu qui bénit. Parfois cette main est accostée de deux oreilles. D'autres fois, le pouce de cette main offre un développement démesuré, pour signifier la puissance du dieu. Sur une des stèles rapportées par M. de Sainte-Marie, et qu'on peut voir à la Bibliothèque nationale, est représentée une bouche. Ces emblèmes rappellent tout naturellement la formule qui se lit sur un grand nombre d'ex-voto, et qui est toujours sous-entendue dans les inscriptions où elle ne se trouve pas : « Parce qu'il a entendu sa voix, qu'il le bénisse. »

Quel dieu représentent ces symboles? Est-ce Tanit? Est-ce Baal-Hammon? On ne pourrait répondre avec certitude à cette question. D'autres symboles également fré-

[1] *Les ex-voto du temple de Tanit.*

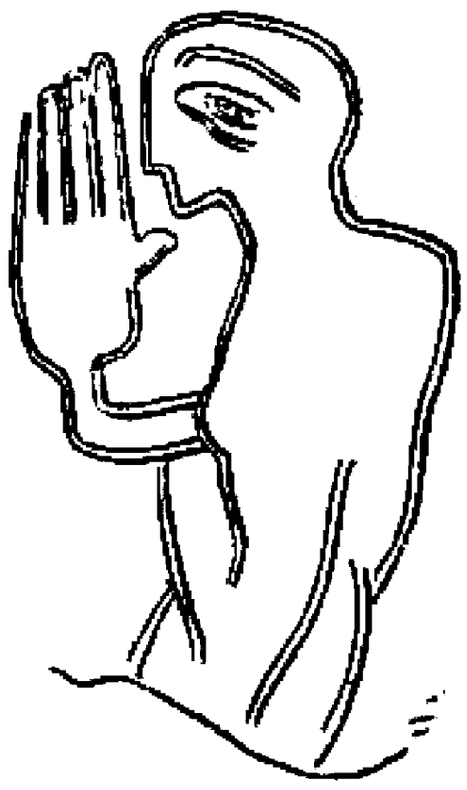
quents sur les monuments puniques peuvent heureusement être expliqués à coup sûr. C'est ainsi que le bélier



Monogramme de Tanit.

représente Baal; le disque de Vénus surmonté d'un croissant, Tanit.

Une autre stèle publiée en 1872 par M. Euting dans



Main de Dieu.

les Mémoires de l'Académie de Saint-Pétersbourg, représente la déesse debout, vêtue d'une robe qui laisse voir les pieds, la main droite levée, la main gauche

portant un enfant dans ses langes. A droite et à gauche, sur les acrotères, on voit le croissant surmontant le disque de Vénus. Cette composition présente cela de particulier qu'elle est en relief, au lieu d'être simplement gravée au trait, comme le sont généralement les monuments du même genre.

De tous les emblèmes de Tanit, le plus fréquent sans contredit est une sorte d'hiéroglyphe représentant la divinité, mais d'une façon si rudimentaire en général, qu'on a de la peine, dit M. Berger, même en le sachant, à y voir une forme humaine. On dirait une figure géométrique. Il n'en est rien pourtant; c'est un personnage vêtu d'une robe et qui lève les mains vers le ciel.

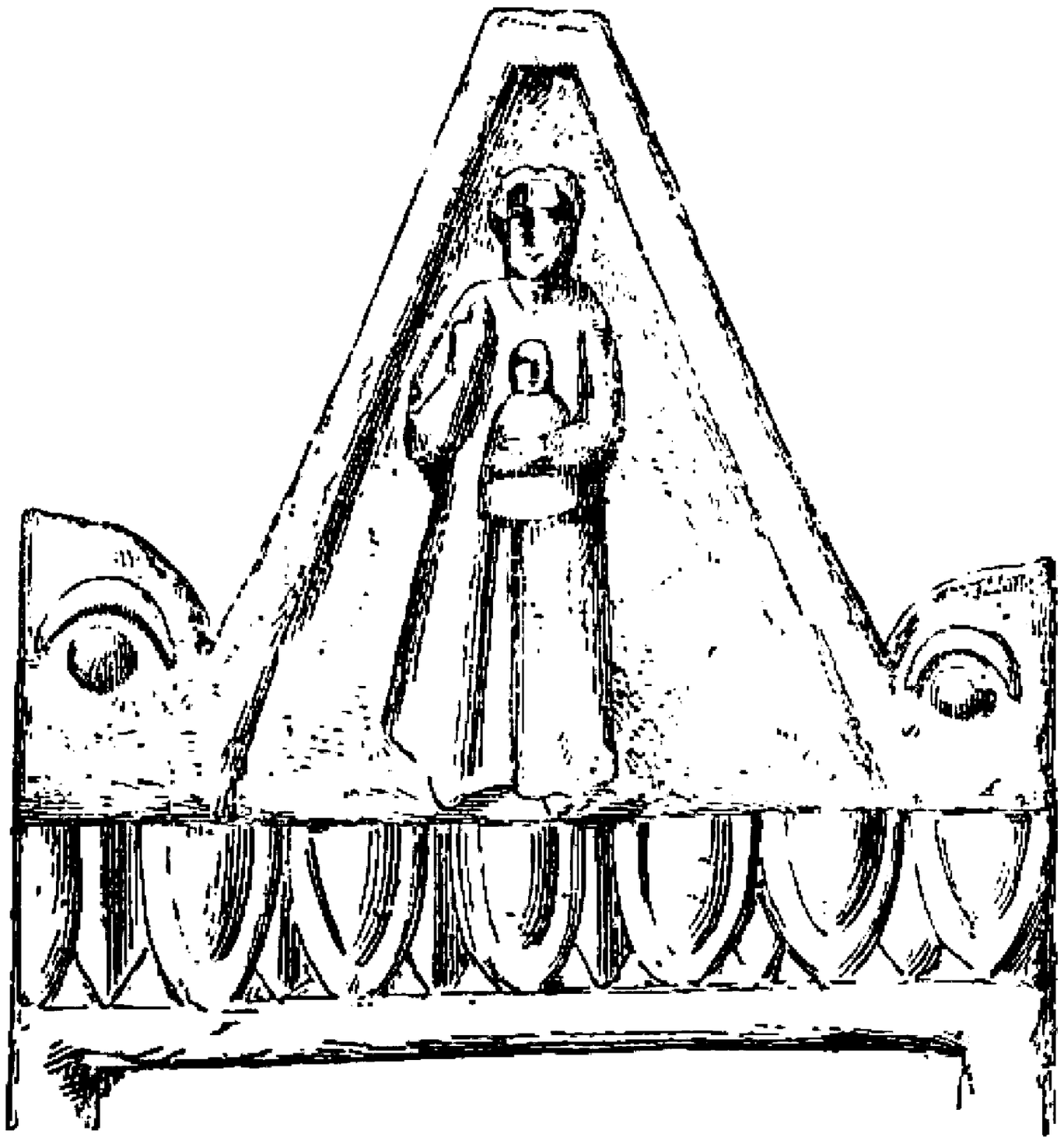
Il y a dans la charpente de ce mannequin une préoccupation symbolique évidente. Les bras et les jambes ne sont que des appendices insignifiants. La tête même n'est le plus souvent qu'un simple disque. Toute l'importance de ce personnage réside dans la forme triangulaire de son corps ou de sa robe. L'explication nous en est donnée par Tacite, qui dit, en parlant de la Vénus de Paphos : « La déesse n'est point représentée sous la figure humaine; c'est un bloc circulaire qui, s'élevant en cône, diminue graduellement de la base au sommet. La raison de cette forme est ignorée. »

L'emblème punique ne jette-t-il pas à son tour quelque lumière sur cette question que Tacite ne pouvait résoudre? N'est-ce pas dans quelque antique légende déjà oubliée au temps du grand historien romain, légende que nous ne connaissons pas, mais que nous connaîtrons peut-être un jour, qu'il faut chercher l'origine du cône de Paphos et du monogramme, qu'on nous passe l'expression, par lequel les Carthaginois représentaient Tanit?

Dans les divers ex-voto que nous venons de passer en revue, nous n'avons observé que des représentations plus ou moins symboliques de la divinité. D'autres stèles se rapportent au culte rendu à ces divinités. On

Ruines du temple de Baal-Hammon.

y voit des animaux et des plantes : l'éléphant, la colombe, le cygne, oiseau consacré à Vénus et le grenadier du culte d'Adonis. Malheureusement, ces monuments sont en trop petit nombre et n'ont pas été jusqu'ici, faute d'éléments de critique, suffisamment étudiés pour qu'il soit possible de les expliquer avec quelque certitude.

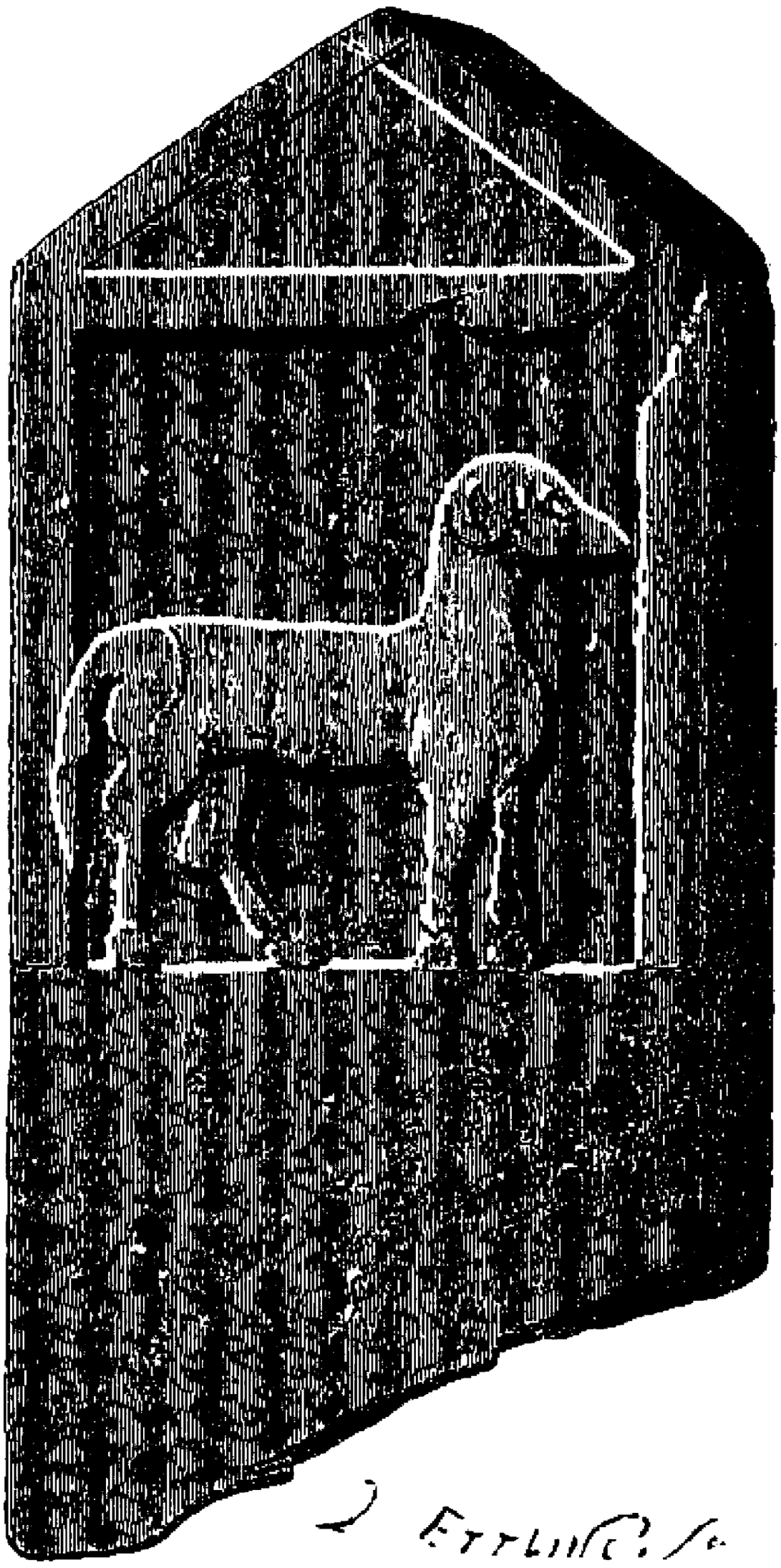


Stèle de M. Euting.

Une dernière catégorie de stèles votives, celle qui offre le plus grand intérêt pour l'archéologie, nous fait pénétrer dans l'intimité de ces anciennes générations. On y voit un reflet du commerce et de l'industrie phéniciens. Ces stèles représentent soit l'offrande elle-même, soit un objet caractérisant la profession de celui qui faisait cette offrande. Les Carthaginois étaient un peuple de marins. Aussi trouvons-nous d'abord toute une série d'emblèmes maritimes qui font penser aux petits navires que nos marins suspendent dans les cha-

pelles de la côte pour accomplir un vœu fait en un jou d'angoisse.

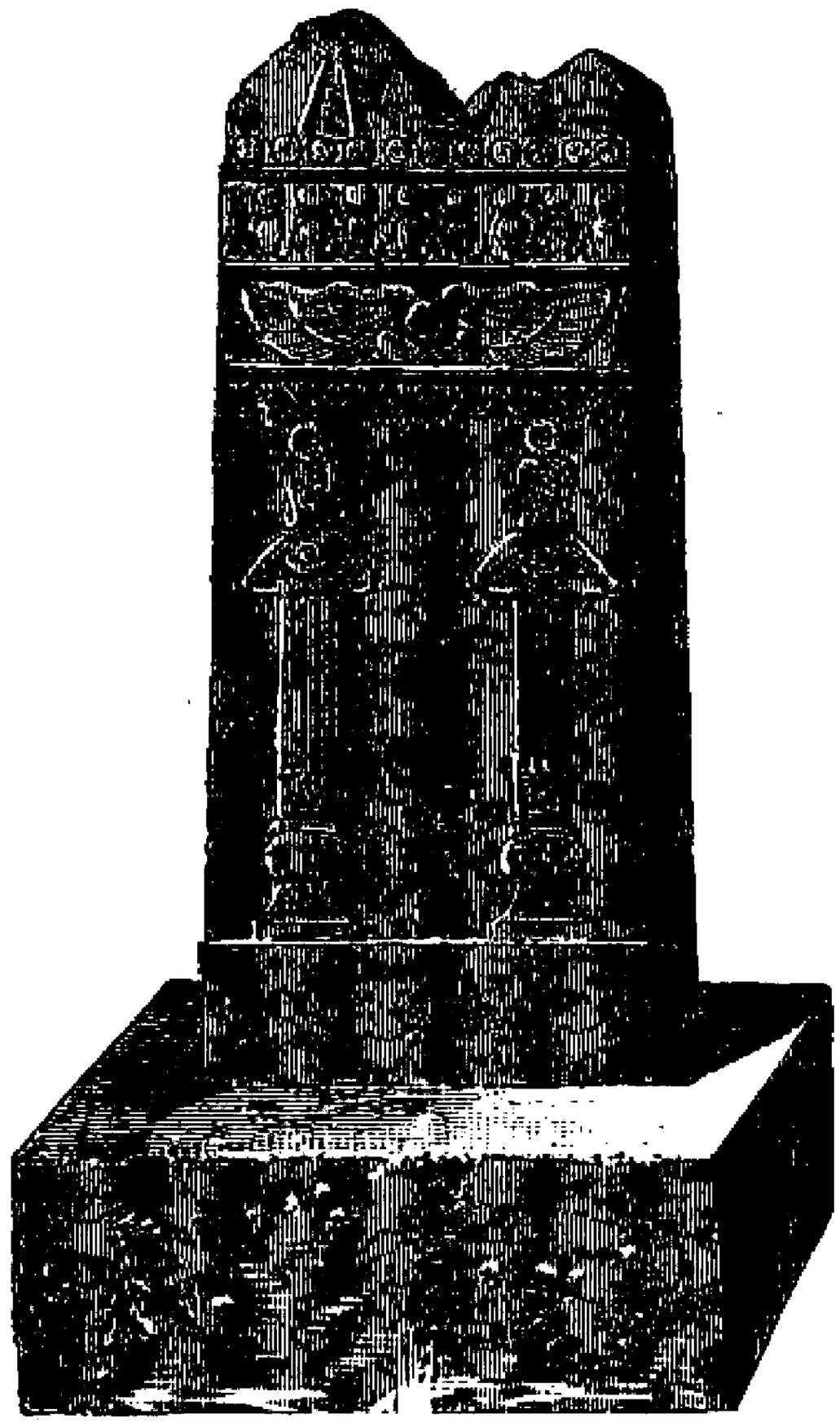
L'une de ces stèles, malheureusement en fort mau



Le Bélier (Baal).

vais état, représente un navire entier. La poupe est arrondie et assez élevée, le mât ne porte pas de voiles ; sur le côté se voit un objet assez difficile à préciser et que M. Berger suppose être un gouvernail. L'avant est cassé. Un autre monument nous montre seulement la

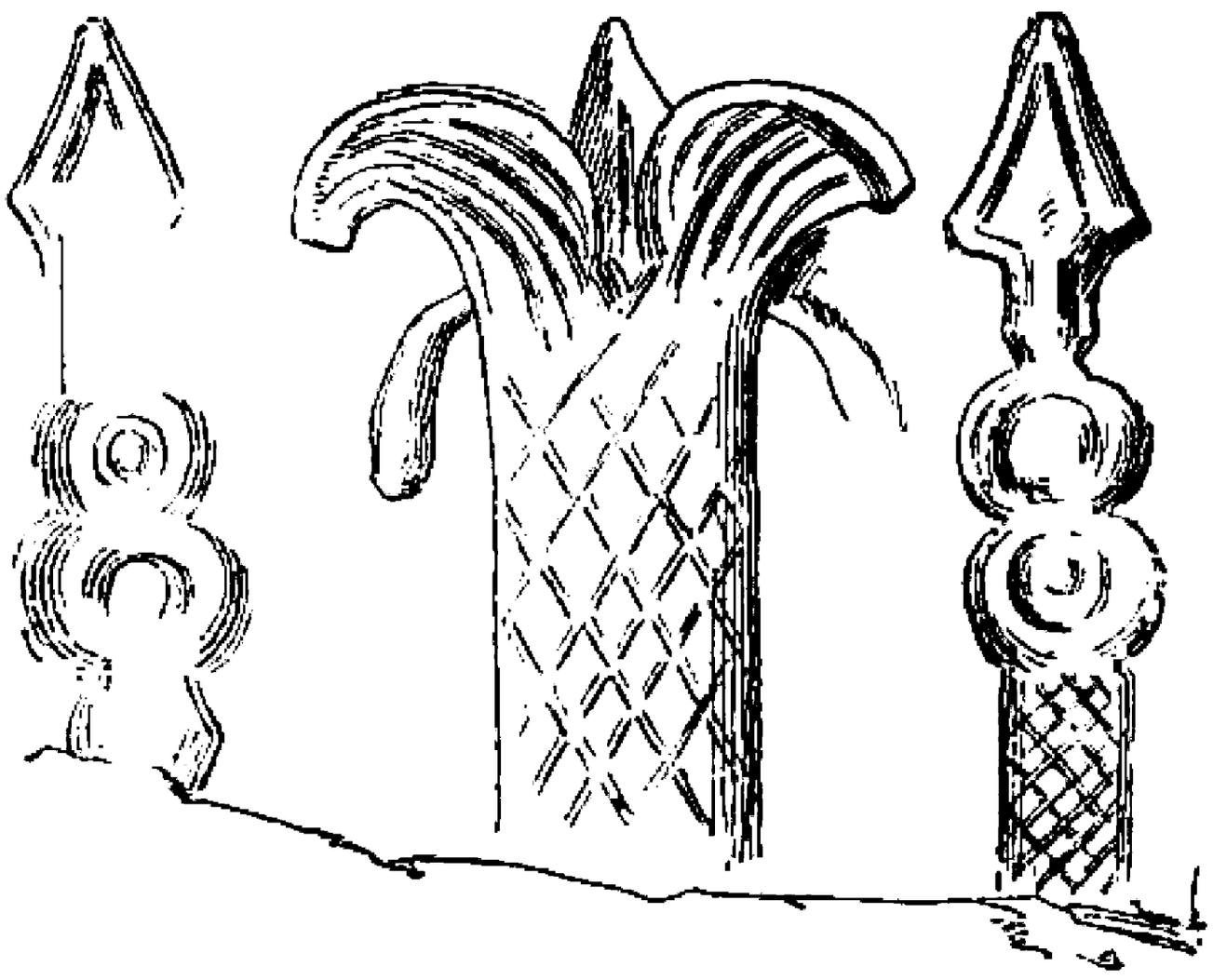
roue d'un vaisseau. D'autres, en très grand nombre, ortent des ancres, des gouvernails, etc. Les armes sont lus rares; citons cependant un palmier entre deux iques que l'on peut voir sur une des pierres échappées u désastre du *Magenta*. Encore ces piques ne sont-elles as des armes mais des enseignes analogues à celles des



Stèle ornée.

armées romaines, comme le montre le double renflement qui se voit au-dessous du fer. Mentionnons encore une panoplie remarquable surtout en ceci : que la forme conique du casque qui la surmonte prouve que le casque célèbre trouvé sur le champ de bataille de Cannes et qui a cette forme appartenait bien à un des soldats d'Hannibal.

Des instruments de toute nature, marteaux, haches burins, herminettes, etc., des vases sacrés, des candé labres, des charrues, un chariot à échelles, aux roue pleines et basses et à un seul timon, sont les objet qu'on remarque sur les autres stèles votives rapportée d'Afrique par M. de Sainte-Marie. « Que l'on compare dit M. Duruy, ce qu'il est sorti de monuments précieu de la petite ville de Pompei avec ce que nous livre l temple de Tanit, et, quelque grande que l'on fasse la part des profanations et du pillage, on n'échappera pas



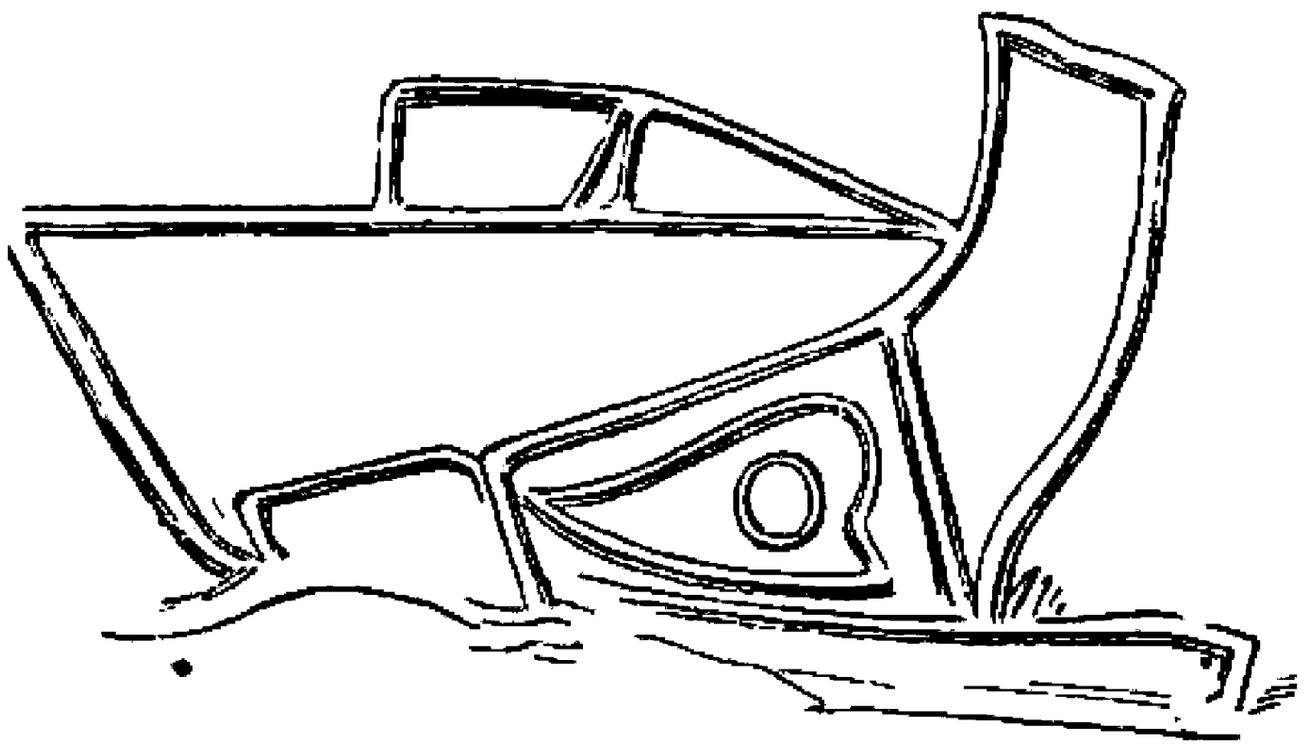
Palmier entre deux piques.

à la pensée que les Carthaginois, malgré le voisinage de la Sicile, n'ont eu qu'un art grossier. »

Nous nous permettrons de n'être pas ici de l'avis de l'éminent historien. Ne se peut-il pas que ces images, qu'il ne nous viendra certes pas à l'esprit de comparer aux bas-reliefs de Pompéi et dont la naïveté, nous le reconnaissons volontiers touche parfois au grotesque, soient des images traditionnelles et en quelque sorte hiératiques ? C'est un des caractères propres à toutes les religions, tant anciennes que modernes, de s'attacher invariablement aux formes qui étaient ou que l'on croit avoir été en usage à l'origine.

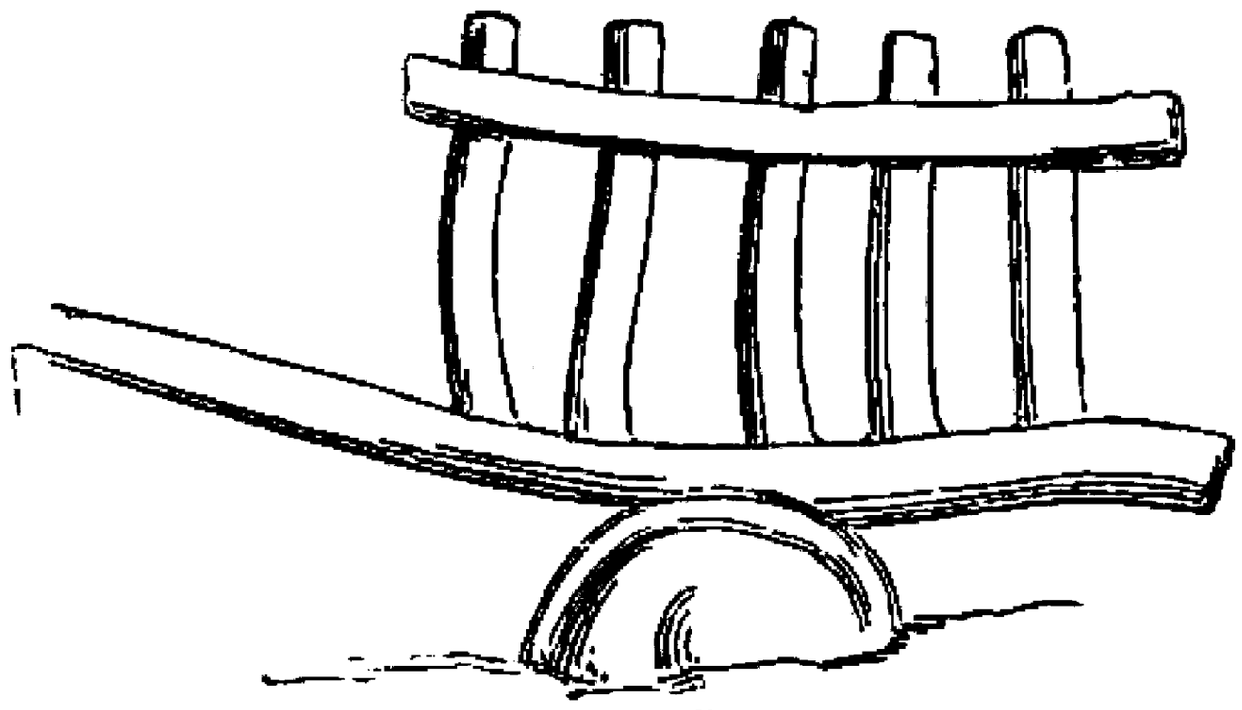
Ne voyons-nous pas le costume ecclésiastique demeurer à peu près invariable au milieu des transformations continuelles de la mode ?

La vieille écriture de la Daterie romaine n'est-elle



Charrue.

pas restée la même pendant des siècles, bien qu'elle soit d'une lecture si difficile pour qui n'a pas fait de



Chariot.

la paléographie une étude spéciale, que les pontifes ont été maintes fois obligés de joindre une copie en écriture ordinaire à l'original qu'ils envoyaient afin que le destinataire pût en prendre connaissance ?

Les bulles de plomb même aux époques de raffinement artistique, n'ont-elles pas reproduit presque con-

stamment le type barbare de celles dont les papes du moyen âge scellaient leurs actes ?

Que conclure de tout cela ? Qu'il ne faut pas trop se hâter de porter un jugement sur l'état des arts dans les différentes colonies phéniciennes. Les rares monuments carthaginois retrouvés jusqu'à ce jour sont d'une grossièreté incontestable. Mais la prudence nous engage à ne pas affirmer que ce peuple n'en ait jamais produit que de semblables. Qui sait si demain une découverte nouvelle ne viendrait pas donner à notre assertion trop absolue un formel démenti ?

V

POMPEI ET HERCULANUM

Quittons maintenant l'Orient, où nous sommes restés jusqu'alors, et que notre Odyssée, comme celle d'Ulysse se poursuive jusqu'en Occident et aux rives fortunées de l'Italie. Ici ce ne sont plus des civilisations antiques, douteuses en quelque sorte, et plus imposantes par leur masse qu'intéressantes par leurs détails, que nous allons rencontrer. Ce sont nos sœurs aînées, la Grèce et Rome, qui, dans les champs où nous abordons, ont vécu ensemble et se sont données la main.

Cette heureuse terre, *Campania felix*, eut cette destinée de servir de trait d'union aux peuples de l'Orient et de l'Occident. Grecs, Africains et Italiens unirent là et confondirent leurs aspirations et leurs goûts. Le pays de Naples, « ce doux coin du ciel tombé sur la terre », fut toujours adoré par ses habitants, envié ou regretté de ceux qui l'avaient vu une fois seulement. Encore aujourd'hui, c'est un proverbe italien : « Voir Naples et mourir. »

Tout y était fait pour la vie molle, insoucieuse, épicurienne. Là une civilisation à son enfance devait mettre son Éden : c'était là, d'après Homère, que les fleuves de lait coulaient dans les prairies. Là surtout une civilisation à son déclin devait porter tout l'effort de son luxe,

se bercer mollement au doux balancement des vagues du beau golfe et s'endormir dans une longue et charmeuse rêverie, loin de la préoccupation des misères humaines et de la crainte des dieux.

C'est l'impression mystérieusement douce qui se dégage de cette côte et qu'exprime l'harmonieux vers du poète :

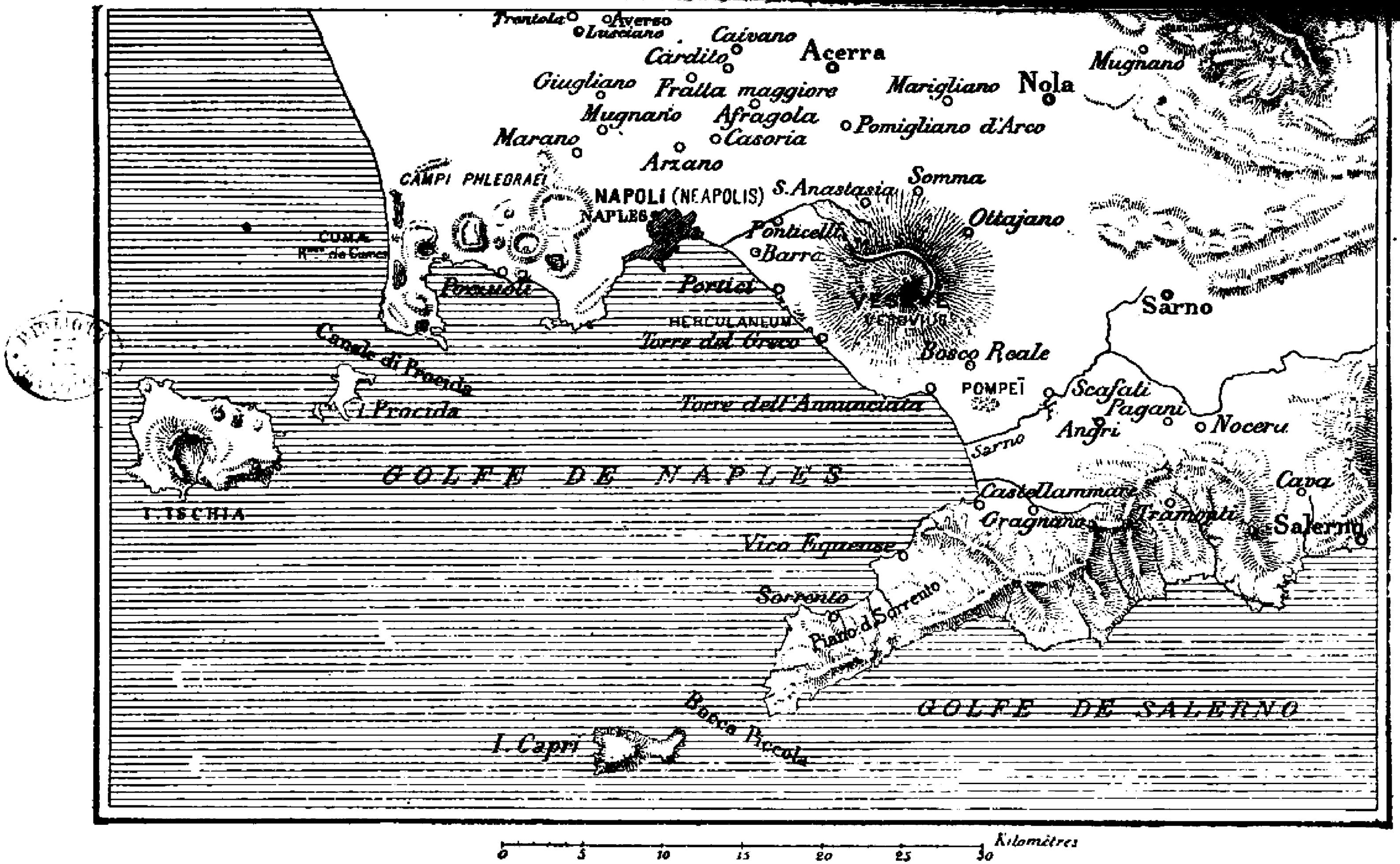
Sorrente m'a rendu mon doux rêve infini.

Cependant, la félicité de cette terre où les villages, les bourgs et les villes se pressaient l'un contre l'autre, où les amateurs et les lettrés de la capitale venaient se reposer de leurs fatigues, et quelquefois attendre la mort dans le calme et le repos de la nature, cette félicité, dis-je, n'était peut-être qu'apparente. Il y avait deux ennemis cachés qui guettaient cette riche proie, et ce coin de paradis n'était pas loin d'une des bouches de l'enfer.

Il y avait là, disons-nous, deux périls graves : on pouvait craindre l'eau et on pouvait craindre le feu. Ce sont là les deux ennemis que l'Italie redoute; l'eau qui envahit et transforme en marais puants les riches plaines couvertes de moissons; le feu qui mine, éclate, brûle, étouffe.

L'envahissement de l'eau était peu à craindre au moment où Romains et Grecs mêlés habitaient cette côte. Nous savons qu'elle avait été colonisée par les Étrusques; habiles à dessécher et à cultiver, ils avaient par des travaux séculaires établi la sécurité de la plaine. Il n'a pas fallu moins que des milliers de siècles d'abandon pour que le travail ancien fût perdu, et pour que nos yeux aient le triste spectacle qui frappe maintenant dans ces plaines :

« Aujourd'hui, Baia, le délicieux séjour des nobles romains; Pœstum, avec ses champs de roses, tant aimés d'Ovide, *tepidi rosaria Pœsti*; la riche Capoue, et Cumes,



Carte de la Campanie.

qui fut un temps la plus puissante cité de l'Italie, et Sybaris, qui en était la plus voluptueuse, sont au milieu d'eaux stagnantes et fétides, dans la plaine fiévreuse, *febbrosa* « où la terre pourrie mange plus d'hommes qu'elle ne peut en nourrir ». Les miasmes pestilentiels, la solitude et le silence ont aussi reconquis les bords du golfe de Tarente, 190 kilomètres de côtes; dans le Latium, 130 kilomètres carrés de pays furent abandonnés aux influences délétères[1]. »

Mais, nous l'avons dit, ce danger qui nous apparaît maintenant dans une si triste réalité était conjuré, aux temps anciens, rien que par le soin avec lequel étaient entretenus les premiers travaux d'asséchement.

L'autre péril que nous avons signalé, le feu, était totalement oublié. A cet égard, on vivait dans une sécurité parfaite; les villes, les villages, les riches maisons de campagne s'entassaient, se pressaient sur les bords de la mer, au pied de la montagne. Des populations actives, industrieuses s'agitaient comme les abeilles auprès des ruches et tiraient parti de la situation exceptionnelle de la contrée; plus de 40 000 âmes à Pompei; partout, à Herculanum, à Stabies, à Stola, à Veseris, à Sorrente, sans parler de Naples, une population dense, de commerçants, de marins, et de *villégiateurs* qui vivaient sans autre souci que ceux de la vie présente et sans songer au terrible réveil qui les menaçait.

Strabon, géographe observateur, qui visita cette région quelque temps avant la catastrophe, s'écrie : « C'est le plus heureux pays que l'on connaisse! » et il ajoute avec insouciance en parlant du volcan éteint : « Au-dessus de ces lieux est situé le mont Vésuve, entouré de toutes parts de campagnes fertiles, mais dont le sommet presque plat est entièrement stérile. Son sol, à la surface, a l'apparence de la cendre, et on y retrouve l'entrée de cavernes profondes qui s'ouvrent dans tous les

[1] Duruy.

sens; les pierres paraissent, à leur couleur noire, avoir été brûlées par le feu, tellement qu'il y a lieu de conjecturer que, dans l'antiquité, cette montagne fut un volcan *qui s'est éteint faute d'aliments.* »

Strabon ne se doutait guère, et les habitants du pays pensaient moins encore que ce volcan se rallumerait un jour et que ces laves refroidies auxquelles ils attribuaient la fertilité de leurs champs, n'étaient que les précurseurs de celles qui devaient les ensevelir bientôt sous leur épouvantable déluge.

Bien des symptômes menaçants eussent dû cependant tenir leurs esprits dans une anxieuse et perpétuelle attente. A lui seul, l'ancien nom du pays eût suffi. En effet, si la province entière s'appelait l'heureuse Campanie, la partie qui avoisinait les bords de la mer avait été autrefois désignée sous le nom de *champs de flamme: campi phlægræi*, et Diodore de Sicile nous apprend que ce nom avait été donné en souvenir des feux que le Vésuve lançait autrefois comme l'Etna et dont les traces subsistaient dans tout le voisinage.

C'était là encore que la légende plaçait le lieu de la lutte des Titans contre les dieux; ils avaient voulu, disait-on, escalader l'Olympe, et l'Etna lui-même n'était rien autre que le tombeau sous lequel l'un d'entre eux vomissait sa rage et son haleine enflammée contre le ciel; quelle autre allégorie que celle des volcans en éruption se cachait sous cette ancienne légende?

C'était là encore que vivait autrefois ce monstrueux Cacus dont la massue d'Hercule avait pu seule débarrasser la contrée. La longue troupe de bœufs emmenée par le héros hors de la caverne du monstre, qu'était-ce autre chose que la fertilité et les gras pâturages rendus à la région, après le desséchement de quelque horrible maremme?

Non loin de là on rencontrait le cap Misène, que la mort de Palinure avait rendu célèbre; et en face Caprée, où le sombre tyran Tibère avait cherché la solitude;

Puteoli, au nom sinistre; Baia, réputée par ses eaux thermales « également propres, dit Strabon, au pur délassement de ceux qui s'y baignent et à la guérison des malades », mais, à coup sûr, indices significatifs de la nature volcanique du terrain; plus haut enfin, nous l'avons dit déjà, s'ouvrait horriblement une des bouches de l'enfer : c'était le lac Averne, au-dessus duquel les oiseaux ne volaient pas impunément « *quem non impune volantes* »... Sur ses bords, d'après la tradition, avait eu lieu l'évocation des mânes par Ulysse, et là avait parlé l'oracle des morts : « Aujourd'hui, ajoute encore Strabon, que la forêt qui obombrait les contours du lac Aornus a été abattue par les ordres de Marcus Agrippa, que les arbres ont été remplacés par un grand nombre d'édifices et que l'on a vu percer la route souterraine qui conduit de l'Aornus à Cyme, le mythe est dévoilé. »

Certes, le scepticisme de siècles plus avancés pouvait se railler élégamment des anciennes légendes; mais l'attention des hommes ne devait pas se détourner de l'observation des phénomènes dangereux que le mythe — dévoilé maintenant — avait signalés autrefois.

Ce n'était pas assez des anciens récits et des vieux noms, traces confuses de souvenirs à peu près effacés; la terre elle-même, dans les derniers temps, plusieurs fois avait parlé. Des secousses plus ou moins violentes avaient remué le sol de la Campanie. On commençait même à s'y habituer, et Pline le Jeune l'observe.

Le 5 février de l'an 63, un avertissement plus terrible encore avait été donné. Sénèque dit : « Pompei, ville considérable de la Campanie, qu'avoisinent d'un côté le cap de Sorrente et Stabies et, de l'autre, le rivage d'Herculanum, entre lesquels la mer s'est creusé un rivage riant, fut abîmée par un tremblement de terre dont souffrirent tous les alentours, et cela en hiver, saison privilégiée contre ces sortes de périls, au dire habituel de nos pères. Cette catastrophe eut lieu le jour des nones de février, sous le consulat de Régulus et de

Virginius. La Campanie qui n'avait jamais été sans alarme, bien qu'elle fût restée sans atteinte et n'eût payé au fléau d'autre tribut que la peur, se vit cette fois cruellement dévastée. Outre Pompei, Herculanum fut en partie détruite, et ce qui en reste n'est pas bien assuré. La colonie de Nuceria, plus respectée, n'est pas sans avoir à se plaindre. A Naples, beaucoup de maisons particulières ont péri; mais les édifices publics ont résisté : l'épouvantable désastre n'a fait que l'effleurer. Des villas furent ébranlées sans éprouver d'autres dommages. On ajoute qu'un troupeau de six cents moutons perdit la vie, que des statues se fendirent et qu'on vit errer dans la campagne des malheureux auxquels la frayeur avait fait perdre la raison. »

Cette fois, le drame était bien réellement ouvert. Sans que le volcan eût encore rendu béante aucune de ses bouches redoutables, du moins on devait sentir que quelque chose de sombre et de terrible se préparait dans ses flancs. Une fausse sécurité n'en régna pas moins bientôt dans tout le voisinage. Les maisons ruinées se relevèrent rapidement; les statues des dieux abattues reprirent leur place et rendirent, s'il en fut besoin, de nouveaux oracles; les temples avaient été démolis; on se mit à les relever sur de nouveaux plans et avec un luxe plus grand encore; le forum de Pompei, qui avait si gravement souffert, fut repris et reconstruit sur de nouvelles bases. Les édiles soigneux profitèrent du désastre pour inaugurer un alignement plus régulier; on se mit à l'ouvrage avec ardeur, et bientôt presque il n'y parut plus.

Dix-sept ans n'étaient pas écoulés, et le souvenir de ce grand malheur n'existait plus guère que dans la mémoire de quelques vieillards, porteurs de mauvais présages, quand tout à coup, sur la fin du mois d'août alors qu'une chaleur torride accablait hommes et animaux; au milieu d'une de ces journées brûlantes, africaines, qui à cette époque de l'année ne sont pas rares

dans le sud de l'Italie, tout à coup un hideux nuage rougeâtre s'éleva sur l'horizon, et comme un immense pin, arbre de mort, couvrit les campagnes et les villes de son ombre. Les feux souterrains avaient enfin fait voler en éclat le couvercle qui les cachait depuis tant de siècles. Le volcan était rallumé pour ne plus s'éteindre.

Laissons maintenant parler un témoin oculaire de la catastrophe; c'est Pline le Jeune : « Vous me priez, écrit-il à Tacite, de vous apprendre au vrai comment mon oncle est mort [1], afin que vous puissiez en instruire la postérité. Je vous en remercie, car je conçois que sa mort sera suivie d'une gloire immortelle si vous lui donnez place dans vos écrits. Quoiqu'il ait péri par une fatalité qui a désolé de très beaux pays, et que sa perte, causée par un accident mémorable et qui lui a été commun avec des villes et des peuples entiers, doive éterniser sa mémoire; quoiqu'il ait fait bien des ouvrages qui dureront toujours, je compte pourtant que l'immortalité des vôtres contribuera beaucoup à celle qu'il doit attendre. Pour moi, j'estime heureux ceux à qui les dieux ont accordé le don ou de faire des choses dignes d'être écrites, ou d'en écrire de dignes d'être lues, et plus heureux encore, ceux qu'ils ont favorisés de ce double avantage. Mon oncle tiendra son rang entre ces derniers et par vos écrits et par les siens, et c'est ce qui m'engage à exécuter plus volontiers des ordres que je vous aurais demandés.

« Il était à Misène, où il commandait la flotte. Le 23e d'août, environ une heure après midi, ma mère l'avertit qu'il paraissait un nuage d'une grandeur et d'une figure extraordinaires. Après avoir été quelque temps couché au soleil, selon sa coutume, et avoir pris un bain d'eau froide, il s'était jeté sur un lit où il étudiait. Il se lève et monte en un lieu d'où il pouvait

[1] C'est Pline l'Ancien, le célèbre auteur de l'*Histoire naturelle*, mort digne de lui, homme digne de mourir ainsi.

aisément observer ce prodige. Il était difficile d'observer de loin de quelle montagne sortait ce nuage; l'événement a découvert, depuis, que c'était du mont Vésuve; sa forme approchait d'un arbre et de celle d'un pin plus que de tout autre; car, après s'être élevé fort haut en forme de tronc, il étendait une espèce de feuillage. Je m'imagine qu'un vent souterrain violent le poussait d'abord avec impétuosité et le soutenait; mais, soit que l'impulsion diminuât peu à peu, soit que ce nuage fût affaissé par son propre poids, on le voyait s'élargir et se répandre; il paraissait tantôt blanc, tantôt noirâtre et tantôt de diverses couleurs, selon qu'il était plus chargé ou de cendre ou de terre. Ce prodige surprit mon oncle, qui était très savant, et il le crut digne d'être examiné de plus près. Il commande que l'on apprête sa frégate légère et me laisse la liberté de le suivre. Je lui répondis que j'aimais mieux étudier, et, par hasard, il m'avait donné lui-même quelque chose à écrire.

Il sortait de chez lui, ses tablettes à la main, lorsque les troupes de la flotte qui étaient à Rétina, effrayées par la grandeur du danger (car ce bourg est précisément en face de Misène et on ne s'en pouvait sauver que par la mer), vinrent le conjurer de vouloir bien les garantir d'un si affreux péril. Il ne changea pas de dessein et poursuivit avec un courage héroïque ce qu'il n'avait entrepris d'abord que par simple curiosité. Il fait venir des galères, monte lui-même dessus, et part dans le dessein de voir quels secours on pouvait donner non seulement à Rétina, mais à tous les autres bourgs de cette côte, qui sont en grand nombre à cause de sa beauté. Il se presse d'arriver au lieu d'où tout le monde fuit et où le péril paraissait plus grand, mais avec une telle liberté d'esprit qu'à mesure qu'il apercevait quelque mouvement ou quelque figure extraordinaire dans ce prodige, il faisait ses observations et les dictait.

Déjà sur ses vaisseaux volait la cendre, plus épaisse

et plus chaude à mesure qu'ils approchaient; déjà tombaient autour d'eux des pierres calcinées et des cailloux tout noirs, tout brûlés, tout pulvérisés par la violence du feu; déjà la mer semblait refluer et le village devenir inaccesible par des morceaux entiers de montagne dont il était couvert, lorsque, après s'être arrêté quelques moments, incertain s'il retournerait, il dit à son pilote, qui lui conseillait de gagner la pleine mer : *La fortune favorise le courage. Tournez du côté de Pomponianus*. Pomponianus était à Stabie, en un endroit séparé par un petit golfe que forme insensiblement la mer sur ces rivages qui se courbent. Là, à la vue du péril, qui était encore éloigné, mais qui semblait s'approcher toujours, il avait retiré tous ses meubles dans ses vaisseaux, et n'attendait pour s'éloigner qu'un vent moins contraire.

Mon oncle, à qui ce vent avait été très favorable, l'aborde, le trouve tout tremblant, l'embrasse, le rassure, l'encourage, et, pour dissiper par sa sécurité la crainte de son ami, se fait porter au bain. Après s'être baigné, il se met à table et soupe avec toute sa gaieté ou (ce qui n'est pas moins grand) avec toutes les apparences de sa gaieté ordinaire.

Cependant on voyait luire, de plusieurs endroits du mont Vésuve, de grandes flammes et des embrasements dont les ténèbres augmentaient l'éclat. Mon oncle, pour rassurer ceux qui l'accompagnaient, leur dit que ce qu'ils voyaient brûler c'étaient des villages que les paysans alarmés avaient abandonnés et qui étaient restés sans secours. Ensuite, il se coucha et dormit d'un profond sommeil; car, comme il était puissant, on l'entendait ronfler de l'antichambre. Mais enfin la cour par où on entrait dans son appartement commençait à se remplir si fort de cendres que, pour peu qu'il fût resté plus longtemps, il ne lui aurait plus été libre de sortir. On l'éveille; il sort et va rejoindre Pomponianus et les autres, qui avaient veillé.

Ils tiennent conseil et délibèrent s'ils se renfermeront dans la maison ou tiendront la campagne; car les maisons étaient tellement ébranlées par les fréquents tremblements de terre, que l'on aurait dit qu'elles étaient successivement arrachées de leurs fondements et remises à leur place. Hors de la ville, la chute des pierres, quoique légères et desséchées par le feu, était à craindre. Entre ces périls, on choisit la rase campagne. Chez ceux de sa suite, une crainte surmonta l'autre; chez lui la raison la plus forte l'emporta sur la plus faible. Ils sortent donc et se couvrent la tête d'oreillers attachés avec des mouchoirs, ce fut toute la précaution qu'ils prirent contre ce qui tombait d'en haut. Le jour recommençait ailleurs; mais dans le lieu où ils étaient, continuait la nuit, la plus sombre et la plus affreuse de toutes les nuits, et qui n'était un peu dissipée que par la lueur d'un grand nombre de flambeaux et d'autres lumières.

On trouva bon de s'approcher du rivage et d'examiner de près ce que la mer permettait de tenter; mais on la trouva encore fort grosse et fort agitée d'un vent contraire. Là, mon oncle, ayant demandé de l'eau et bu deux fois, se coucha sur un drap qu'il fit étendre. Ensuite des flammes qui parurent plus grandes et une odeur de soufre qui annonçait leur approche mit tout le monde en fuite. Il se lève, appuyé sur deux valets, et dans le moment tombe mort. Je m'imagine qu'une fumée trop épaisse le suffoqua, d'autant plus aisément qu'il avait la poitrine faible et souvent la respiration embarrassée.

Lorsque l'on commença à revoir la lumière (ce qui n'arriva que trois jours après), on retrouva au même endroit son corps entier couvert de la même robe qu'il avait quand il mourut, et dans la posture plutôt d'un homme qui repose que d'un homme qui est mort. Pendant ce temps, ma mère et moi nous étions à Misène. Mais cela ne regarde plus votre histoire; vous ne voulez

être informé que de la mort de mon oncle. Je finis donc, et je n'ajoute qu'un mot : c'est que je ne vous ai rien dit que je n'aie ou vu ou appris dans ces moments où la vérité de l'action qui vient de se passer n'a pu être altérée. C'est à vous de choisir ce qui vous paraîtra plus important. Il y a bien de la différence entre écrire une lettre ou une histoire, écrire pour un ami ou pour la postérité. Adieu.

Pour compléter ces détails sur l'étendue et la nature du désastre, il nous suffira d'ajouter ici quelques-unes des observations que la science moderne a faites sur les plus modernes éruptions du Vésuve. Michelet les a résumées dans les premières pages de son *Histoire romaine* : « Herculanum, dit-il, est ensevelie sous une masse épaisse de quatre-vingt-douze pieds. Il fallut presque, pour produire un pareil entassement, que le Vésuve se lançât lui-même dans les airs.

« Nous avons des détails précis sur plusieurs éruptions, entre autres sur celle de 1794. Le 12 juin, de dix heures du soir à quatre heures du matin, la lave descendit à la mer sur une longueur de 12 000 pieds et une largeur de 1500 ; elle y poussa jusqu'à la distance de 60 toises.

« Le volcan vomit des matières équivalant à un cube de 2 804 400 toises. La ville de Torre del Greco, habitée de 15 000 personnes, fut renversée. A dix ou douze milles du Vésuve, on ne marchait, à midi, qu'à la lueur des flambeaux. La cendre tomba à la hauteur de quatorze pouces et demi, à trois milles autour de la montagne. La flamme et la fumée montaient trois fois plus haut que le volcan. Puis vinrent quinze jours de pluies impétueuses, qui emportaient tout, maisons, arbres, ponts, chemins. Des moffettes tuaient les hommes, les animaux, les plantes jusqu'à leurs racines, excepté les poiriers et oliviers, qui restèrent verts et vigoureux.

« Ces désastres ne sont rien encore en comparaison de l'épouvantable tremblement de terre de 1783, dans le-

quel la Calabre crut être abîmée. Les villes et les villages s'écroulaient; des montagnes se renversaient sur les plaines. Des populations, fuyant les hauteurs, s'étaient réfugiées sur le rivage : la mer sortit de son lit et les engloutit. On évalue à 40 000 le nombre des morts [1]. »

On peut, à ces traits à la fois historiques et scientifiques, se faire une idée de l'étendue du premier désastre et de la terreur qui dut frapper soudainement les habitants de ces fertiles rivages. L'Italie entière ressentit la terrible secousse; à Rome, le soleil se cacha, comme au jour de la mort de César.

Cum caput obscura nitidum ferrugine texit
Impiaque æternam timuerunt sæcula noctem.

Des tourbillons de cendre furent emportés, dit-on, jusqu'en Égypte, jusqu'en Asie.

Le monde entier prit sa part du deuil immense qui frappait la Campanie.

Ici, cinq villes, sans compter les bourgs, les villages et les maisons de plaisance, cinq villes disparurent complètement; Herculanum, Retina et Oplonte, enfouies sous une couche durcie de laves; Pompei et Stabie, recouvertes seulement d'un linceul de cendres légères et de ces petites pierres nommées en Italie *lapilli*.

On a beaucoup répété, — et un roman célèbre a rendu populaire cette affirmation, — que le désastre avait été tellement subit que les habitants des villes voisines n'avaient pu échapper; on ajoutait que la catastrophe avait surpris les Pompéiens dans un jour de fête, la foule étant assemblée au théâtre, et que la plus grande partie des spectateurs avait été ensevelie. Le récit de Dion, sur lequel est appuyé cette tradition, est absolument erroné. L'on ne peut croire, d'après ce que

[1] Michelet, *Hist. Rom.*, t. Ier, p. 31.

dit Pline et d'après les études faites sur les éruptions postérieures du Vésuve, que celle dans laquelle périt Pompei ait pu avoir un caractère aussi brusque ; d'ailleurs, le petit nombre de morts trouvés dans les fouilles, et surtout l'absence complète de cadavres dans l'amphithéâtre, mis absolument à jour, suffit pour infirmer le récit de l'historien grec.

Il n'en est pas moins vrai que tous les habitants de la contrée furent saisis au milieu de leurs occupations habituelles et journalières ; que, s'ils eurent le temps de se sauver, — au moins en partie, — ils durent laisser dans leurs demeures ce qu'ils avaient de plus précieux : argent, bijoux, statues des dieux, meubles de luxe, tout ce qu'on emporte dans les catastrophes de ce genre. On a remarqué seulement que, plus tard, des fouilles furent pratiquées pour rechercher quelques-uns des objets les plus précieux. Probablement, plusieurs des malheureux fugitifs revinrent là creuser quelque trou et percer quelques murailles, espérant rencontrer des débris de leur ancienne fortune ; mais ces recherches n'eurent rien de général. Le gouvernement de l'empire, — Titus régnait en ce temps-là, — sembla d'abord s'intéresser au sort de ces malheureuses populations ; on parla même de rebâtir les villes détruites. Mais la mort de Titus et peut-être la crainte de nouveaux désastres empêchèrent que ces projets fussent jamais mis à exécution.

Peu à peu l'oubli s'étendit sur la mémoire de ces villes que la cendre ensevelissait si profondément ; c'est à peine si quelques curieux, dans l'antiquité, y firent faire des fouilles. A la longue, d'autres malheurs plus actuels et plus sensibles, l'appauvrissement de l'Italie, la ruine de l'empire lui-même, enfin l'invasion des barbares, achevèrent ce que le temps seul eût suffi à accomplir : on n'y pensa plus.

A peine si le nom transmis traditionnellement dans la bouche des hommes du pays, quelque mention suc-

cincte gisant au fond des bibliothèques monacales, ou la rencontre hasardeuse d'un marbre, d'un bronze, d'une pierre antique faite par un paysan remuant la terre, pouvaient encore apprendre au monde que là, à quelques pieds sous le sol, gisaient tout entières des villes qui avaient été grandes et florissantes, et que quelques coups de bêche suffiraient à tirer de leur long sommeil.

Des siècles s'écoulèrent.

En 1592, le gouvernement napolitain fit creuser un canal pour dériver le Sarno ; il se trouva qu'il traversait de part en part les ruines de Pompei. Pour l'exécuter, il fallait à chaque instant percer des pans de murailles, écarter les pierres de l'ancienne ville. Qui croirait que de pareilles rencontres passèrent en quelque sorte inaperçues, et qu'à une époque où l'on s'occupait si activement d'exhumer les restes de la civilisation et des arts antiques, on ne songea pas à reconnaître les ruines que l'on venait de heurter par hasard ?

Un siècle plus tard, ou peu s'en faut, un boulanger de Portici creusait un puits. Il tomba juste au milieu du théâtre d'Herculanum : l'envie de se procurer des objets d'art anciens éveilla l'attention du prince d'Elbeuf, qui se trouvait alors dans le pays à la tête d'une armée impériale. Il acheta le terrain, fit continuer les fouilles et trouva plus qu'il ne pensait. Il cherchait quelques marbres et rencontra une ville.

Cette fois, Herculanum était découverte.

La chose fit du bruit dans le monde. On entrait alors dans le dix-huitième siècle, siècle de fécondes recherches et d'inquiète curiosité. Quoique le gouvernement de Naples eût fait d'abord suspendre les fouilles ; sous la pression de l'opinion publique on dut bientôt les reprendre. Avec un esprit d'avidité plutôt que de science, on déblaya une partie de la ville, recueillant les œuvres d'art et les objets précieux, fouillant à la hâte les maisons, les temples, les théâtres qui apparaissaient successivement. Le butin ramassé, on se

hâtait de recouvrir de nouveau les précieux restes qui un instant avaient revu le jour. Les objets d'art que l'on avait trouvés étaient eux-mêmes traités avec une négligence impardonnable; on ne les sauvait de l'oubli que pour les livrer, en partie, à une définitive destruction.

Cependant, ces résultats, si imparfaits qu'ils fussent, avaient déjà levé une rumeur considérable dans le monde des savants. Des travaux nombreux paraissaient de jour en jour, des opinions diverses étaient soutenues à l'occasion de ces précieux restes de l'antiquité. Une découverte nouvelle vint donner aux recherches et aux études une décisive impulsion.

Un cultivateur, labourant au lieu dit la *Cività*, heurta un bronze ancien. On chercha tout autour. C'était plus facile qu'à Herculanum; là-bas, il fallait à coup de pioche briser la lave durcie par le feu; ici, la pelle suffisait pour écarter les cendres et les petites pierres. Les travaux allèrent vite; ce qu'on trouvait d'ailleurs était fait pour les activer. On avait découvert Pompei.

Dès lors les travaux d'Herculanum furent presque totalement abandonnés; tous les efforts furent dirigés vers la ville nouvellement apparue. Les gouvernements successifs s'appliquèrent avec plus ou moins de zèle à fournir les fonds nécessaires pour que le travail ne fût jamais totalement interrompu. Il faut mentionner en particulier la direction donnée par le général Championnet en 1799, lors de l'occupation française; le soin que mit J. Murat à suivre cette impulsion, et enfin l'attention qui porte le gouvernement actuel à ne pas l'interrompre.

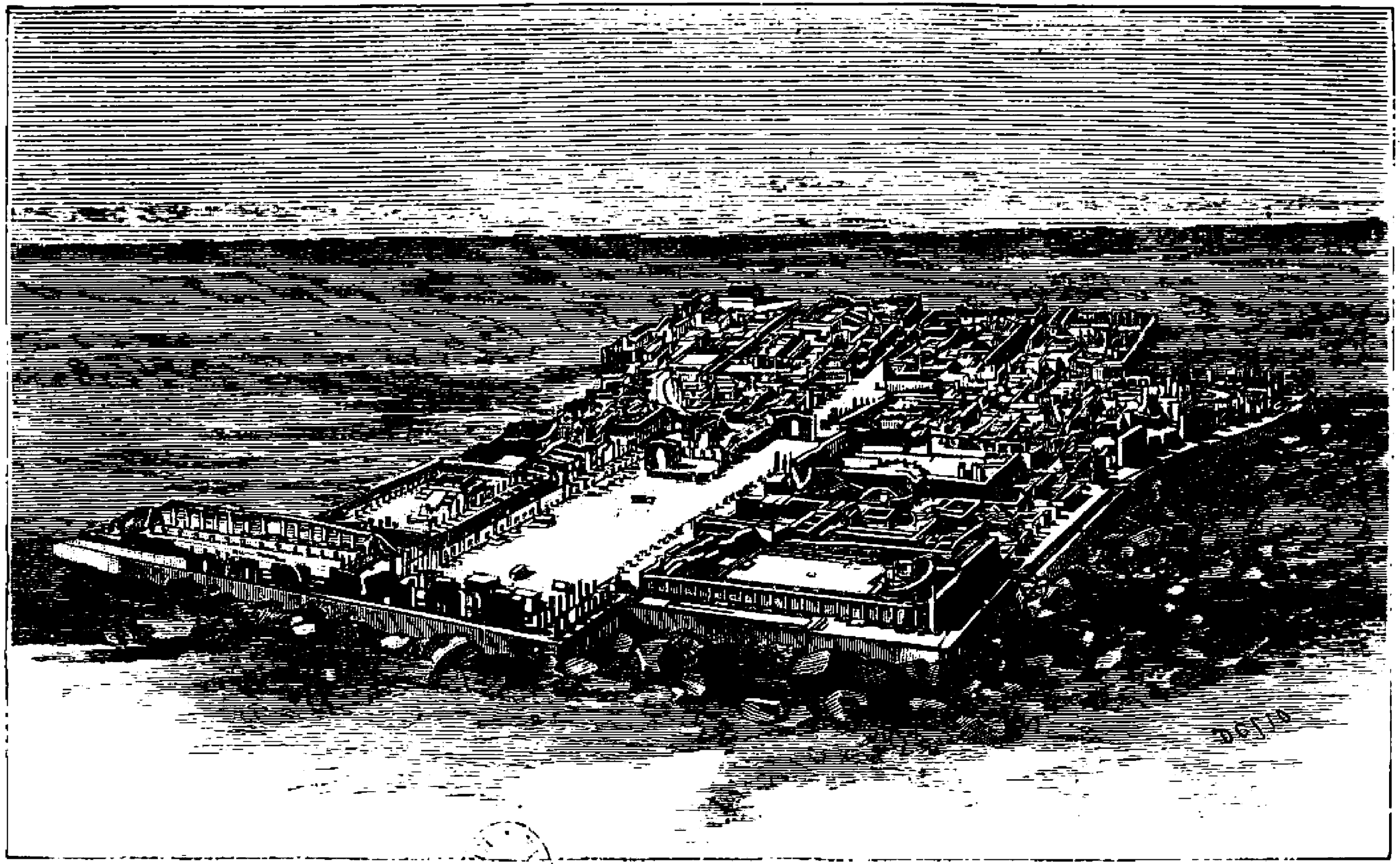
Dès 1824, la belle publication du *Museo Borbonico* pouvait donner une connaissance générale de l'ensemble des recherches et faire pénétrer intimement dans de nombreux détails; depuis lors, le courant de publications importantes n'a pas tari. Italiens, Français, Anglais, Allemands ont rivalisé de zèle; et de nos jours,

M. Fiorelli, mis par le gouvernement italien à la tête des fouilles, ne manque pas de tenir fréquemment le monde des curieux au courant des nouvelles découvertes.

Il faut avouer pourtant que, eu égard à la facilité du travail, l'impatience publique pourrait demander plus d'activité encore. Un siècle entier n'a pas suffi pour arracher de ses cendres Pompei tout entière. Un auteur qui a écrit sur la matière se console de cette lenteur par une observation qui ne manque pas de justesse. Les restes de ces anciennes villes maintenant remises au grand jour se trouvent par là même de nouveau sous l'influence de toutes les causes ordinaires de disparition qui peuvent frapper les œuvres des hommes. Elles sont donc maintenant condamnées inévitablement à une destruction à laquelle elles échappaient sous leurs cendres. Nous ne pouvons déjà apprécier que trop l'étendue de la rapidité du mal nouveau qui les frappe. Intempéries ou folles curiosités, incendies ou rapacités humaines ont suffi pour en détruire une bonne part. N'y aurait-il pas une sorte d'égoïsme à vouloir ravir trop vite à nos descendants le plaisir que nous avons nous-mêmes et que nos pères ont éprouvé à voir revivre, au moins pour un instant, dans toute leur fraîcheur et avec leur parfum d'actualité en quelque sorte, ces témoins de la civilisation romaine? Ménageons-leur une pareille jouissance. Elle ne dure qu'un instant et s'échappe pour ne plus revenir.

Quelle que soit la valeur de cette piquante observation, il est heureux pour nous que l'état actuel soit assez avancé et que les fouilles aient porté sur des points assez importants pour que nous puissions nous faire une idée absolument complète de l'apparence de la ville ancienne, des mœurs et des usages de ses habitants.

Une idée capitale et qu'il ne faut point perdre de vue dans l'étude des ruines de Pompei, c'est que nous n'avons affaire ici qu'à une ville de troisième ordre.



Pompei (état actuel).

Auprès des colossales cités que nous avons étudiées jusqu'ici, auprès des pylônes de Thèbes, des murailles de Ninive, de la légendaire antiquité de Troie, de l'histoire dramatique de Carthage, certes, ces nouvelles cités paraîtront bien modestes. Leur désastre seul les a rendues célèbres. Sans l'éruption de l'an 79 qui parlerait de Pompei et d'Herculanum?

Peut-être cependant, à le bien prendre, que leur importance, plus minime, n'est pas sans contribuer au charme qui nous attire vers elles. Il faut remarquer en effet que la soudaineté même de la catastrophe qui les a fait disparaître, a produit ce résultat heureux que la nature des restes est en quelque sorte proportionnée au peu de renom de ces cités italiennes.

C'est justement la vie intime, journalière, les petits faits de la civilisation, tout ce qui échappe au souvenir et ce qui se perd absolument, parce que l'histoire trouve indigne d'elle de s'en occuper, c'est là surtout ce qui a survécu au naufrage général des générations anciennes par le subit envelissement de ces foyers peu importants et par leur récente découverte. S'il se fût agi de quelque Rome, ou le désastre eût été réparé, — une grande ville ne meurt pas facilement; ou, au milieu de l'énorme entassement de faits qu'une découverte moderne eût présenté à l'étude, on se fût attaché de préférence aux traits dominants, aux monuments importants, aux grandes traces historiques que les recherches faites là n'eussent pas manqué de rencontrer à chaque pas.

Ici rien de tout cela. Chaque fait si minime qu'il soit attire l'étude, et la mérite. Il est relativement heureux qu'à côté des grandes ruines et des grands souvenirs qu'ont laissés d'autres lieux plus importants, ceux-ci nous aient fourni une somme de renseignements plus intimes et parfois plus directement émouvants.

C'est aussi une sorte de bonheur que, dans cette contrée heureuse et fertile, sous ce beau ciel de Naples, au milieu même de la Grande Grèce, la richesse des habi-

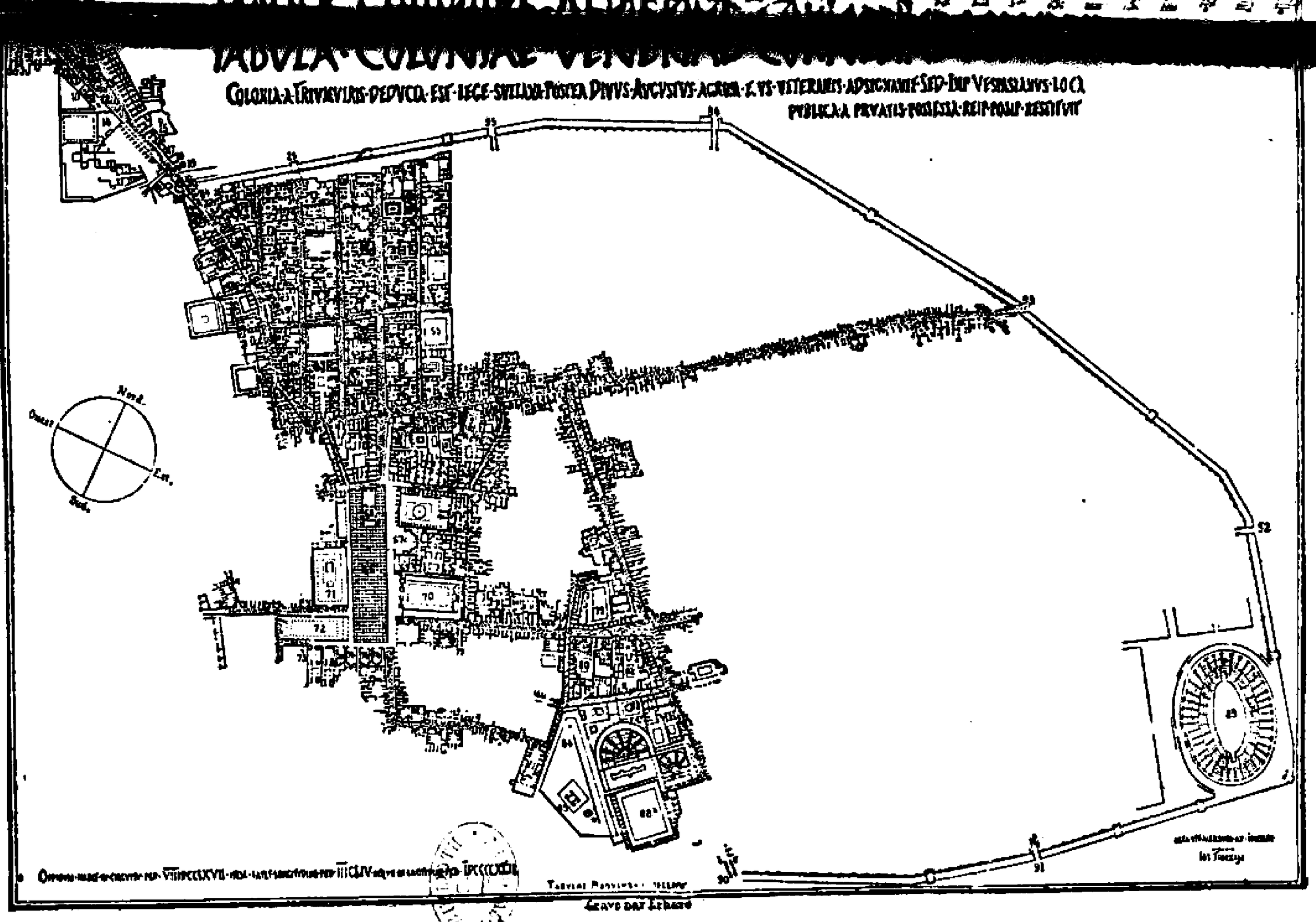
tants, l'élégance de la nature, l'état avancé de la civilisation aient toujours entretenu le goût des arts, l'amour du beau, de sorte que, comme a pu le dire Bulwer, « Pompei ait offert le tableau en miniature de la civilisation du siècle. Elle renfermait dans l'étroite enceinte de ses murs un échantillon de chaque objet de luxe que la richesse et la puissance pouvaient se procurer. Dans ses boutiques petites, mais brillantes, ses palais resserrés, ses bains, son forum, son cirque, dans l'énergie au sein de la corruption, et la civilisation au sein du vice qui distinguaient ses habitants, on voyait un modèle de tout l'empire. »

C'est donc le tableau d'une ville de province que nous allons donner ici ; mais d'une ville pleine de luxe, de confortable et d'élégance. N'oublions pas que c'est le lieu que Cicéron avait choisi pour sa retraite, et dont Sénèque parlait avec attendrissement au souvenir des belles années de sa jeunesse qui s'y étaient écoulées.

Pompei était une ville fortifiée d'une assez médiocre étendue. Le mur qui l'entourait lui donnait une forme assez sensiblement ovale, le plus grand axe se dirigeant de l'Ouest à l'Est, et le plus petit du Sud au Nord.

Au dehors de l'enceinte fortifiée, dans la direction d'Herculanum s'étendait un faubourg de création relativement moderne, qui portait le nom de *Pagus Augusto-felix*. Ce fut là que Sylla d'abord, Auguste plus tard cantonnèrent des colonies de vétérans chargés de surveiller la ville qui, comme le reste de la Campanie, avait pris part à la guerre sociale.

Ce faubourg est lui-même prolongé par la célèbre voie dite des *Tombeaux*. C'était là, comme sur les côtés de la voie Appia à Rome, que les riches Pompéiens élevaient à leurs morts de somptueux monuments funéraires : c'est par là que les touristes pénètrent habituellement dans la ville. Nous ne pouvons malheureusement



Plan des fouilles de Pompei.

dans ce trop court examen suivre l'itinéraire du voyageur plus intéressant peut-être et plus varié, mais à coup sûr moins clair et moins fait pour donner au lecteur une idée nette de la nature des découvertes et de l'ensemble des résultats auxquels on est parvenu jusqu'ici.

Nous allons tout simplement énumérer les monuments principaux sur lesquels s'est portée jusqu'ici l'attention des archéologues.

Plaçons-nous d'abord au point central de la cité : au forum. C'est là que se passaient les actes les plus importants de la vie publique qui, chez les anciens, tenait bien plus de place que chez nous. Là se discutaient les intérêts de la république ou du municipe, là se traitaient les affaires entre particuliers. Sous ses bruyants portiques se réunissaient les gens à nouvelles, tant ceux qui les cherchaient que ceux qui faisaient profession de les conter aux survenants ; là se rencontraient les plaideurs : le tribunal était à deux pas. Sans qu'il y eût besoin d'huissier, les parties en faisaient elles-mêmes l'office, et traînaient s'il le fallait devant le juge leur adversaire récalcitrant.

Temples, bourses, maisons d'école, *cercles* de fabricants et de marchands étaient établis dans le voisinage. Tous les intérêts publics se coudoyaient.

Les statues des dieux, des ancêtres, des magistrats et des bienfaiteurs de la cité s'élevaient silencieuses au milieu de cette agitation perpétuelle, inspiraient par leur présence les bons conseils, et rappelaient de nobles exemples.

Le forum à Pompei n'était pas situé au milieu de la ville. On l'avait mis comme il était d'usage dans toute ville maritime, du côté le plus voisin de la mer.

C'était une grande place de forme rectangulaire, mesurant 157 mètres de longueur sur 33 mètres de large. Elle était dallée en travertin, pierre dure et grisâtre très en usage en Italie. Tout autour elle était entourée

d'une colonnade formant portique, sauf sur le côté septentrional où s'élevait la façade du temple de Jupiter.

On pénétrait dans le forum par plusieurs entrées débouchant de préférence aux angles de la place. La plus importante de toutes, la seule par laquelle les voitures pussent pénétrer se trouvait à l'extrémité septentrionale et aboutissait près du temple de Jupiter. Elle terminait la rue du Forum, et était fermée par un arc de triomphe ornée de colonnes et de statues.

Du milieu du forum ayant devant nous le temple de Jupiter nous tournons le dos à la campagne, nous regardons la ville. De tous côtés près de nous, nous voyons les ruines des monuments publics les plus importants, à droite :

1° La *maison d'école* avec le renfoncement où se tenait le professeur, et les niches pratiquées dans la muraille, où les élèves mettaient livres et provisions.

2° Un édifice de forme singulière, de destination problématique auquel on a donné, du nom de la femme qui l'a élevé, l'appellation *d'édifice d'Eumachia*.

Des inscriptions que l'on a trouvées sur les murs de ce bâtiment nous apprennent qu'il a été construit aux frais de cette dame, elle-même prêtresse publique. On a découvert à l'intérieur de l'édifice une statue de femme en marbre, qui est précisément le portrait d'Eumachia et dont le piédestal porte l'inscription suivante : « A Eumachia fille de Lucius, prêtresse publique, les foulons. » Cette inscription et les dispositions générales de la construction ont fait penser que l'on avait affaire ici à une sorte de bourse, où les foulons, nombreux à Pompei, se réunissaient pour traiter de leurs affaires; à un édifice où s'assemblait selon un usage très répandu dans l'antiquité la corporation, qui, dans sa reconnaissance, éleva à sa bienfaitrice la statue dont nous venons de parler. Lorsqu'on découvrit ce monument vers 1820, on trouva dans ses ruines deux squelettes, l'un coiffé d'un casque, l'autre écrasé sous la chute d'une colonne.

eut-être est-ce le premier de ces squelettes, — sûre-ent celui d'un militaire, — qui a fourni à Bulwer épisode intéressant de ce soldat mourant à son poste ans bouger, pour ne pas enfreindre la consigne qui ui a été donnée, tandis que tout le monde fuit autour le lui.

3° Après l'édifice d'Eumachia vient le *temple de Quirinus*, ou de *Mercure* (car on ne sait au juste à quel dieu il était dédié). On y a trouvé un très curieux autel en marbre blanc sur lequel se trouvent sculptées les principales scènes d'un sacrifice.

4° Puis vient un autre édifice qu'on suppose être l'endroit où les magistrats de la ville se réunissaient, la *Curie;* mais il est dans un état de ruine presque absolue.

5° Nous nous trouvons maintenant dans la région des grands temples : le *Panthéon*, le *temple de Jupiter*, et le *temple de Vénus* qui par leur importance et leurs formes variées nous arrêteront plus longtemps.

Avant d'entrer dans le détail, il convient de dire en deux mots ce qu'était un temple antique et ce que se proposait de faire un architecte à qui on commandait un de ces édifices.

La religion des anciens était surtout une religion domestique et particulière. Les cérémonies communes et publiques étaient rares. Elles se rattachaient à quelque idée spéciale, à l'existence de corporations ayant un but particulier, plutôt qu'elles n'étaient l'occasion d'une réunion de fidèles rendant un même culte à une même divinité. Il suit de là que la construction des monuments religieux ne devait avoir en rien le caractère qu'affectent généralement les édifices du même genre qu'a motivés l'introduction de la religion chrétienne.

Ici en effet la base de tout le culte est l'alliance, la *communion* des fidèles dans une même Église qui embrasse dans son orbe le ciel et la terre. Il fallut donc chercher, dès que cette nouvelle conception religieuse l'emporta, des types appropriés aux nouveaux dogmes

et aux nouveaux besoins. Nous verrons tout à l'heure quels furent ceux des édifices construits antérieurement qui s'adaptèrent le plus facilement au nouveau culte. Il suffit d'observer ici que ce ne furent point les temples des anciens qui purent devenir le lieu de réunion des chrétiens. Sauf des cas exceptionnels leurs dimensions relativement restreintes ne le permettaient pas.

Le caractère originaire du temple dans l'antiquité était de représenter un endroit où un simulacre de la divinité fût à l'abri et protégé d'une manière sûre. Tout d'abord on se contenta d'une simple clôture (*septum*). Bientôt on couvrit cette clôture d'un toit et on eut un temple (ναὸς, œdis). L'idée dominante qui préside à la construction d'un temple est celle du secret, du mystère et de l'inaccessibilité. C'est ce qui fait que le temple n'a pas de fenêtres. Il est probable que des idées du même genre contribuèrent à répandre l'emploi des vitraux dans les cathédrales du moyen âge. C'était mettre aussi l'obscurité et le mystère dans ces asiles de la foi, que la grande quantité des fidèles rendait si vastes et que les nécessités de la construction faisaient percer de si nombreuses et si larges ouvertures.

Dans les temples antiques, la porte seule, qui était très grande, permettait à la lumière du jour de pénétrer à l'intérieur. Au-devant de cette porte on s'habitua de bonne heure à construire une partie extérieure ouverte et libre. Là on trouvait un abri et de l'ombre, choses si précieuses dans cette vie extérieure habituelle aux populations de l'Europe méridionale. On en vint ainsi à diviser les temples selon la forme de ces portiques et de ces colonnades, selon leurs dispositions autour de la nef : on eut des *temples* à *antes* ou à pilastres dont le *pronaos*, c'est-à-dire la partie élevée en avant de la nef, repose sur deux pilastres dans le prolongement des murs latéraux, et sur deux colonnes élevées au milieu de la façade antérieure ; on eut le temple *prostyle*, dont

Le Forum.

le portique antérieur ne repose que sur des colonnes ; le temple *périptère* avec des colonnades régnant tout autour ; le *pseudopériptère* avec des demi-colonnes, dans lequel la colonnade qui règne autour de l'édifice est remplacée sur trois côtés par une demi-colonnade appliquée aux murs latéraux. Le temple *diptère* avec une double colonnade, et *pseudodiptère* avec une simple colonnade de largeur double sur les côtés, tandis que la façade conserve la double rangée de colonnes. Ainsi, avec d'autres combinaisons qui se rattachent au nombre de colonnes et à l'*ordre* architectural employé dans les proportions et dans l'ornementation de la colonne, les architectes anciens obtinrent les effets les plus variés dans la disposition d'édifices dont la forme partait du principe le plus simple et semblait peu susceptible de modifications.

Revenons maintenant à Pompei et aux temples dont la façade donnait sur le forum.

« Ab Jove principium. » Le plus important de ces temples, tant par son élégance que par sa situation, était le temple de Jupiter. Il occupait toute la face septentrionale du forum. Sur un degré élevé de treize marches était une plate-forme qui servait de soubassement au *pronaos* ou vestibule. Cette plate-forme était décorée à chacune de ses extrémités de deux statues, dont on a retrouvé les pieds chaussés de cothurnes. Elle formait elle-même un enfoncement de 12 mètres de large sur près de 15 mètres de long. Cet enfoncement était surmonté d'un toit en prolongement du toit de la *cella*.

Ainsi la façade présentait au visiteur un *pronaos* soutenu par six colonnes corinthiennes en avant et trois autres colonnes en retour de chaque côté. Des *antes* ou *pilastres* amorçaient le mur de la *cella* ou du sanctuaire. Le sanctuaire se trouvait donc réduit à une longueur de $18^{m},50$ hors œuvre. Pénétrons dans l'intérieur par la grande porte, qui tournait sur des gonds de fer encore scellés dans la muraille. L'aspect devait être vraiment imposant.

Au fond se dressait une statue colossale de Jupiter, avec les cheveux et la barbe peints en rouge. Des statues, des groupes en bronze décoraient les parois, et les entrecolonnements du rez-de-chaussée. Ce rez-de-chaussée était divisé en trois nefs, dont une seule, celle du milieu, était large et haute ; les bas côtés étaient surmontés d'un étage accessoire formant tribune. Les murs étaient couverts de peintures d'ornement, du plus éclatant effet ; les cannelures des colonnes, les sculptures des chapiteaux et des frises ajoutaient à cette décoration si riche des jeux d'ombre et de lumière que l'éclat des couleurs, le vert, le rouge, le bleu, l'amarante, que le marbre et la mosaïque étendus sur le sol ne faisaient qu'accroître et affirmer encore. Derrière le sanctuaire se cachaient d'étroites chambres voûtées dans lesquelles reposaient probablement le trésor et les archives du temple. Un escalier dont la cage se trouvait près de ces chambres conduisait aux tribunes de l'étage supérieur.

Pour compléter l'idée d'un temple antique telle que Pompei nous permet de la concevoir si clairement, sortons du temple de Jupiter et pénétrons dans les deux édifices qui forment les angles du forum, l'un à droite, l'autre à gauche de celui que nous venons de visiter.

A gauche, c'est le *Panthéon*, ou le *temple d'Auguste*, que nous n'avons fait qu'indiquer tout à l'heure.

La façade de cet édifice, dont la destination n'est pas encore parfaitement connue, s'ouvrait sur le portique du forum. Aussi, comme l'emplacement était précieux pour le commerce, on avait fait pour cet édifice ce que nous voyons faire pour quelques-uns de nos monuments publics : on avait établi des boutiques prenant jour sous la colonnade. Ces boutiques, placées de chaque côté de la porte d'entrée, semblaient servir de préférence aux changeurs ou banquiers qui aimaient à se trouver à proximité du forum, centre des affaires. Dans l'une d'elles on a trouvé un grand nombre de pièces de monnaies de diverses espèces. La porte à double vanteau conduisait

dans une cour rectangulaire assez vaste, ornée tout autour d'un portique, qu'on était en train de réparer lors du désastre. Les parois de ces portiques étaient décorées de riches peintures, représentant des *chasses*, des *courses*, des *fabriques* et quelques sujets tirés de la mythologie, *Ulysse et Pénélope*, *Psyché*, les *combats de Thésée*.

De chaque côté de cette cour, étaient construites des chambres de dimensions à peu près analogues entre elles. Mais les unes s'ouvraient à l'intérieur et étaient à ce qu'il semble, les pièces réservées au *collège* de prêtres qui desservaient le temple ; les autres, au contraire, donnaient sur une petite rue avoisinante et formaient encore des boutiques. Là étaient installés des marchands de fruits, de fleurs, un boulanger, un pharmacien, des orfèvres. C'était évidemment le quartier important, comme le *Palais-Royal* de Pompei.

Au centre de la grande cour rectangulaire ainsi entourée de toutes parts, on a retrouvé douze piédestaux dont la forme et la disposition en cercle ont vivement excité la curiosité des antiquaires, et ont été l'origine de toutes les controverses sur la destination de l'édifice. Les uns y ont reconnu des bases de colonnes sur lesquelles s'élevait un édicule circulaire abritant la statue du dieu unique adoré dans le temple ; ce dieu, dans ce cas, serait Auguste divinisé. On sait, en effet, par les inscriptions, qu'il existait un temple d'Auguste à Pompei. Les chambres que nous avons indiquées plus haut seraient, dans ce cas, le logement du collège des *augustals*.

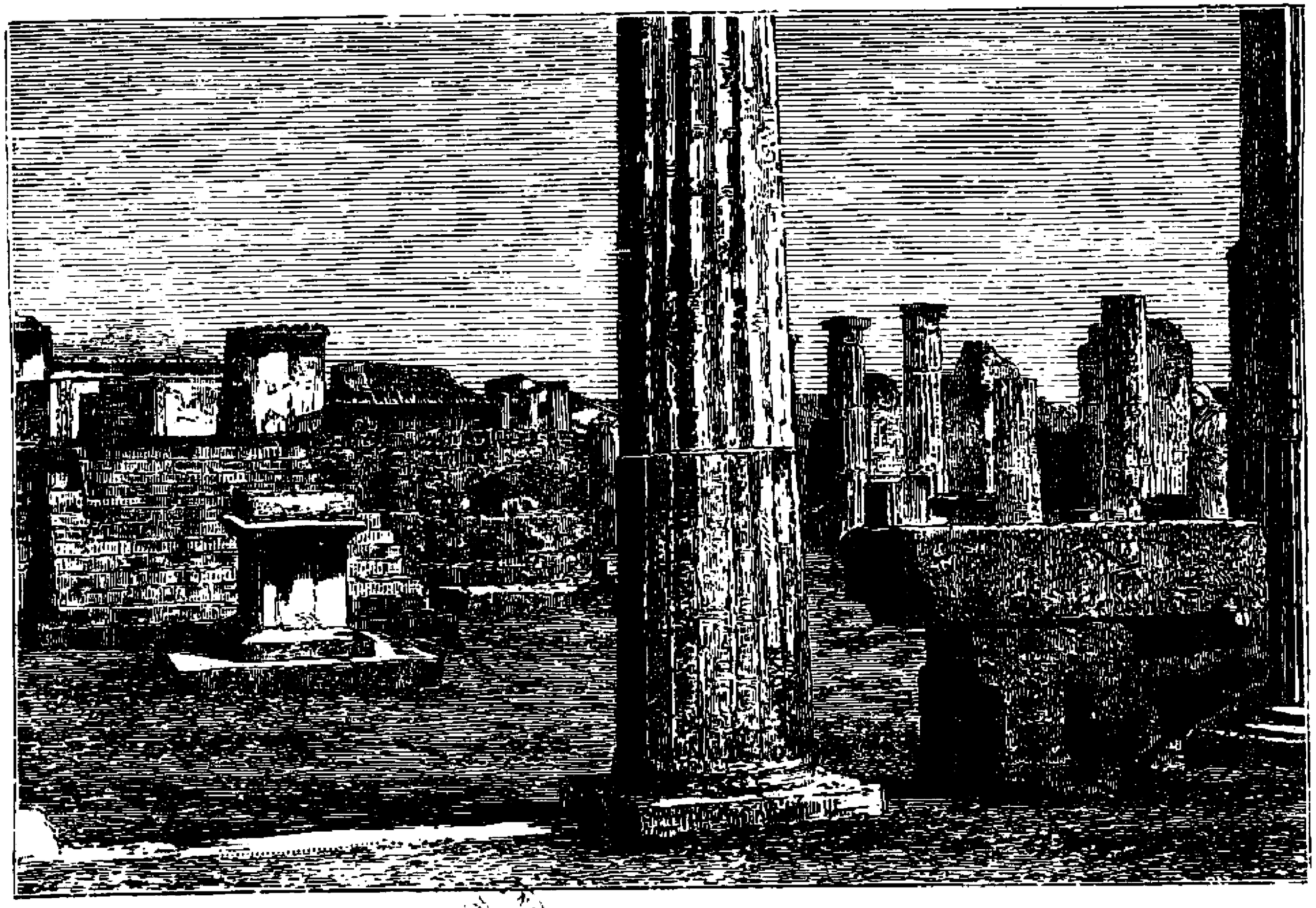
Pour d'autres, au contraire, ce sont là des piédestaux sur lesquels se dressaient les douze statues des grands dieux rangées en cercle. L'édifice serait un *Panthéon*.

Les sacrifices se faisaient dans une sorte de chapelle placée au fond de la cour. Une statue en occupait le fond ; quatre autres statues étaient disposées

dans des niches ; on a retrouvé deux d'entre elles, mais on peut à volonté y reconnaître des dieux ou des membres de la famille impériale. Des chambres vastes s'ouvraient à droite et à gauche de la chapelle ; dans l'une on a cru reconnaître un orchestre, dans l'autre on a trouvé un trésor enfermé dans une caisse garnie de serrures. Plus de onze cents pièces de monnaie, tant en bronze qu'en argent, le composaient. On a aussi, paraît-il, retrouvé en cet endroit des morceaux de verre à vitres ; cette découverte semble moins intéressante. Elle l'est davantage peut-être, si l'on considère que la question a été longtemps débattue, de savoir si les anciens si habiles dans le maniement du verre, s'en servaient pour fermer les édifices publics ou privés. Cette découverte et quelques autres faites à Pompei, ont décidément tranché la question en faveur de l'affirmative. Toutes les parois de ces salles étaient, comme celles de la cour, ornées de peintures.

On voit que cet édifice, quelque nom qu'on veuille lui donner, était, par ses dispositions générales, très éloigné de la figure ordinaire d'un temple antique. Aussi d'autres auteurs n'ont voulu y reconnaître qu'un lieu public où se réunissaient les magistrats de la cité. Mais cette hypothèse semble répondre encore moins à la nature de l'édifice. Il est donc mieux, jusqu'à plus ample informé, de s'en tenir à l'une ou l'autre des deux premières, en faisant d'ailleurs cette remarque qu'on trouve ici les éléments premiers et originaires d'un temple, c'est-à-dire un enclos abritant un ou plusieurs simulacres des divinités, avec un lieu spécial où pouvaient se faire les sacrifices.

En sortant du temple d'Auguste ou *Panthéon* par la porte qui donnait sur le Forum, on voyait se dérouler en face de soi la colonnade latérale du plus grand temple de Pompei, le temple de Vénus. C'est à cette déesse que la ville entière était consacrée. Rien que de naturel à ce que ce bel édifice lui fût dédié par ses habitants.



Temple de Vénus.

Il n'avait pas sa porte d'entrée sur le *Forum*, mais sur une petite rue adjacente qui le séparait de l'édifice voisin, la basilique. Quoique les proportions de l'enceinte sacrée fussent considérables, la part réservée au tabernacle était relativement restreinte. La *cella* n'avait que 20 mètres de long sur 11 mètres de large, tandis que le mur qui l'entourait et le partageait (disposition assez fréquente et que nous trouverons une fois encore à Pompei), mur dit du *péribole*, enfermait un espace de 64 mètres sur 32 mètres à l'intérieur. La cour ou *area* comprise entre le mur du péribole et le sanctuaire était occupée par un splendide portique élevé sur quarante-huit colonnes d'ordre dorique et surmonté d'un élégant chéneau où les têtes de lions alternaient avec les palmettes. Des peintures donnaient encore à cette architecture polychrome une gaieté et un charme duquel la vue de nos monuments noirâtres nous a tout à fait désaccoutumés. Des statues en forme de Termes s'appuyaient à quelques-unes de ces colonnes. Au pied du perron par lequel on montait au temple, se trouvait un vaste autel où se déposaient les offrandes.

On montait les treize marches du perron; on se trouvait alors dans le pronaos d'un temple périptère; le sol était décoré d'une mosaïque de marbre bordée d'un méandre. Une porte s'ouvrait sur la *cella;* au fond, se dressait la statue de la déesse, dont les débris informes gisent encore sur le sol. L'intérieur était aussi couvert de peintures; mais là, point d'étages, point de triple nef; du moins l'état des ruines ne permet point de croire que ces divisions aient jamais existé. Enfin, derrière la *cella*, quelques chambres, dans l'une desquelles a été trouvée l'une des plus belles peintures de Pompei (*Bacchus et Silène*), communiquaient avec le Forum et avec une ruelle adjacente.

Ici se célébrait le culte de la grande déesse que la voluptueuse Pompei avait prise pour protectrice. Il ne faut pas croire d'ailleurs que les souvenirs brutaux de

l'amour physique se rattachassent seuls aux cérémonies et aux sacrifices qui avaient lieu en l'honneur de cette déesse[1]. Des conceptions mythologiques, anciennes, compliquées et respectables s'appliquaient aux mythes qui prenaient pour objet la déesse mère de l'Italie. N'était-ce pas elle qui avait conduit ici la civilisation de l'Orient en protégeant les pérégrinations de son fils Énée? N'était-elle pas la mère des Jules, d'où était descendu le plus illustre des Romains, César? N'était-ce pas elle que les plus sages des poètes italiens avaient chantée?

Quæ quoniam rerum naturam sola gubernas,
Nec sine te quicquam dias in luminis oras
Exoritur, neque fit lœtum, neque amabile quicquam.

« Car c'est toi, ô déesse, c'est toi seule qui gouvernes la nature, et sans toi, rien, rien ne nait sous la divine lumière, rien de ce qui fait la joie, rien de ce qu'on aime. »

Pour les Italiens du temps de la catastrophe c'étaient là les vieux cultes, les cultes respectables. Tant de nouveautés qui venaient de l'Orient pénétraient la religion d'un esprit exagéré, ridicule ou terrible, que les sages craignaient, comme l'annonce d'un crépuscule! C'était peut-être l'aurore d'une grande révolution.

Auprès du temple de Vénus, en traversant une rue étroite (la rue de la Marine), on pénétrait dans un édifice important à cette époque, important surtout à nos yeux par les destinées que l'avenir réservait au type sur lequel on l'avait bâti, c'était la *Basilique*. Qu'était-ce que la Basilique? Le nom, d'origine grecque, ne nous apprend pas grand'chose : *Maison du roi*, qu'est-ce

[1] Otfried Muller dit, dans un très beau langage, en parlant de Vénus : « La mer, surtout la mer tranquille et calme réfléchissant le ciel dans le miroir uni de ses ondes semblait, aux yeux des Grecs, une expression de sa divine nature. »

qu'un tel nom dans un pays où depuis des siècles on n'avait pas connu de souverains?

Qui était le roi en Italie? — C'était le peuple. Il se trouva donc que cet édifice d'origine royale devint la maison du peuple, en changeant de quelques degrés en latitude. Mais le nom était resté. Il n'y avait rien de trop beau pour lui d'ailleurs. Vitruve dit en propres termes: « Les basiliques peuvent réunir tout ce qu'il y a de magnifique et de majestueux dans l'architecture. »

Entrons dans quelques détails. Les peuples anciens, nous l'avons dit, vivaient beaucoup hors de chez eux. Le ciel, la tournure des esprits, la chaleur d'un sang méridional emplissaient continuellement les rues et les places publiques. Le *forum* était le lieu de réunion habituel tant pour les affaires politiques que pour le commerce et le loisir. Mais, malgré la douceur du climat, il y avait des jours, où la réunion au dehors, même sous les portiques du forum, était impossible. La pluie, le froid, le vent chassaient parfois badauds et gens d'affaires. C'est en prévision de ces cas que l'on construisait les basiliques.

La basilique était donc par excellence un vaste édifice où la réunion des groupes et la circulation des individus devait être facile, et où l'on trouvait un abri contre les intempéries des saisons, pour traiter à l'aise les affaires qui se faisaient ordinairement sur le forum.

Vitruve nous a laissé de curieux détails sur les basiliques, en particulier sur celle de Fano, qu'il a construite lui-même. Celle de Pompei semble s'éloigner quelque peu du plan généralement adopté. Cependant son étude donnera des notions assez suffisantes sur un genre d'édifices destiné à un avenir si considérable.

Selon les règles elle donnait sur le forum. Cinq entrées permettaient aux allants et venants de circuler aisément entre les colonnes de la façade. Deux autres entrées donnaient sur des rues latérales. Du côté du forum, la

basilique était précédée d'une chalcidique, sorte de prolongement et d'abri recommandé par Vitruve. A l'intérieur, la basilique, entourée de murs, présentait la forme d'une longue salle à peu près rectangulaire mesurant 67 mètres de long sur 27 de large. Cette salle qui devait être couverte (quoiqu'on ait soutenu que la partie centrale était à jour), cette salle était divisée en trois nefs par des colonnes d'une grande hauteur qui formaient par leur alignement la nef intérieure. Des colonnes engagées, plus basses, s'appuyaient aux parois de la salle. La nef du milieu devait donc avoir toute la hauteur de l'édifice, laissant voir probablement l'enchevêtrement de la charpente du toit. Les nefs latérales, au contraire, plus étroites, étaient aussi moins hautes, en ce sens qu'un étage de tribune était disposé au-dessus d'elles et régnait tout autour de la salle. Ces galeries étaient garnies d'une balustrade « assez élevée, dit Vitruve, pour que les personnes qui s'y trouvent ne puissent être vues par ceux qui sont en bas. »

Des fenêtres étaient probablement percées dans les parois des tribunes. Un toit unique couvrait le tout et reposait sur les murs latéraux et sur les deux rangées de colonnes déterminant la nef centrale. Au fond de la basilique se trouvait un endroit spécialement réservé et distingué de la salle commune par une enceinte de colonnes et formant comme une petite salle ouverte. Là on a retrouvé les restes d'un stylobate élevé de deux mètres au-dessus du niveau de la salle et sur lequel s'appuyaient six petites colonnes qui probablement étaient autrefois surmontées d'un étage comme les nefs latérales de la basilique. A cet endroit s'asseyait le magistrat qui rendait la justice. La hauteur du stylobate le protégeait, comme la disposition de la salle l'écartait un peu du tumulte ordinaire. Quant aux accusés, il n'était pas nécessaire d'aller les chercher très loin. Sous la tribune même, on a retrouvé un véritable cachot voûté. On y pénétrait par une porte pratiquée

dans l'épaisseur de la muraille. L'air et la lumière n'y parvenaient que par d'étroits soupiraux qui s'ouvraient au dehors, mais qui, comme on le voit encore aujourd'hui, étaient scellés de gros barreaux de fer.

Tel était l'aspect général de la basilique. Les peintures qui décoraient les murailles étaient simples. Elles étaient toutes barbouillées par les plaisanteries et les caricatures qu'y inscrivaient les plaisants de Pompei. On a pu déchiffrer quelques-unes de ces inscriptions, qui, par leur parfum d'actualité locale, transportent si vivement l'esprit du visiteur moderne à l'époque même du désastre et de la vie interrompue.

Pour terminer ce qui nous reste à dire de la basilique, il suffit d'indiquer l'importance que ce genre d'édifices prit dans les siècles postérieurs. Dans ces grands et commodes monuments, les chrétiens trouvaient une place naturellement indiquée et des constructions toutes faites pour leurs nombreuses réunions. On pouvait facilement circuler entre ces colonnes. Hommes et femmes s'y séparaient naturellement en deux troupes. Sous le portique ou les chalcidiques, les néophytes et ceux qui n'étaient pas de l'église pouvaient attendre et prendre leur part aux cérémonies du culte. La tribune du magistrat était un endroit tout indiqué pour être le siège de l'évêque. Les fidèles qui l'assistaient dans les offices, le chœur, pouvaient s'asseoir près de lui aux places jadis destinées aux assesseurs. Tout s'adaptait pour le mieux aux besoins encore modestes d'un culte naissant. Aussi, dès que le christianisme, après avoir traversé victorieusement l'ère des persécutions, fut monté sur le trône avec Constantin, il s'empara rapidement des basiliques déjà construites. Les nouveaux édifices que l'on fit bâtir se modelèrent tout naturellement sur un plan si simple et si commode. Telle fut l'origine des cathédrales chrétiennes. On peut, depuis la plus haute antiquité chrétienne, suivre la lente transformation de ce type, qui, plus tard, en se perfec-

tionnant, couvrit l'Europe de tant de merveilleux monuments.

Le quatrième côté du forum de Pompei était occupé par trois salles de dimensions moyennes et de grandeur inégale. Une sorte d'abside en demi-cercle terminait le rectangle qui formait la salle principale. On a cru reconnaître des *Tribunaux* dans ces ruines, d'ailleurs peu importantes.

Après avoir étudié dans le forum et dans les monuments qui l'entouraient, le centre de la ville, gagnons un autre point non moins curieux et où les Pompéiens devaient se rendre avec non moins d'empressement, c'est la région des théâtres. Elle se trouvait à l'extrémité sud-est de la ville, à droite du forum et un peu en arrière. Pour nous y rendre, nous suivrons la rue de l'École, en jetant un coup d'œil sur les ruines des maisons qui prennent jour sur elle. C'était un des quartiers les plus agréables de la ville, non loin du forum, aux pieds des collines, avec de grands jardins, où les Pompéiens venaient se reposer de leurs travaux. C'est un des endroits où l'on a rencontré le plus de squelettes. Dans un souterrain qui se trouve aux environs, on a trouvé, en 1826, sept corps de Pompéiens qui étaient morts là étouffés. On a relevé auprès d'eux l'argent et les objets précieux qu'ils emportaient dans leur fuite. C'est à ce fait que Bulwer a emprunté le dénouement de son récit.

Nous tournons à gauche, nous suivons la rue de la Reine, la ruelle du Théâtre et, faisant un petit coude à gauche, nous débouchons sur la seconde place de Pompei : le forum triangulaire. On a cru, probablement avec raison, que c'était là le premier noyau de Pompei, l'ancienne Acropole qui avait d'abord concentré et protégé les origines de la ville naissante. La hauteur du lieu, la proximité de la mer, avec laquelle on communiquait en descendant un escalier, la présence du temple le plus ancien qu'on ait retrouvé dans les ruines, tout confirme cette hypothèse.

On entrait dans ce forum par un élégant propylée de huit colonnes. Il était lui-même presque entouré d'un portique, sur lequel les citoyens de Pompei prétendaient avoir seuls la *deambulatio*, ou droit de promenade. Le plus grand côté du triangle qui formait la place s'appuyait à l'amphithéâtre; aussi une magnifique colonnade nommée les *cent colonnes* (hecatonstylon) se déroulait de ce côté et offrait un refuge aux spectateurs dans les mauvais temps.

A l'un des angles du forum triangulaire on a trouvé une sorte de petite enceinte sacrée nommée *bidental* et qui était protégée par un édicule circulaire.

Enfin le milieu même de la place est occupé, nous l'avons dit, par le temple grec, que l'on considère comme le plus ancien monument de la ville et qui probablement était déjà en ruines lors de l'ensevelissement. Les restes que l'on a retrouvés sont tout à fait insuffisants pour qu'on puisse supposer qu'il était encore complet, et pour que l'on puisse reconstituer facilement son ancienne physionomie.

Près de ce forum, derrière le grand théâtre, et voisin de l'enceinte, se trouvait un grand édifice de forme régulière où l'on a reconnu après quelques hésitations la *caserne des militaires*. Cette caserne se composait d'une grande cour faisant portique, autour de laquelle étaient disposés en rectangle les bâtiments où logeaient soldats et officiers. Dans l'une des chambres on a trouvé de nombreuses et très riches armes de gladiateurs, qui font penser qu'une troupe de ces gens habitait la caserne. La proximité des théâtres suffit d'ailleurs pour assurer cette conjecture.

Les *théâtres :* Les représentations scéniques jouaient un rôle très important dans la vie des anciens. Grecs et Romains mettaient ces plaisirs au plus haut rang. C'était le premier devoir des magistrats en entrant en charge de disposer d'immenses réjouissances publiques dans lesquelles ils faisaient assaut de luxe et de prodigalité.

A ce point de vue, les villes de province suivaient l'exemple donné par Rome et nous voyons à Pompei, par un grand nombre d'inscriptions, que les magistrats ne pouvaient se dispenser de cet onéreux devoir qu'en prenant en échange la charge plus onéreuse encore de construire tout ou partie d'un théâtre ou d'un hippodrome.

Dès le temps de la république, on avait fait de tels efforts pour satisfaire en ce point le goût du public, que le tribun Curio, désespérant de dépasser le luxe asiatique du théâtre construit par Æmilius Scaurus (on comptait sur sa scène plus de 3000 statues en bronze), en était réduit, pour faire du nouveau, à construire deux théâtres en bois placés dos à dos, mais disposés de telle sorte qu'en les faisant tourner l'un et l'autre sur des pivots ils se réunissaient de manière à former un amphithéâtre. Pompée construisit un théâtre en pierre qui pouvait contenir 40 000 spectateurs. Le chef-d'œuvre du genre fut le *Colisée*, bâti par les Flaviens et dont les ruines gigantesques sont encore un des plus nobles spectacles qu'il soit donné à l'homme de contempler. Le grand cirque de Rome avait 682 mètres de long et 150 mètres de large; des galeries formant trois étages l'entouraient. Ces galeries avaient des gradins en pierre dans les étages inférieurs et en bois dans les étages supérieurs. Il contenait, à l'époque de Trajan, environ 300 000 spectateurs.

Ce n'était pas dans de pareilles proportions certainement qu'étaient construits les théâtres et l'amphithéâtre de Pompei; mais, dans des proportions moins grandes, ils nous présentent une image très complète et très remarquable de ce qu'étaient ces édifices dans l'antiquité romaine.

Il faut tout d'abord prendre garde de ne pas confondre le *théâtre* et l'*amphithéâtre*. Le théâtre servait exclusivement aux représentations scéniques. Il se partageait essentiellement en deux parties : la *scène*, et

l'endroit où s'asseyaient les spectateurs, la *cavea*, ou hémicycle. En principe, le théâtre antique n'avait pas de toit. Cependant il y avait une forme de théâtre, généralement plus petite, qui était couverte. C'était ce qu'on appelait un *odéon*. L'amphithéâtre était réservé aux courses, aux jeux violents, aux combats de gladiateurs. Quelquefois on fermait hermétiquement toutes les issues, on emplissait d'eau la partie inférieure, jusqu'à une certaine hauteur, et, sur ce lac improvisé, on représentait des *naumachies*, c'est-à-dire des simulacres de combats navals. Le luxe des jeux, comme on le voit, n'avait pas de bornes.

Pompei possédait un type de chacun des édifices que nous venons de décrire rapidement. Les deux théâtres étaient établis près du forum triangulaire, et n'étaient séparés l'un de l'autre que par une galerie ou passage couvert.

L'amphithéâtre était tout à fait à l'extrémité de la ville, dans la même direction que les théâtres, mais beaucoup plus loin, dans l'angle formé par l'enceinte entre la porte de Stabie et la porte du Sarno.

Donnons quelques détails sur chacun de ces édifices. Le *grand théâtre* se composait : 1° de la scène, de forme rectangulaire, qui elle-même comprenait le *proscenium* ou avant-scène : c'était là que les acteurs jouaient, la figure couverte d'un masque et le corps élevé sur de hautes chaussures. La *scène* proprement dite, qui était une sorte de décoration architecturale fixe très richement ornée, avec des effets de perspective et des dispositions acoustiques parfaitement aménagées ; la *scène* formait en quelque sorte le fond du théâtre. Le *postcenium*, ou derrière de la scène, formait comme les coulisses. Il communiquait avec le *proscenium* par trois portes percées dans la *scena*. Un rideau, que l'on ne levait pas, mais qu'on baissait pour découvrir la scène, cachait celle-ci aux yeux des spectateurs, quand il était levé.

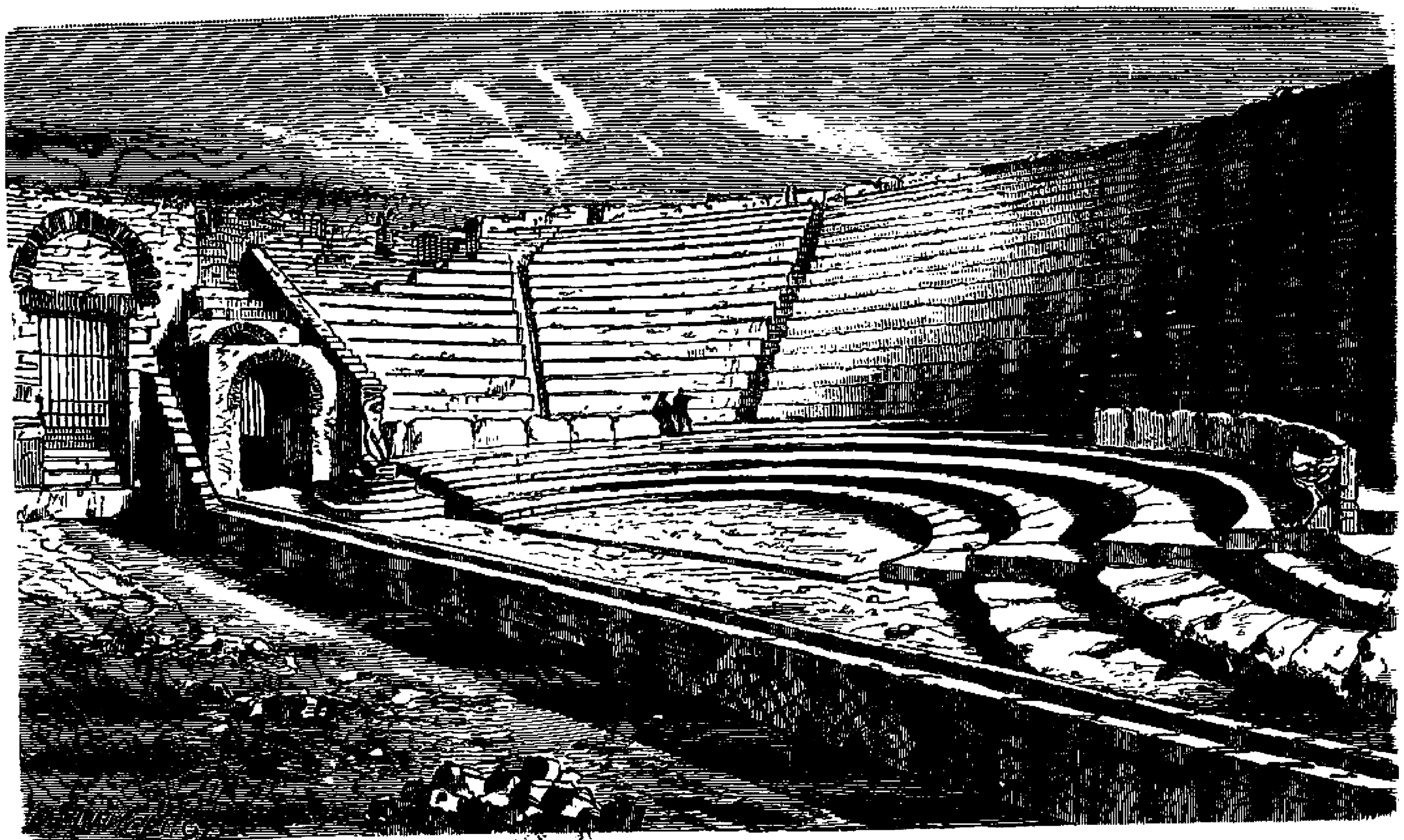
Les spectateurs étaient assis sur des étages en gradins faisant le demi-cercle ou le fer à cheval (comme à Pompei) en face de la scène, que nous venons de décrire. Les places étaient d'autant plus honorables qu'elles étaient plus près de l'orchestre. On appelait ainsi un demi-cercle laissé vide entre la *cave* (ou ensemble des gradins) et le proscénium. Le dernier rang de gradins, la dernière *précinction*, comme on disait, était ornée en arrière d'un portique richement décoré, qui terminait heureusement l'aspect général de l'édifice.

Des escaliers, au nombre de six dans le grand théâtre de Pompei, permettaient de descendre et de monter le long des gradins. Ils partageaient ainsi l'hémicycle en *coins* (cunei). Des tribunes réservées aux magistrats étaient disposées dans l'angle des *cunei* les plus voisins de la scène.

Les gradins du théâtre de Pompei étaient au nombre de vingt-neuf; ils étaient en marbre de Paros. Les spectateurs assis sur ces gradins n'étaient pas, comme on peut le croire, exposés à toutes les intempéries des saisons. Sauf dans les cas de grand vent, un système très habilement combiné de poulies et de câbles, permettait d'étendre au-dessus d'eux un immense voile qui les abritait du soleil et de la pluie, tandis qu'ils écoutaient à l'aise les vers de Plaute ou de Sophocle.

On ajoutait à cet agrément le charme de nombreux parfums répandus fréquemment sur la scène ; et même par instants une pluie fine chargée d'essence était lancée sur les assistants et les aidait à supporter les ardeurs des chauds soleils du Midi.

On sortait du théâtre par de longs corridors ou vomitoires communiquant à des galeries voûtées. Ces corridors donnaient, à l'extérieur, sur un portique porté par six colonnes d'un bon style. L'aspect de l'extérieur présentait un édifice circulaire à plusieurs étages, élevé en raison de la hauteur des gradins, et



Petit théâtre.

laissant à son rez-de-chaussée de larges entrées pour le va-et-vient des spectateurs.

Les spectateurs *faisaient la queue* autour de ces portiques et l'on a pu lire encore les inscriptions plaisantes dont, pour se désennuyer, ils avaient chargé les murs de l'un et l'autre des théâtres pompéiens.

Nous ne dirons qu'un mot du petit théâtre, l'*Odéon*. Réservé aux représentations d'hiver et peut-être aussi aux fêtes musicales, aux lectures ou *récitations* si fréquentes à l'époque de l'empire, il était couvert tout entier. Ses gradins supérieurs ne formaient qu'un segment de cercle et non un cercle entier. Il semble que sa décoration était moins élégante que celle du grand théâtre. Il ne pouvait guère contenir que 1500 spectateurs.

Gagnons maintenant l'amphithéâtre. Les amphithéâtres, quoique leur nom soit grec (ἀμφι θέατρον, double théâtre), semblent être d'origine italienne. Les Grecs étaient, comme les Romains, amateurs des jeux violents du cirque. Mais, chez eux, la course, les luttes d'homme à homme tenaient la place la plus importante ; tandis que les Romains ne trouvaient un spectacle complet que s'il était assaisonné du régal sanglant d'un combat de gladiateurs ou d'une *chasse* de bêtes féroces. La disposition des édifices n'était pas la même chez les deux peuples. Les Grecs avaient le *stade*. Les Italiens l'*amphithéâtre*. L'amphithéâtre, comme son nom l'indique, était composé de deux théâtres se joignant par leur partie droite, de sorte que l'ensemble de l'édifice avait la forme d'une ellipse.

Les diverses parties d'un amphithéâtre sont : 1° l'*arène*, où se livraient les jeux et les combats ; sa forme elliptique était favorable aux courses, aux mouvements d'attaque et de poursuite ; l'arène communiquait avec les endroits où se préparaient les gladiateurs, où l'on conservait les objets d'équipement, où étaient enfermées les bêtes féroces destinées au specta-

cle; 2° l'ensemble des gradins où s'asseyaient les spectateurs.

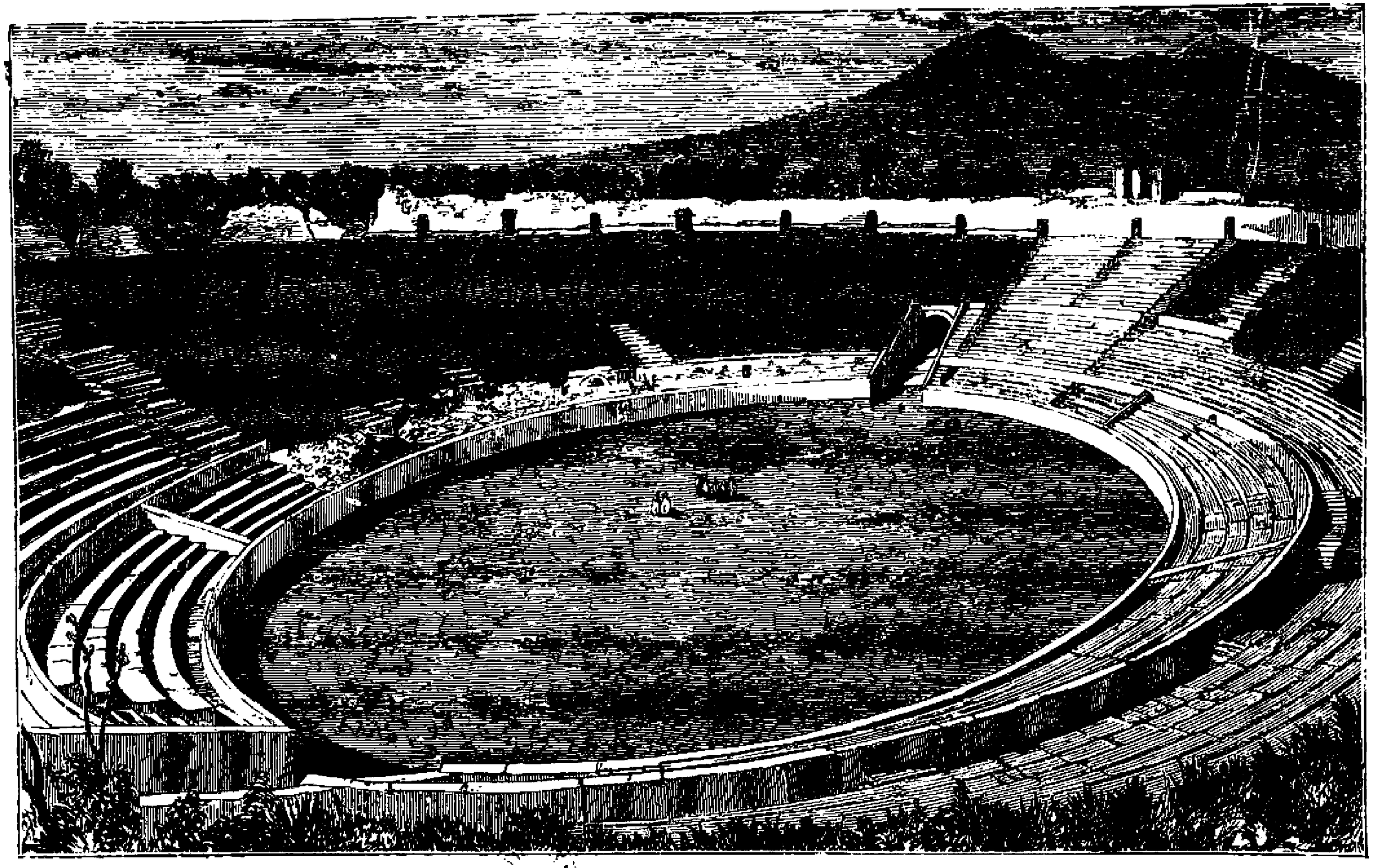
Ces rangées de gradins se divisaient elles-mêmes en parties différentes. Il y avait le *podium*, c'est-à-dire le gros mur des sièges; les différents étages des gradins (*gradationes*) avec leurs escaliers; les différents corridors qui séparaient les étages l'un de l'autre (*præcinctiones*). Ces corridors communiquaient avec les vomitoires (*vomitoria*). Sous cet énorme édifice des gradins, de nombreux couloirs, soit parallèles, soit rangés les uns au-dessus des autres, étaient ménagés et servaient à la circulation du public. Ces corridors voûtés débouchaient à l'extérieur sous un portique.

Du dehors on pouvait contempler l'imposant spectacle des trois étages ou trois ordres de colonnes qui formaient la ceinture extérieure de l'édifice. Sur le plus haut de la muraille, s'élevait encore un portique qui régnait autour de l'amphithéâtre. C'était là qu'étaient établies les poutres auxquelles s'accrochaient d'immenses voiles que l'on tendait au-dessus des spectateurs.

Tel était en général l'aspect d'un amphithéâtre. Tel devait être en gros l'aspect de celui de Pompei. Comme il était d'usage, on avait profité, pour le construire à moindres frais, de la disposition du terrain au pied d'une éminence. 20 000 spectateurs pouvaient s'y asseoir. Des places honorables étaient réservées aux prêtres, aux prêtresses et aux magistrats.

La coupe des gradins, avec une moulure nettement profilée, était plus élégante qu'elle ne l'est généralement dans les édifices du même genre. Des scènes de luttes et de chasse étaient sculptées tout autour du *podium* et s'y entremêlaient aux inscriptions disant les noms des magistrats qui, à leurs frais, avaient achevé les parties diverses de l'édifice. A l'entrée des couloirs, dans les couloirs eux-mêmes, on voyait les statues de ces mêmes magistrats protégées par des grilles de fer.

Les descriptions, la vue des ruines, même de la par-



Amphithéâtre.

tie actuellement restaurée de l'amphithéâtre, ne peuvent donner qu'une idée vague de tout ce qu'il y avait de luxe et d'éclat dans la décoration de cet édifice. Des cylindres en ivoire mobiles et des réseaux en or s'étendaient autour du podium ; le portique du haut était couvert de dorures ; au-dessus des spectateurs flottaient les immenses tentures teintes des plus riches couleurs ; des tapis ornaient les gradins réservés aux magistrats. Qu'on imagine, en outre, le murmure confus d'une salle pleine de 20 000 spectateurs, l'éclat et le bruit des armes des combattants, le rugissement des bêtes féroces et le cri des victimes, le sang coulant sur l'arène, et, au-dessus de tout, le chaud éclat et la grande lumière du soleil d'Italie, tel était le spectacle que ces anciens peuples aimaient avec passion, à l'occasion duquel s'élevaient parfois des cabales qui divisaient l'empire.

Au moment de la catastrophe, l'amphithéâtre de Pompei était abandonné depuis plusieurs années. Une querelle qui s'était élevée dans cet édifice même entre les Pompéiens et leurs voisins les Nucériens, venus pour assister aux jeux, s'était terminée par une rixe sanglante. Les Pompéiens, plus nombreux, avaient eu l'avantage. Mais le Sénat de Rome les avait punis en interdisant les jeux pendant dix ans. Ainsi s'explique l'abandon de l'édifice, qui avait souffert des tremblements de terre antérieurs à la catastrophe. Ainsi se trouve démenti le récit du romancier, qui, d'après un historien mal renseigné, fait coïncider le moment soudain de la catastrophe avec une représentation donnée à l'amphithéâtre.

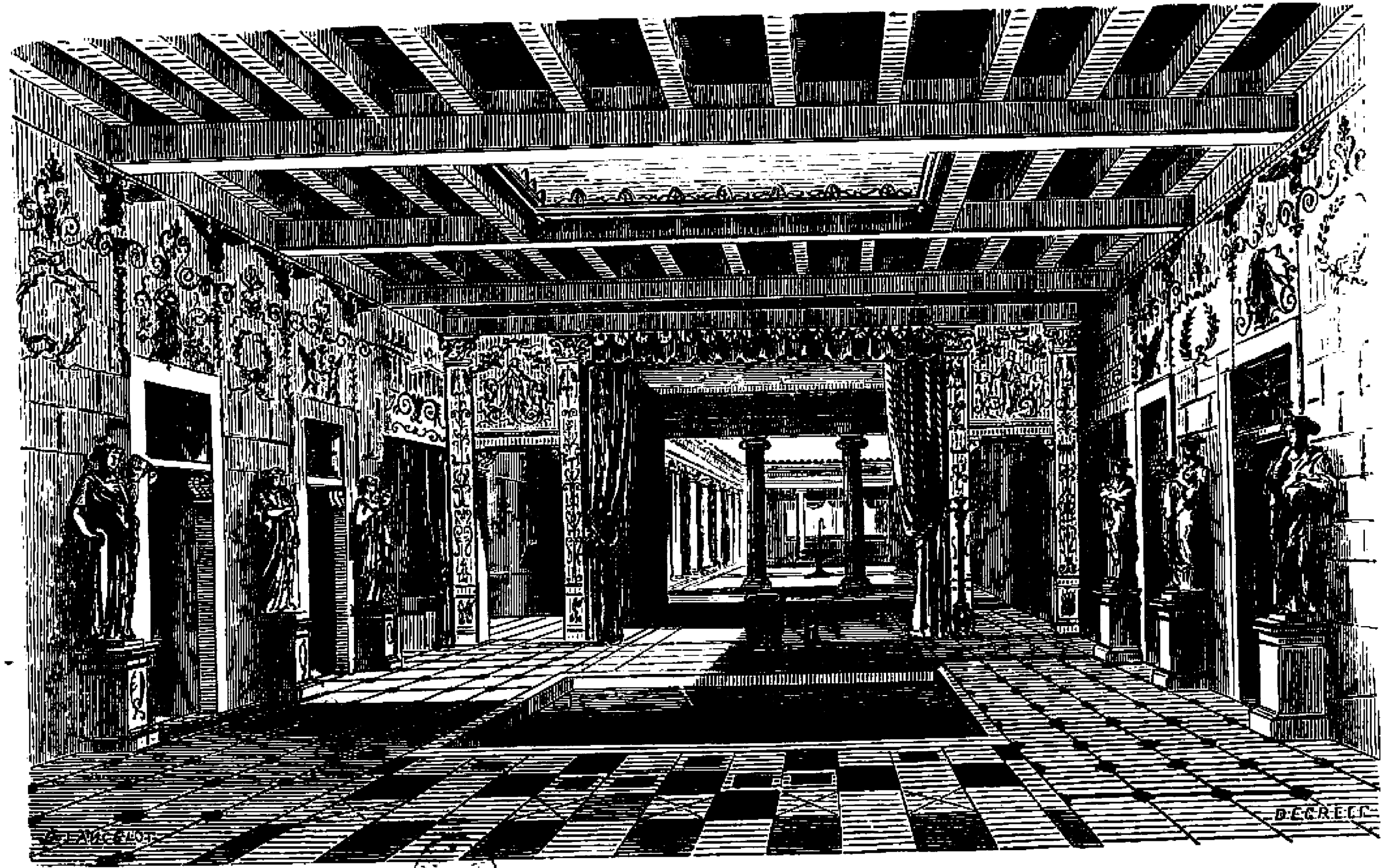
Nous venons de passer en revue les principaux types d'édifices publics que les fouilles ont mis à la lumière. Nous avons pu relever, à chaque instant, la trace de ces habitudes de vie extérieure que les textes de la littérature classique nous permettaient déjà de reconnaître

chez les anciens. Si ces preuves n'étaient suffisantes, si la richesse et la splendeur relative des monuments publics dans une ville de province, n'étaient pas assez remarquables pour nous convaincre, on trouverait un nouvel argument dans l'étude des maisons privées, que les *lapilli* du Vésuve recouvraient en si grand nombre.

C'est là peut-être la partie la plus curieuse et la plus originale des renseignements que la découverte de Pompei a ajoutés à l'histoire de l'antiquité. On a pu enfin pénétrer dans le détail particulier et intime de la vie de chaque citoyen. L'ingénieuse hypothèse du *Diable boiteux*, qui, pour faire pénétrer le lecteur dans tous les secrets d'une grande ville, enlève d'un seul coup tous les toits des maisons, s'est trouvée réalisée à la lettre. Toutes ces maisons nous sont ouvertes. L'accident tragique a pris leurs habitants d'une façon si brusque que rien ou presque rien n'a été changé dans leur état habituel. Tout ce qui n'est pas en bois ou en matière susceptible de périr par l'action combinée du feu et du temps, tout cela a subsisté dans l'état et à la place même où on l'avait mis il y a dix-huit siècles.

Nous ne pouvons malheureusement prétendre dépeindre une à une, avec le soin minutieux qui serait convenable, chacune de ces habitations, qui toutes présentent leur côté intéressant. Nous ne pouvons, — faute de la place suffisante, — conduire successivement le lecteur chez l'édile Pansa, qui faisait inscrire ses louanges sur la porte même de sa maison ; chez le riche et voluptueux Salluste, qui réservait la plus belle part de sa demeure aux parties fines, aux plaisirs de la table et peut-être de la débauche; dans la magnifique villa de Diomède, assise à proximité de la campagne, entourée de portiques et de jardins, avec ses bains richement aménagés, son péristyle somptueux, ses cabinets d'étude retirés, ses vastes caves où le bon vin était dressé dans les amphores.

C'est là que s'est passé le drame le plus émou-



Péristyle de la maison de Pansa.

vant que nous aient révélé les fouilles faites dans la ville ensevelie. Cette maison était une des plus voisines du Vésuve. Peut-être a-t-elle été enfouie la première, peut-être ses habitants ont-ils cru trouver dans la solidité de sa construction un plus sûr abri. Quoi qu'il en soit, dans un des souterrains sur lesquels elle était bâtie, on a trouvé, en 1763, dix-sept corps de femmes et d'enfants. Autour des squelettes, encore voilés des vêtements dont ils s'étaient couvert le visage, on a retrouvé les bijoux, les objets précieux qu'ils avaient emportés dans leur fuite. Ils avaient aussi réuni des provisions que la rapidité du désastre ne leur laissa pas le temps d'entamer, et qu'on a retrouvées aussi. La nature de leur mort fut si singulière et si prompte qu'on a pu relever jusqu'aux empreintes que leurs cadavres avaient laissées dans la cendre durcie autour d'eux; et on raconte qu'on put ainsi reconnaître le corps d'une jeune fille d'une admirable beauté; la forme de son corps, le pli et le tissu de ses vêtements apparaissaient encore dans les empreintes que la cendre avait moulées si finement et si exactement il y avait dix-sept siècles. Ses bijoux étaient restés autour de son squelette, et on a pu, de leur richesse, conclure que l'on était en présence du cadavre de la fille même du propriétaire de cette riche maison. Non loin de là, dans un jardin, on a reconnu le squelette du maître lui-même. Accompagné d'un esclave qu'il avait chargé d'argent et d'objets précieux, il essayait de gagner la campagne, lorsqu'un dernier effort du volcan le surprit. Il tomba là, tenant entre ses mains les clefs incrustées d'argent de sa demeure. Plus loin encore dans la campagne, on trouva neuf autres cadavres.

Heureusement toutes les maisons de Pompei n'ont pas été le lieu de si lamentables découvertes. On peut dire que, lors du désastre, la ville était relativement déserte. Quelques retardataires malheureux ou avides, des malades peut-être, d'autres qui crurent trouver dans les

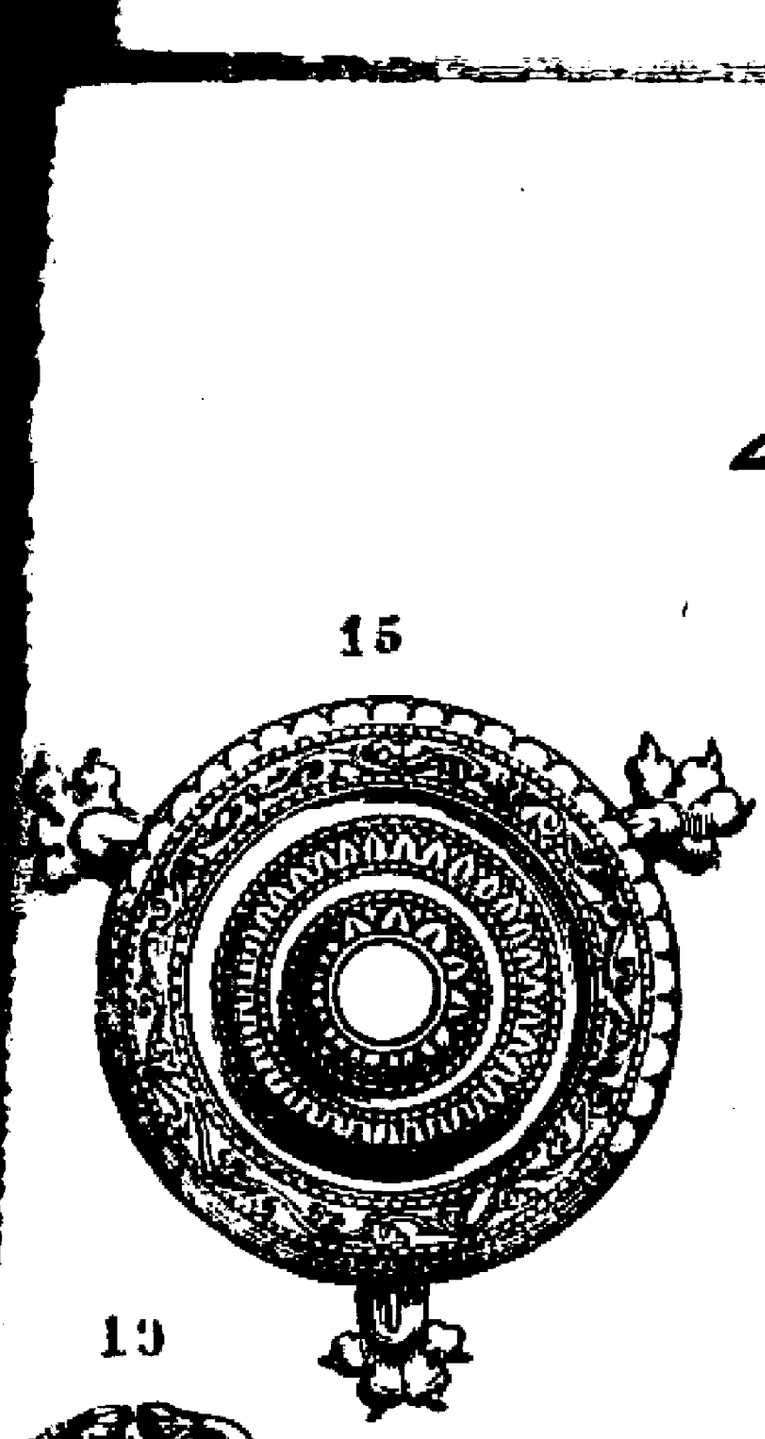
maisons un abri plus sûr que dans la campagne, durent être les seules personnes qui ne purent échapper.

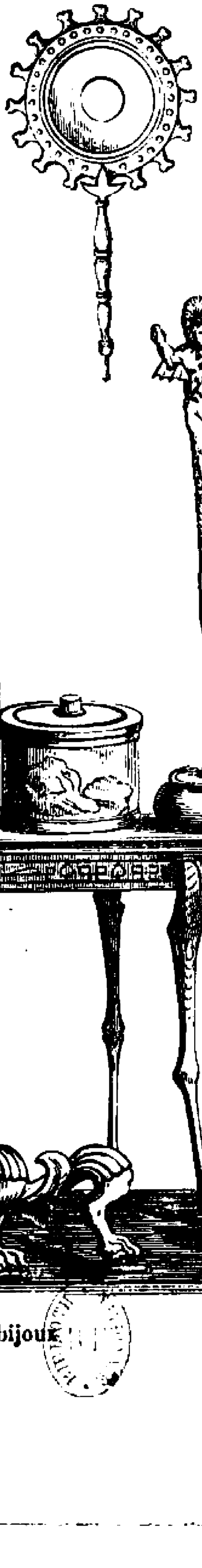
Revenons à la description de la ville elle-même ; et puisqu'il ne nous est pas loisible de donner des détails sur toutes les habitations privées, prenons-en une comme type et, à son occasion, essayons de reconnaitre les parties principales d'une maison particulière chez les anciens.

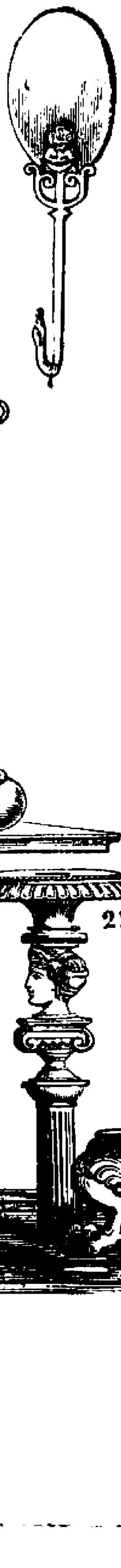
En façade sur la rue dite *de la Fortune* qui semble être une des rues importantes de Pompei, occupant un îlot entier de forme rectangulaire, entourée de rues sur ses quatre côtés, se trouvait l'importante maison d'un Pompeien riche et homme de goût, mais dont le nom est inconnu ; c'est la maison du Faune, ainsi nommée d'une charmante statue de bronze qu'on y a trouvée. Elle a été découverte en 1830, et on a pu reconnaitre avec soin tous les détails de son aménagement.

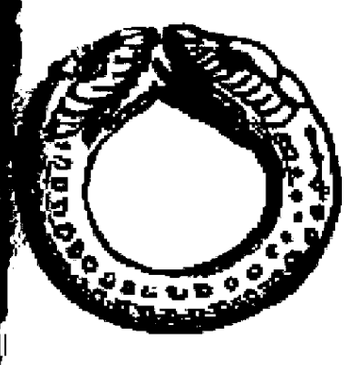
Jusque dans les dispositions de la maison Romaine on reconnait combien la vie extérieure était prédominante aux yeux des anciens. La maison était un endroit retiré où l'on ne séjournait que le temps nécessaire au repos et au besoin de la vie. Aussi les chambres étaient-elles en général petites et peu confortables. On remarque surtout l'absence presque absolue de cheminées, absence que n'explique pas suffisamment la nature du climat : car il y a des journées très froides, même sous le ciel de Naples. Les anciens, comme nos contemporains de cette région, faisaient probablement un grand usage du réchaud à charbon, le *brasero*. On a supposé aussi que les maisons étaient chauffées au moyen de tuyaux renfermant de l'eau chaude.

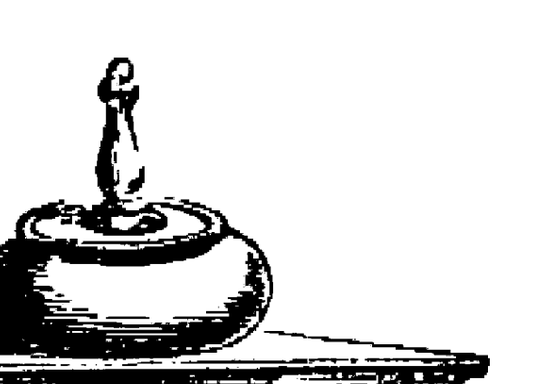
A l'extérieur, la maison ancienne présentait en général un aspect sombre et triste. Peu d'ouvertures sur le dehors, de grands murs blancs percés d'une baie étroite, et couverts d'un toit en tuiles rouges. Tout au plus comme ornementation deux colonnes ou deux pilastres appliqués s'appuyant aux deux côtés de la porte d'entrée.

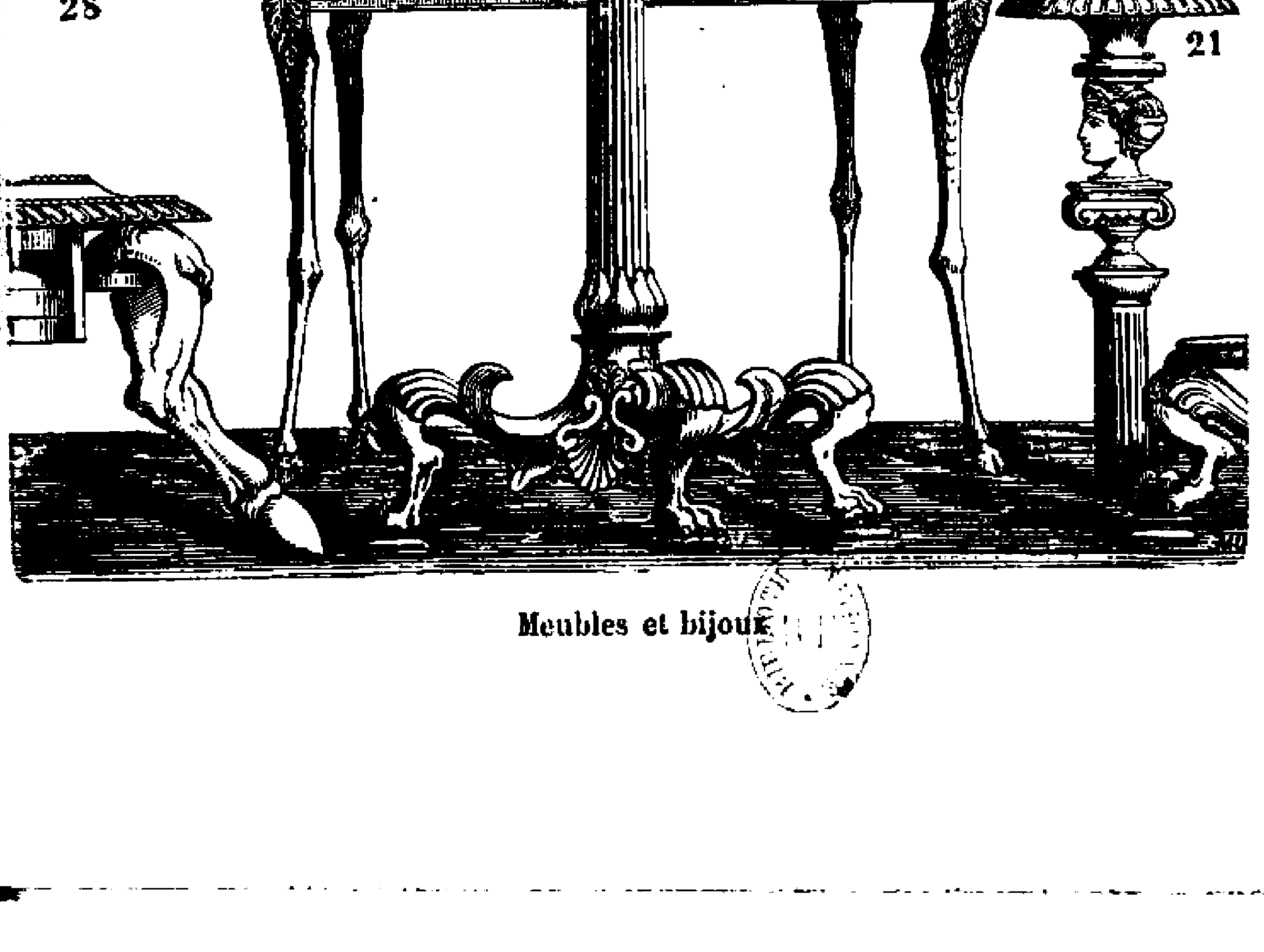






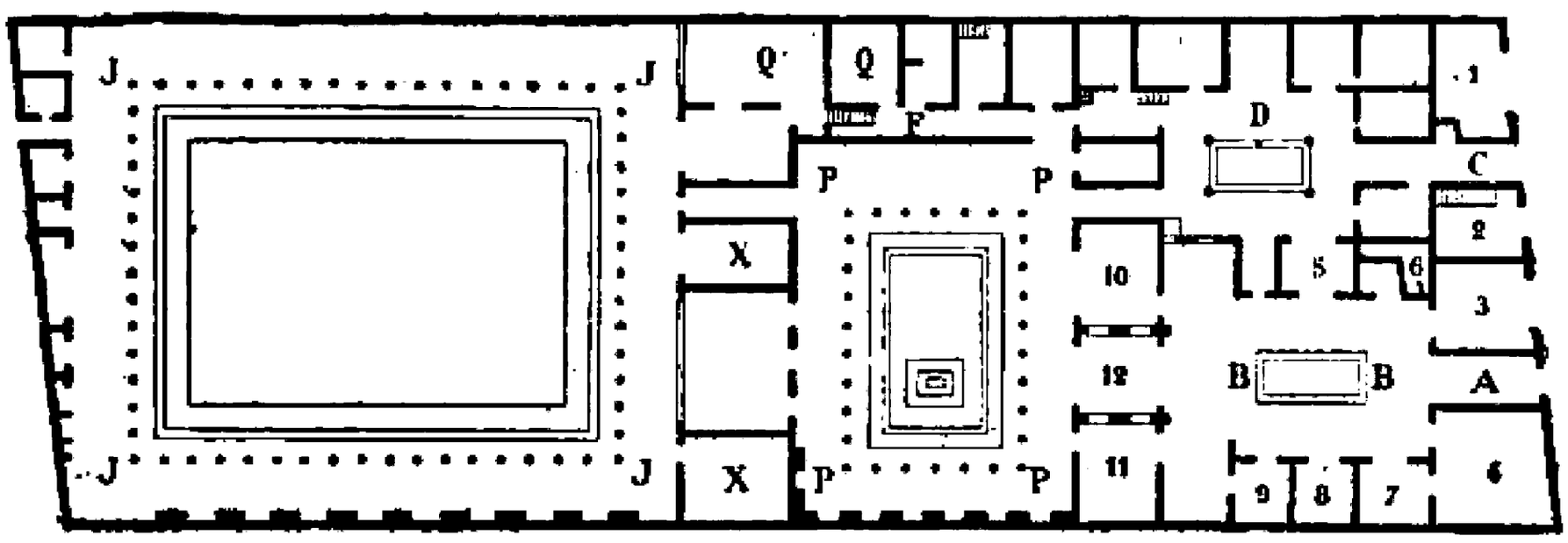






Si nous entrons, un chien de garde montre les dents et grogne; l'esclave-concierge (*ostiarius*) traînant sa chaîne, examine le nouvel arrivant. Quelquefois à vrai dire le concierge manquait, et le chien était simplement représenté en figure, comme le Suisse peint du château de Scudéry; c'est le cas dans une des plus jolies maisons de Pompei, où une mosaïque élégante représentait un chien aboyant, avec l'inscription: « cave canem » Prends garde au chien.

Allons plus loin encore. Toute maison bien conçue se divise en trois parties; l'une encore publique en



Plan de la Maison du Faune
D'après Breton.

quelque sorte, là où vont et viennent les esclaves, où les étrangers attendent, où les clients arrivent dès la pointe du jour pour présenter leurs hommages au patron. C'est la région de l'*atrium* et de ses dépendances.

La seconde partie de la maison romaine se groupe autour du *péristile*. C'est là l'endroit où se tient le maître, c'est là que donnent les entrées des salons, des salles à manger, des chambres à coucher.

Derrière enfin s'étendaient les jardins et les appartements d'été.

Nous allons, dans la maison du Faune, rencontrer ces trois grandes divisions et les étudier avec un peu de détail. Avant d'entrer par la porte principale qui ouvrait sur la rue de la Fortune, observons, qu'à Pompei, comme dans nos villes modernes, le rez-de-chaussée

des maisons privées était souvent occupé par des boutiques n'ayant que peu ou point de communication avec l'intérieur. C'est le cas dans la maison du Faune, où quatre boutiques étaient ménagées dans la façade (1, 2, 3, 4). Nous entrons par le corridor ou *prothyrum* (A). Ce corridor est coupé en deux par une porte double. Il est pavé en marbre de diverses couleurs. Les murs sont peints de façon à imiter le marbre.

Ce corridor ouvre sur l'*atrium* (B), c'est une espèce de cour intérieure, au milieu de laquelle se trouve une fontaine ou un bassin nommé *compluvium*. C'est au centre du compluvium que, sur un piédestal, se trouvait la statue du *Faune* qui a donné son nom à la maison. L'*atrium* avait des formes et des noms différents. Il était *toscan* quand il n'y avait point de colonnes; *tétrastyle*, quand il y avait quatre colonnes seulement, une dans chaque coin; *corinthien*, lorsqu'il était entouré d'un portique; en *carapace* (*testudinatum*), lorsqu'il présentait au milieu une sorte d'abri porté sur des piliers, et vêtu d'un toit de tuiles ayant quelque analogie avec l'écaille d'une tortue.

Tout autour de l'atrium sont disposées des chambres (5, 6, 7, 8, 9) qui servaient probablement l'une de loge au concierge, les autres de demeure aux esclaves et aux gens de service. Deux de ces chambres du fond avaient une disposition particulière et portaient un nom spécial. C'étaient les *alæ*. C'étaient des espèces d'antichambre ou de salles d'attente, décorées avec goût et où le maître du logis donnait audience aux personnes qui ne pénétraient pas dans l'intérieur.

Dans les *ailes* de la maison du Faune, le pavé était fait de mosaïques très élégantes que l'on conserve maintenant au musée de Naples, et qui représentent des oiseaux, des pigeons, des canards, des cailles.

Avant de pénétrer plus loin dans l'intérieur de l'habitation, il convient de remarquer que la maison du Faune présentait une particularité qui n'est pas ordi-

naire aux autres maisons de Pompei. C'est qu'elle avait une double entrée sur la rue, et un double *atrium*. L'autre entrée était en C. L'*atrium* D plus petit que le premier était de forme différente. Il était tétrastyle. Cette partie de la maison semble avoir été réservée plus particulièrement à la réception des hôtes. On a trouvé dans les chambres qui entouraient l'atrium des pieds de lit en ivoire, des cassolettes, et des boîtes à parfum.

Ce second atrium communiquait d'ailleurs avec le premier par une sorte de vestibule. D'autre part il donnait entrée à droite de l'habitation sur une série de chambres et d'appartements qui formaient ce qu'on appelle aujourd'hui les communs. On a cru pouvoir y reconnaitre des chambres d'esclaves, un pressoir pour les vins, une buanderie, une boulangerie, une cuisine. Toutes ces chambres donnaient sur un long corridor (*fauces* F) qui longeait le péristyle et qui conduisait directement du petit atrium au jardin.

Revenons dans le premier *atrium* et, pour pénétrer dans la partie la plus intime de la maison, traversons le *tablinum* (12) espèce de galerie où se trouvaient les titres de la famille et les images des aïeux. On sait que c'était un des plus vieux et des plus respectables usages des Romains de conserver ainsi la figure de ceux dont les exemples et les souvenirs honoraient la maison et servaient de modèle à leurs descendants.

> Tota licet veteres exornent undique cerœ
> Atria. Nobilitas sola est atque unica virtus.
>
> (JUVÉNAL.)

« Que les images de cire des aïeux emplissent ton atrium. La noblesse, la seule noblesse, c'est la vertu. »

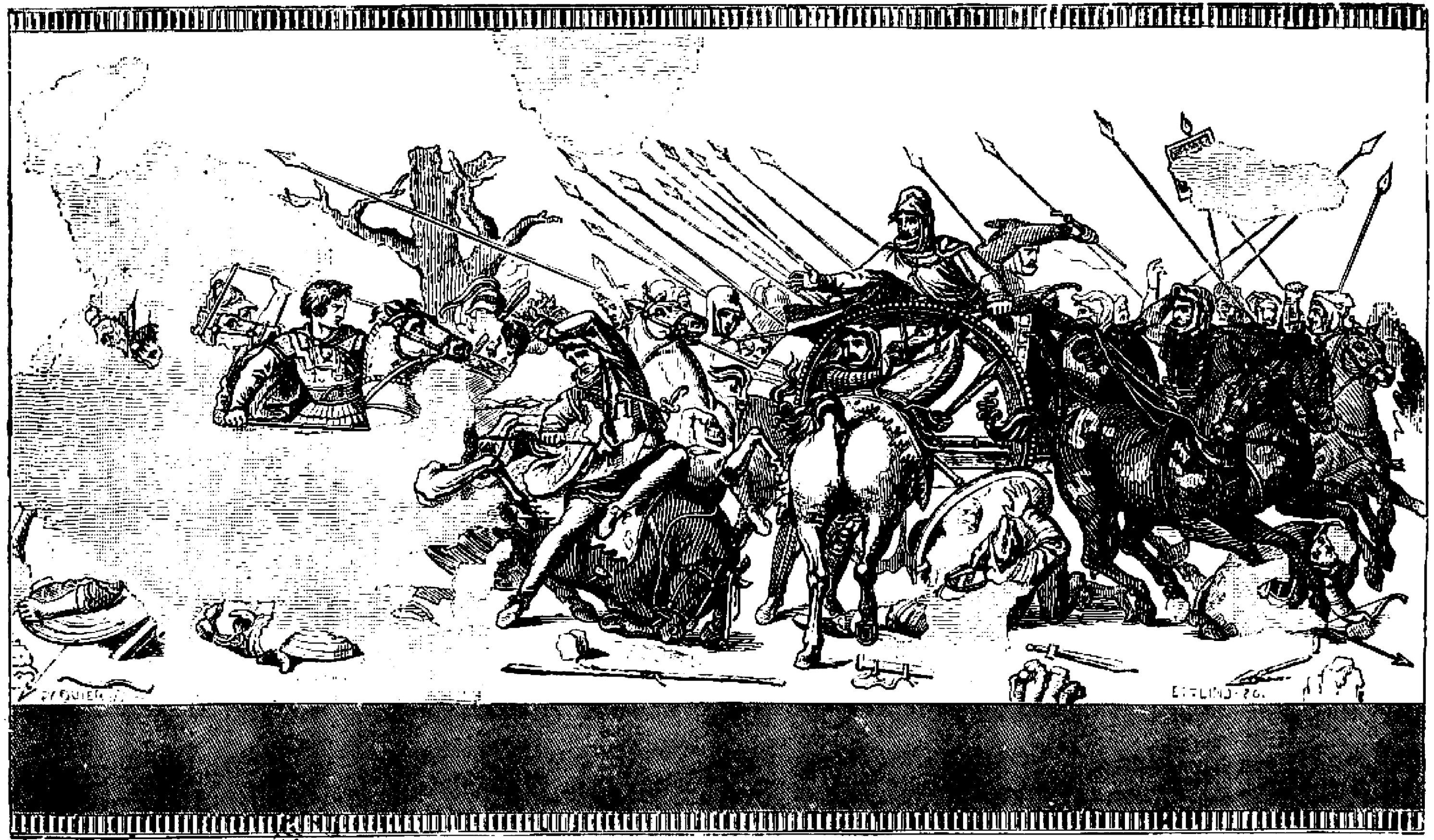
A droite et à gauche du tablinum sont deux chambres (10 et 11) qu'on suppose avoir été les salles à manger (*triclinia*). C'était d'ailleurs la place où ces salles se trouvaient d'habitude. Dans l'une et dans l'autre, le

pavé était décoré de très belles mosaïques, les unes et les autres représentant des sujets « de salle à manger », comme nous disons aujourd'hui ; dans l'une était représenté un *Bacchus à cheval sur une panthère*, dans l'autre des poissons, des écrevisses, etc.

En traversant le vestibule ou tablinum, nous entrons dans le *péristyle* (P) qui, large de 24 mètres et profond de 20 mètres, avait un portique soutenu par 28 colonnes cannelées d'ordre ionique. Au milieu de ce péristyle, se trouvait un petit bassin carré rempli d'eau, c'était là le point véritablement central et réservé de la maison antique. « Les conversations de l'atrium n'arrivent pas jusqu'au péristyle », dit Térence. Quelquefois, le bassin du milieu était remplacé par une corbeille de fleurs, le péristyle était toujours richement décoré.

Entre le péristyle et le jardin ou *xyste* se trouvaient plusieurs chambres de repos ou de communication (*exèdres*, X). C'est dans l'une d'elles que l'on a trouvé le 24 octobre 1851, une magnifique mosaïque représentant un sujet de combat entre Grecs et Barbares, dans lequel on croit reconnaître une des batailles d'Alexandre contre Darius. Cette mosaïque forme un tableau de $5^{m},50$ sur $2^{m},72$. On y compte 15 chevaux et 26 guerriers au quart du naturel; elle est maintenant au musée de Naples. Le sujet principal de l'action est un cavalier qui transperce de sa lance un autre cavalier richement vêtu au moment où celui-ci roule avec son cheval abattu. Près de là un écuyer semble tenir un cheval de rechange tandis qu'un corps de Barbares, cavaliers ou montés sur des chars, prennent la fuite dans le plus grand désordre. La beauté de l'exécution, la hardiesse des raccourcis, la vie répandue sur toute la scène, font de cette mosaïque l'une des pièces d'art à la fois les plus curieuses et les plus belles que nous ait laissées l'antiquité.

Cette chambre une fois traversée on pénètre dans le jardin (J) qu'entourait un superbe portique soutenue par 56 colonnes doriques. Au milieu de ce portique



Mosaïque de la maison du Faune représentant la bataille d'Arbelles.

se trouvait une *area* divisée probablement en plates-bandes, et sur laquelle étaient répandus des marbres et des bronzes, en particulier un *sphinx accroupi* qui est maintenant un des ornements du musée. Le fond du jardin qui donnait sur la ruelle de Mercure, était occupé par des chambres d'esclaves avec sortie sur la ruelle.

Il n'est pas douteux que la plupart des constructions de la maison du Faune, dont il ne reste plus aujourd'hui que le rez-de-chaussée étaient surmontées d'un premier étage où se trouvaient les chambres à coucher. Car, outre les nombreux débris que l'on en retrouve encore, on voit dans une des salles du fond du jardin, les premières marches d'un escalier.

On peut maintenant se rendre compte du luxe qui présidait à la construction et à l'aménagement des maisons particulières des riches Pompéiens. Les dispositions principales de la maison du Faune, on les retrouve dans la maison de Pansa, dans la maison de Diomède, dans la maison du poète, dans la maison de Salluste, variées seulement selon le goût de leurs propriétaires, ou la disposition du terrain. La maison de Diomède plus voisine de la campagne était remarquable par son riche jardin, par ses bains parfaitement aménagés. Elle rappelle plus que les maisons du centre de la ville, la description de la villa de Pline que cet écrivain nous a laissée dans ses Lettres.

Nous avons donné une idée générale des monuments publics et des maisons privées de Pompei, mais que ne nous reste-t-il pas à faire pour compléter le tableau de la ville antique, telle qu'elle était autrefois, et telle qu'elle apparaît encore aux visiteurs. Nous n'avons rien dit des monuments de second ordre, comme les arcs de triomphe, les casernes, les prisons, les bains publics. Ces derniers forment certainement l'un des plus curieux restes de la civilisation dans laquelle ils tenaient une place si considérable. Nous n'avons pas parlé non plus de ce côté si particulier et si intime de la vie

antique que nous a révélé la découverte successive des boutiques, boulangeries, fabriques de savons, boutiques de barbiers ou de parfumeurs, tavernes, fabriques de produits chimiques[1], etc.

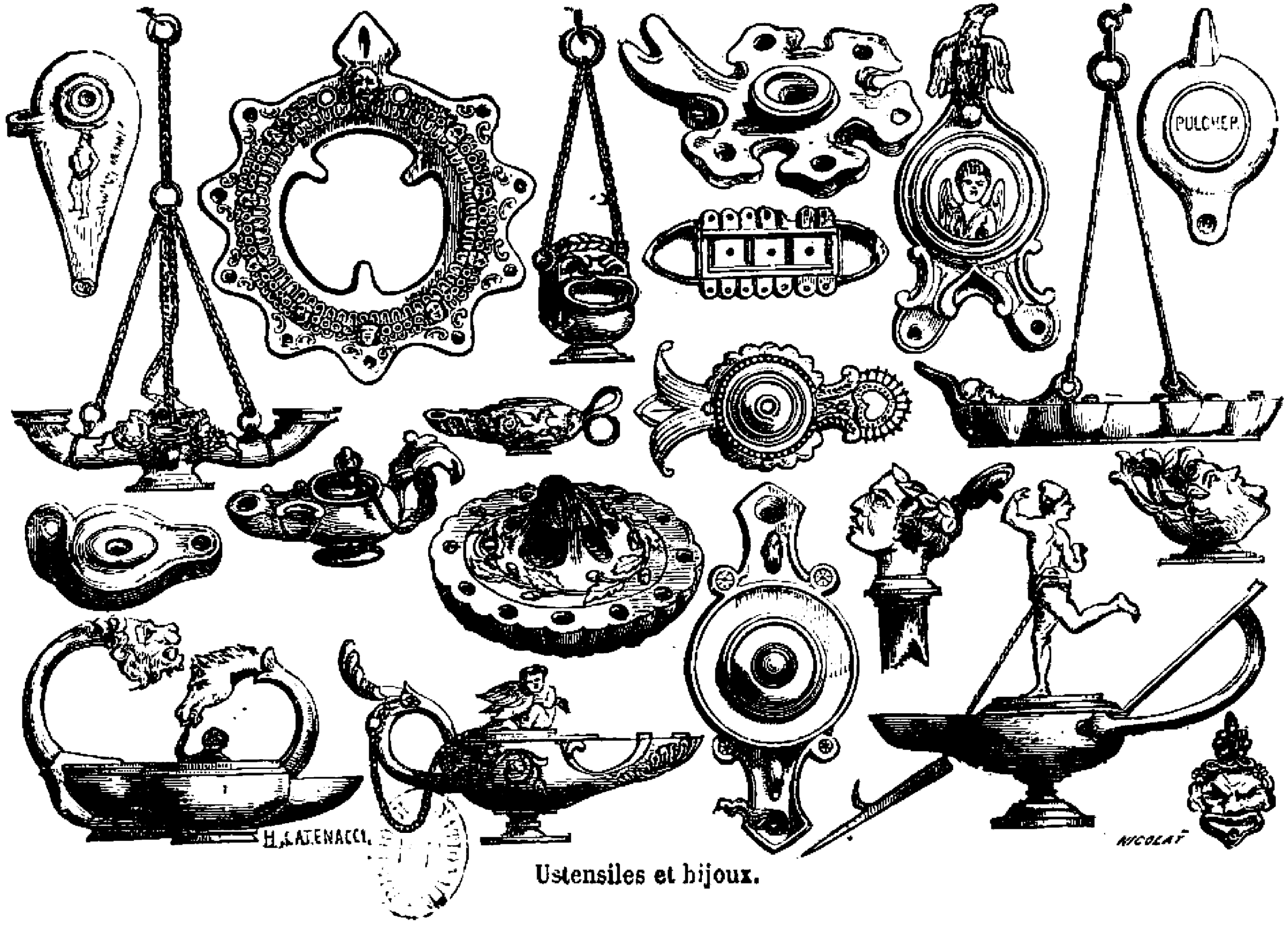
Surtout nous n'avons pas insisté assez sur cette innombrable quantité d'objets d'art qui ont complété par une moisson si abondante, les traces de cet amour du beau si généralement répandu chez les peuples de la Grande Grèce. Nous ne finirions pas à décrire ces marbres, ces bronzes, ces peintures, ces mobiliers richement ornés, ces bas-reliefs, ces bijoux où l'art et l'industrie de nos jours vont chercher le meilleur de leurs inspirations.

Mais ici comme à Thèbes, nous terminerons par les tombeaux et les demeures des morts ; étude qui convient pour clore le récit que nous avons fait de la mort et de la résurrection des nécropoles antiques.

Pour aller à Herculanum en suivant le faubourg Augusto Felix, on prenait la célèbre voie des Tombeaux. Là les Pompéiens, selon l'habitude romaine, avaient disposé, des deux côtés de la route la plus fréquentée, les élégants monuments où reposaient leurs morts, au milieu des bouquets d'arbres et des jardins. Chaque monument avait sa forme particulière, depuis l'opulente masse du tombeau de Scaurus, jusqu'à la simple borne du tombeau de l'une des Tyché. A côté de la plupart d'entre eux se trouvaient autrefois, et se voient encore aujourd'hui, des sièges en pierre ou en marbre, s'offrant à l'entrée même de la ville à la fatigue du voyageur.

C'est cet endroit même qui inspire à notre illustre contemporain, M. Renan, l'une de ses pages les plus charmantes : « Nous visitâmes surtout cette rue des Tombeaux, un des lieux les plus poétiques du monde ; nous nous assimes sur ces sièges hospitaliers que le

[1] Pour les détails de la vie privée des anciens Pompéiens, on ne peut mieux faire que de renvoyer au volume si intéressant que vient de publier M. Gaston Boissier, *Promenades archéologiques*. Hachette.



Ustensiles et bijoux.

mort offre aux vivants comme pour lui conseiller le repos (Oh ! le bon conseil que donnent les morts !). Nous allions saluer à la porte de la ville la place où fut trouvé le soldat fidèle, victime de son devoir, quand un de nos compagnons nous arrête brusquement : « Tout est changé, « nous dit-il, ce petit réduit n'est plus, comme on le « croyait, une guérite ; c'est bien à tort qu'on a voulu « voir dans le cadavre qui y fut trouvé les restes d'une « sentinelle qui aurait péri à son poste, acceptant le dan- « ger évident de l'asphyxie plutôt que de fuir. Cet homme « ne méritait pas les honneurs qu'on lui a rendus ; c'était « peut-être un voleur. » Cela nous rendit pensifs. Quoi ! même après la mort, un héros du devoir peut, selon les caprices de l'archéologie, être confondu avec un voleur ; le cadavre d'un voleur peut usurper, durant des années, par suite d'une erreur des antiquaires, les honneurs dus au héros ! Combien un jugement dernier est nécessaire pour reviser tout cela ! Mais dans celui-ci encore, que d'erreurs possibles ! » Et plus loin, poursuivant cette même idée du repos offert aux vivants par les morts, le même auteur fait allusion à un autre détail non moins pittoresque des tombeaux pompéiens. La présence de sorte de salles à manger, *triclinia*, près des monuments funéraires : « N'avez-vous pas « remarqué, me dit mon guide, dans la rue des Tom- « beaux, ces bancs en hémicycle, disposés exprès en « forme de *scholæ* pour que les passants y vinssent se « reposer, causer et disputer ? C'est une pensée aimable « du mort qui offre à ses survivants une minute agréable « et par-dessus tout ce bon conseil de goûter les joies « honnêtes de la vie sans s'imaginer qu'elles dureront « toujours. Et le festin funèbre, ne croyez-vous pas que « c'était un acte pieux à sa manière ? — Certainement, « répondis-je, et chez ceux de nos ancêtres qui conser- « vèrent plus longtemps les mœurs barbares, ce repas « devait aller jusqu'à l'ivresse, jusqu'à des batailles san- « glantes. Il en est encore ainsi en Irlande, en Bretagne

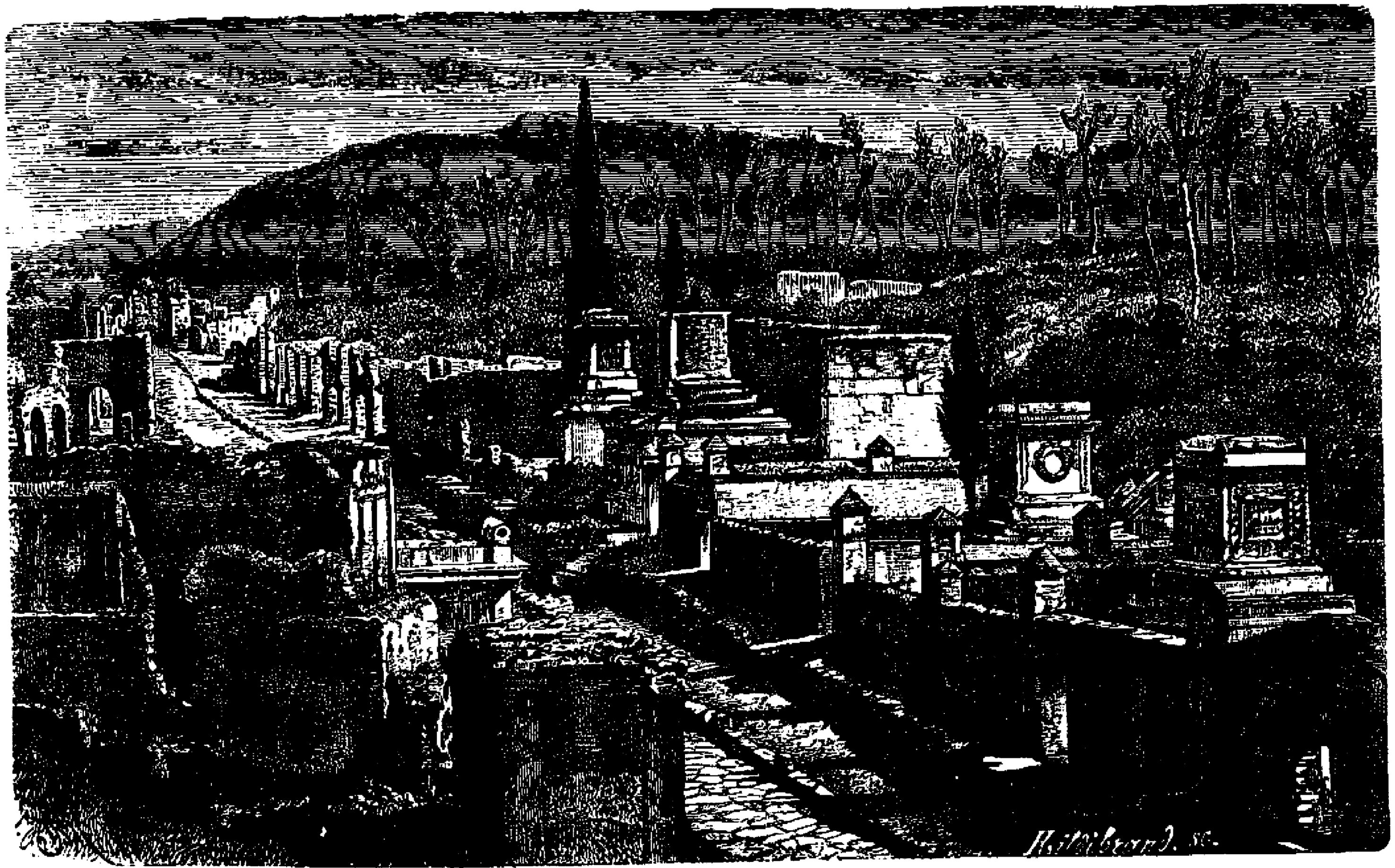
« aussi; on croirait manquer au mort si l'on revenait « des funérailles avec sa pleine raison. »

Parmi les plus remarquables des tombeaux pompéiens nous citerons celui de Scaurus composé d'un cippe de pierre élevé sur trois gradins portés eux-mêmes sur un large soubassement. Sur le cippe se trouvait l'inscription annonçant que le tombeau avait été élevé à la mémoire du duumvir Aricius Scaurus, en partie aux frais de la ville de Pompei. Tout autour du soubassement régnaient des rangées de bas-reliefs représentant des combats de gladiateurs. Ils ont fourni les plus curieux détails sur ces sortes de spectacles si chers au peuple romain. Malheureusement ils sont aujourd'hui en mauvais état et presque détruits. Le soubassement recouvrait la salle funéraire ou *columbarium* entourée de quatorze niches dans lesquelles les urnes avaient dû être déposées.

Le tombeau de Nœvoleia Tyché était un magnifique monument en marbre blanc, ayant à peu près la même disposition extérieure que le tombeau de Scaurus. Les bas-reliefs qui se trouvaient sur le cippe représentaient un convoi funèbre. Sur un des côtés était sculptée une barque arrivant au port, symbole du repos qui suit l'agitation de la vie. Dans le columbarium placé au-dessous de l'autel, on a retrouvé des urnes de vitrage enfermées dans d'autres en plomb et contenant les cendres et les os des morts ; près de ce tombeau il y avait un *triclinium* funèbre.

On pourrait citer encore *le tombeau rond* dont l'autel avait la forme d'une tour, la *tombe souterraine*, où l'on a trouvé de beaux vases d'albâtre, *le cénotaphe* de Calventius, *l'hémicycle couvert*, tous entremêlés aux boutiques et aux hôtelleries des faubourgs.

Mais nous poursuivons notre route et jetant un dernier regard sur la ville encore à demi ensevelie dans son triste linceul, nous gagnons la porte d'Herculanum, nous dirigeons nos pas vers cette autre ville qui a été



Rue des Tombeaux.

la sœur de Pompei dans la vie et qui est restée sa sœur dans le malheur et dans la gloire.

L'importance des fouilles à Herculanum est beaucoup moins grande que celle des fouilles faites à Pompei. Et pourtant Herculanum a été découverte la première; et le peu que l'on connaît d'elle fait espérer que la moisson artistique peut être encore plus heureuse ici que là. En effet Herculanum était la ville des amateurs et des rentiers, tandis que Pompei était la ville des travailleurs, des marins et de la bourgeoisie active.

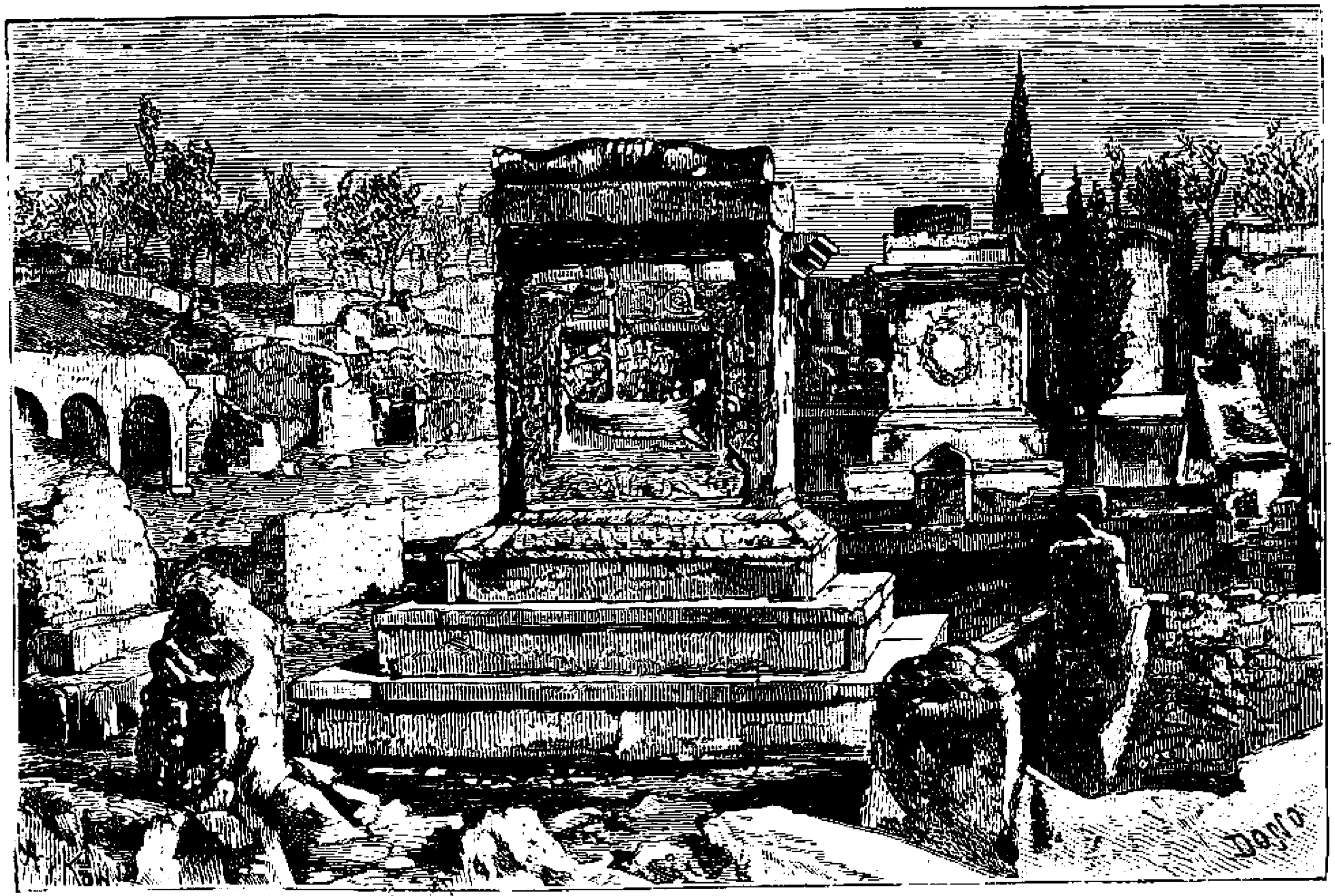
Mais une raison grave a suspendu et retardé indéfiniment les travaux d'Herculanum. Tandis que Pompei s'est trouvée, ainsi que nous l'avons dit, ensevelie sous une couche de *lapilli*, petits cailloux qui mêlés à la cendre sont faciles à enlever, Herculanum au contraire, plus voisine du Vésuve, s'est trouvée enfouie et moulée pour ainsi dire, sous un torrent de laves. La lave a durci, et si elle a conservé d'une façon vraiment étonnante les objets qu'elle recouvre, par contre, le travail qu'il faut faire pour la percer et la briser, est bien plus rude que celui qui permet de déblayer Pompei. De là la cause de la lenteur et des interruptions des recherches à Herculanum.

D'ailleurs la physionomie générale que pouvait présenter cette ville, quoique plus riche que sa voisine, ne devait pas en différer notablement. Le peu que l'on a vu des maisons et des édifices d'Herculanum concorde absolument avec ce que nous connaissons déjà. Les seuls éléments nouveaux qu'offrent les parties bien minimes d'Herculanum qui sont aujourd'hui mises au jour porte plutôt sur les détails que sur l'ensemble. Nulle part on n'a trouvé de plus beaux bronzes, de plus beaux marbres. Tout fait espérer que des recherches entreprises avec méthode amèneront la découverte d'un véritable musée d'antiquités sans égales. Malheureusement, il faut

le dire, les fouilles, telles qu'elles ont été entreprises à la fin du dix-huitième et au début du dix-neuvième siècle, ont été très mal dirigées; les ruines à peine déblayées ont été recouvertes. Les plans et les figures ont été mal pris ou mal conservés. Les pièces d'art elles-mêmes et les inscriptions ne nous sont pas toutes parvenues en bon état.

Aussi, après avoir indiqué rapidement l'existence d'une *Basilique* (que les anciens archéologues ont pris pour le forum), et d'un *Théâtre* immense pouvant contenir plus de 10 000 spectateurs, mais analogue dans sa forme générale à celui de Pompei, nous donnerons quelques détails seulement sur la plus importante des découvertes faites à Herculanum, la *Maison des Papyrus*.

Cette maison fut mise au jour en 1750 par un particulier qui creusait un puits. Charles III y fit poursuivre des fouilles pendant près de dix ans. On découvrit ainsi presque en entier la plus importante des maisons privées qui soit sortie des fouilles entreprises aux environs du Vésuve. Malheureusement le plan qui fut levé, dit-on, à cette époque, n'a pas été publié, et l'on en est réduit, pour se faire une idée de sa disposition, à citer le passage que Winckelmann lui a consacré : « Cette maison de campagne, dit-il, renfermait une grande pièce d'eau longue de deux cent cinquante-deux palmes de Naples (66^{m},30) et large de vingt-sept palmes (7^{m},10), dont les extrémités se terminaient en portion de cercle. A l'entour de cet étang, il y avait ce que nous nommons des compartiments de jardin, et il régnait tout le long de l'enceinte un rang de colonnes de briques revêtues d'une couche de stuc, au nombre de vingt-deux sur le côté le plus long et de dix dans la largeur. Ces colonnes portaient des solives appuyées par un bout sur le mur de clôture du jardin ce qui formait une feuillée ou berceau autour de l'étang. On trouvait sous cet abri des cabinets de formes différentes, soit pour la conversation, soit pour prendre le bain; les uns en demi-cer-



Tombeau de Tyché.

cle, les autres carrés par leur plan; des bustes ainsi que des figures de femmes en bronze étaient placés alternativement entre les colonnes. Un canal d'une médiocre largeur circulait le long de la muraille du jardin, et une longue allée conduisait au dehors à un cabinet ou pavillon d'été de forme ronde et percé de toutes parts, lequel s'élevait de vingt-cinq palmes de Naples (6m,60) au-dessus du niveau de la mer. Au sortir de la longue allée, on montait quatre marches et l'on parvenait ensuite à un pavillon où l'on a trouvé un beau pavé de marbre d'Afrique et de jaune antique[1] ».

Cette maison est ornée de tout ce que l'art antique a produit de plus beau et de plus raffiné. Les collections qui s'y trouvaient rassemblées étaient d'un si haut prix que les anciens eux-mêmes avaient essayé en fouillant la lave d'en reprendre quelque partie. Mais ils se découragèrent vite, et ce qui nous en reste dépasse probablement de beaucoup ce qu'ils ont pu emporter.

C'est par centaines que l'on compte les bronzes et les marbres aujourd'hui conservés au musée de Naples, et qui proviennent de cette maison. C'est le merveilleux *Faune ivre*, qui était dans le jardin entre deux statues représentant des coureurs; c'est l'*Aristide*, d'une beauté sans égale, et dont la seule présence dans les fouilles mériterait de faire donner à cette maison le nom de *Maison du Philosophe;* ce sont les bustes de Sapho, Platon, Épicure, Héraclite, Démocrite, d'Auguste, de Livie, d'Agrippine, de Caligula, de plusieurs Ptolémées, ce sont des satyres, des sylènes, des animaux, des oiseaux en bronze et en marbre; ce sont encore des peintures parmi lesquelles le célèbre camaïeu sur marbre représentant *des femmes jouant aux osselets*[2].

[1] V. Winkelmann, *Déc. d'Herculanum*, 4e partie, p. 38.

[2] M. Ravaisson voit dans ces sujets la représentation des plaisirs innocents auxquels se livrent les âmes des bienheureux après la mort lorsqu'elles se trouvent réunies dans les Champs-Élyséens.

Ces découvertes si importantes ont été complétées d'une façon aussi heureuse qu'inattendue par celle de la bibliothèque faite le 3 novembre 1783. On retrouva là près de 2000 volumes de papyrus, que la lave avait protégés en endommageant seulement les parties extérieures. Il faut, pour se rendre compte de ce fait, ne pas oublier que les livres des anciens prenaient leurs noms de *volumina* (du verbe *volvere*), de ce qu'ils étaient réellement roulés, à peu près comme nos rouleaux de papiers de tentures ou comme nos cartes géographiques. On n'écrivait que sur un seul côté du papyrus, et les volumes, une fois roulés, étaient posés les uns sur les autres dans des armoires qui servaient de bibliothèques.

Quoique les manuscrits trouvés à Herculanum fussent en apparence collés et en partie carbonisés, il a été possible, grâce à un procédé ingénieux, inventé par un savant italien, de les dérouler en les appliquant au fur et à mesure sur une peau de baudruche. Ainsi, on a pu lire quelques centaines de manuscrits qui, par le choix, ont bien prouvé ce que nous disions plus haut, d'après le choix des bronzes, de la nature d'esprit du mondain raffiné qui, dans les temps anciens, réunit cette précieuse collection. En effet, ce sont surtout les œuvres des philosophes, la plupart écrites en grec, qui composaient sa bibliothèque. Nous citerons un fragment du traité d'Épicure, les œuvres de Philodème, épicurien du temps de Cicéron, et seulement, comme œuvres latines, un poème attribué à Rabirius.

En somme, au point de vue littéraire, si l'on en juge par ce que l'on connaît déjà, la découverte n'a pas été aussi importante qu'on eût pu l'espérer tout d'abord.

Malgré les résultats considérables amenés par les recherches entreprises au dix-huitième siècle, les fouilles furent suspendues à Herculanum, dès que

Aristide.

Pompei fut découverte. Le peu qui en avait été fait, d'ailleurs, ne donna pas lieu de regretter qu'elles

Joueuse d'osselets.

n'aient point été poursuivies à cette époque. Si nous en croyons Winkelmann, elles avaient été conduites dans

le plus déplorable esprit. A titre de preuves, nous lui emprunterons l'anecdote suivante : « Au-dessus du théâtre, dit l'antiquaire allemand, il y avait un quadrige, c'est-à-dire un char attelé de quatre chevaux; la figure placée dans le char était de grandeur naturelle; ce monument était de bronze doré et l'on voit encore la base de marbre blanc sur laquelle il était assis. Quelques personnes assurent qu'au lieu d'être un char à quatre chevaux, il y en avait trois à deux chevaux chacun; variété dans les rapports qui prouve le peu d'intelligence et de soin de ceux qui ont conduit cette fouille. Ces ouvrages de sculpture, comme on le croira sans peine, avaient été renversés par la lave, écrasés, mutilés; cependant quand on les a découverts toutes les pièces existaient encore. Mais de quelle façon s'est-on conduit lorsqu'on a recueilli ces précieux débris? On les mit pêle-mêle sur un chariot qui les transporta à Naples; on les déchargea dans la cour du château, où ils furent jetés indistinctement dans un coin. Ce métal demeura longtemps dans cet endroit, regardé comme de la vieille ferraille; ce ne fut que lorsqu'on se fut aperçu que plusieurs morceaux manquaient pour avoir été dérobés, qu'on résolut de mettre en honneur ce qui en restait, et voici en quoi l'on fit consister cet honneur; on fondit une grande partie du métal pour former en grand les deux bustes du roi et de la reine! »

Cependant, à une époque plus moderne, on a repris le travail des fouilles à Herculanum. Cette nouvelle entreprise date de 1828, on a pu découvrir ainsi les rues qui conduisaient au théâtre et quelques maisons importantes, en particulier, la *maison d'Argus*, ainsi nommée d'une belle peinture représentant *Mercure devant Argus et Io*. On a pu compléter aussi les études sur le théâtre, et surtout remarquer combien les fouilles d'Herculanum pourraient produire de résultats supérieurs à ceux de Pompei, du moins au point

de vue de l'art et de la parfaite conservation. Mais le travail ici sera pénible. Et il ne nous reste plus qu'à nous associer au vœu récemment formulé par un critique, que quelque riche archéologue s'applique à la recherche des antiquités d'Herculanum. Il y a une ville moderne à démolir, beaucoup d'argent à dépenser et, certainement « beaucoup de gloire à acquérir. »

CONCLUSION

En essayant d'esquisser dans les tableaux qui précèdent l'image de sept villes retrouvées, nous nous sommes efforcés de ne pas sortir du cadre unique que nous nous étions imposé à l'avance. C'est de l'antiquité classique seulement que nous avons voulu nous occuper. Mais nous avons désiré aussi présenter l'image particulière de chacune des civilisations qui sont les ancêtres les plus directs de la civilisation moderne.

Aussi nous ne nous sommes guère écartés du littoral méditerranéen.

Thèbes nous a fait pénétrer dans quelques-uns des secrets de la mystérieuse Egypte, à laquelle la Grèce dut la meilleure part de sa première éducation.

Lorsque nous avons gagné *Ninive* et *Babylone*, nous nous sommes enfoncés un peu davantage dans l'intérieur du continent asiatique. Mais de là nous avons pu jeter un coup d'œil sur les difficiles problèmes des premières migrations humaines, sur les premiers empires constitués, sur l'état ancien des populations aryennes et enfin sur un art particulier, original, autochtone, que beaucoup de liens rattachent au développement plus parfait de l'art européen.

Troie nous a rapproché de la Grèce, tout en nous laissant encore, par suite de l'incertitude qui plane sur

les découvertes inattendues de M. Schliemann, dans un monde mystérieux, dont on ne saurait trop dire s'il est barbare ou s'il est civilisé. En tous cas, les souvenirs de l'antiquité homérique nous ont suivis sur cette côte et ont été souvent notre guide, toujours l'objet de notre préoccupation et de notre examen.

L'Asie, à son tour, ne nous a pas quittés alors que nous abordions à *Carthage*. Ici c'est la Phénicie, colonisatrice par excellence et peut-être le plus grand agent de civilisation qui ait existé dans les temps anciens, c'est la Phénicie que nous avons retrouvée sur la côte africaine, au centre même du bassin, en face de l'Italie. Et si l'histoire des peuples voisins, soumis ou rivaux, des habitants de l'Espagne, de la Sicile, de la Grande Grèce, de Rome enfin, se trouve mêlée à celle de Carthage, ce n'est là qu'une union factice qui n'a guère d'autre lien que la guerre ou la servitude, et qui n'a eu d'autre résultat que la destruction.

Pompei et *Herculanum* enfin nous ont montré, comme réunis dans un microcosme, les résultats les plus parfaits des différentes ébauches que les civilisations antérieures avaient tentées. Ici la Grèce et Rome se sont donné la main, l'une apportant son génie original, artistique, actif, amant du beau sous quelque forme qu'il se présente, l'autre son idée de force, de régularité, de constance, ses qualités pratiques et l'orgueil de la domination du monde; toutes deux ajoutant ici à leurs qualités propres heureusement mélangées ce qu'elles avaient amassé d'expérience et de scepticisme, d'études et d'habileté, de procédés divers et d'idéal, dans la longue fréquentation des peuples qui les avaient précédées ou accompagnées dans leur marche civilisatrice.

Après avoir ainsi accompli un cycle dont les points culminants sont les villes les plus célèbres qu'ait connues l'antiquité ou qu'aient remises à la lumière les investigations de la science moderne, nous avons pu nous faire une idée assez exacte de la vie de la plus grande et de

la plus célèbre partie des nations de l'antiquité. Mais nous avons été loin d'épuiser un sujet que les recherches de la science élargissent de jour en jour.

Depuis qu'on s'est aperçu des richesses archéologiques que renfermait le sol, on s'est mis, avec une ardeur sans égale, à le fouiller de toutes parts. Pas de coin de terre qui n'ait conservé quelques traces de l'industrie humaine ; pas de coin de terre où ne se soit mise déjà la bêche de l'homme de science, où elle n'aille bientôt se mettre.

Depuis les sables de l'Asie et de l'Afrique jusqu'aux tourbes et aux marais de la Suisse, jusqu'aux landes de la Bretagne, jusqu'aux fondrières de l'Italie, partout on creuse et l'on découvre. Les gouvernements européens rivalisent entre eux dans cette recherche, et les particuliers eux-mêmes, à leurs risques et périls, entreprennent parfois et exécutent des œuvres devant lesquelles les gouvernements peut-être auraient reculé.

Il semble que nos générations, ardemment poussées par le désir de retrouver la moindre trace laissée par celles qui les ont précédées sur la terre, aient pris pour devise les beaux vers du poète :

> Je ressusciterai les cités submergées
> Et celles dont le sable a couvert les monceaux.

Remettre sous les yeux le spectacle d'un travail si actif à la fois et si heureux, c'est montrer combien il serait ardu de donner même un résumé rapide de tout ce que comporte le titre de notre volume : *Les Villes retrouvées*. Nous n'avons pu guère que suivre les grandes lignes, laissant aux savants spéciaux le soin d'entrer dans les détails de leurs curieuses investigations.

Les civilisations classiques elle-mêmes, comme la Grèce, l'Asie-Mineure, les îles de l'Archipel, l'Italie, seraient aisément encore l'objet d'un volume pareil à celui-ci ; c'est avec regret que nous avons dû passer

sous silence les découvertes de Santorin, les ruines de Palmyre, de Baalbek et de Petra dans le désert, les beaux résultats qu'ont produits les nouvelles recherches de M. Schliemann à Mycènes, celles de M. Carapanos à Dodone, celles de MM. Hirschfeld et Böttticher à Olympie. Récemment encore les journaux, annonçaient la découverte d'une nouvelle ville antique dans les champs incultes de la Pouille [1].

Ce n'est pas seulement le milieu habituel de nos études qui fournirait ample matière à de nouveaux étonnements ; les terres mêmes inconnues à nos ancêtres du bassin méditerranéen, s'ouvrent aujourd'hui pour nous offrir une moisson non moins abondante. Il n'y a pas bien longtemps que les prodigieuses ruines des villes Khmer ont appris au monde européen qu'en dehors des civilisations, dont nous connaissons le graduel développement, se sont développées, et se sont manifestées dans un tout autre sens des civilisations étranges, un art original, abondant, audacieux, qui déroute toutes nos idées en matière d'esthétique.

L'Amérique elle-même, quoique « jeune continent », nous a produit des ruines dignes d'étude. Là aussi des villes ont été *retrouvées*. Les anciens peuples du Pérou et de l'Amérique centrale ont poussé loin les progrès de l'industrie humaine.

Les Incas avaient leur capitale à Cuzco et étendaient une autorité sans borne sur un peuple organisé comme une ruche d'abeilles. Tout le pays était taillé sur un patron uniforme. Toute force et toute action découlait de la puissance royale et divine, enfermée dans les enceintes concentriques de Cuzco. L'architecture était cyclopéenne, la décoration pompeuse, le luxe inouï.

Dans l'Amérique centrale, la civilisation aztèque ne fut pas moins brillante. « Les arts et l'industrie avaient acquis un grand développement dans ces régions. La

[1] On croit qu'il s'agit de la ville de Sipontum dont parlent Strabon, Polybe et Tite-Live.

poterie, l'orfèvrerie, la bijouterie donnaient des produits qui font encore notre admiration. On tissait, teignait, peignait des étoffes superbes. Au moyen de plumes d'oiseaux, non seulement on composait des ornements très-originaux, mais des artistes faisaient de véritables mosaïques de toute beauté. On sculptait et façonnait le bois de façon à garnir les habitations de très beaux meubles. Le mobilier était d'ailleurs très confortable et très complet déjà ; et l'on aura une idée du raffinement de ces Américains quand on saura qu'ils usaient de miroirs polis, en métal ou en pierre brillante, de cuillières et de couteaux en mangeant, d'écrans pour se garantir de l'ardeur du feu, de parfums et de bien d'autres objets de luxe.

« Tandis que la cabane du pauvre et de l'homme du peuple était en bois, en roseaux ou en briques crues, recouverte de chaume ou de feuilles de palmier, les palais des grands étaient de majestueuses constructions de pierre, aux portes et aux murs couverts de peintures, de sculptures et de bas-reliefs étonnants, d'un art très original..... Les temples étaient aussi d'une architecture puissante. Les villes abandonnées du Yucatan et du Guatémala, Palenqué, Copan, les débris des grands monuments de l'Anahuac sont les témoins de cette antique et grandiose civilisation [1] ».

On le voit, le champ est vaste. L'histoire de la vieille humanité a beaucoup à apprendre encore.

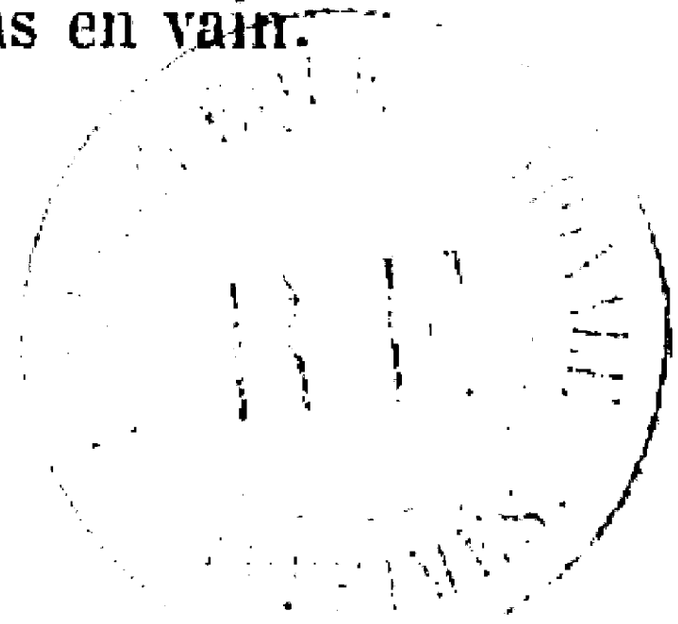
L'importance des études archéologiques est apparue maintenant dans son plein jour. C'est par elles seulement qu'on parviendra à compléter le cercle des recherches entreprises pour reconnaître quelle fut la vie de nos aïeux.

Et cette étude n'est pas vaine ; il ne faut pas dire comme le poète anglais : « Les morts sont morts, pourquoi troubler leurs cendres ! » Il est bon au contraire

[1] Girard de Rialle, *Les peuples de l'Afrique et de l'Amérique*, p. 170.

de s'instruire de leurs exemples et de s'intéresser à leur gloire. C'est à leurs travaux inconnus que nous devons ce qu'il y a aujourd'hui de bien-être et de vertu sur la terre.

Le résultat atteint, si évidemment supérieur aux premiers essais des peuples enfants, donne au moins cette conviction consolante qu'aucun travail n'est superflu, que si le but échappe, du moins on marche, et que notre peine n'est pas en vain.



FIN.

TABLE DES GRAVURES

1. Bourgade lacustre. 3
2. Les plus anciennes haches (trouvées à Saint-Acheul). . . 5
3. Haches en pierre 6
4. Têtes de lances 7
5. Têtes de flèches 8
6. Débris de chanvre et de toiles 9
7. Haches en pierre polie. 11
8. Vases de Clusium 24
9. Murs de Norba 25
10. Tombeau étrusque. 29
11. Vue de Thèbes du plus loin qu'on peut l'apercevoir . . . 39
12. Roi égyptien (Sevekhotep III) 41
13. Colosse de Memnon 47
14. Le roi Ramsès dans la bataille 52
15. Ruines de Thèbes 57
16. Karnak (état actuel) 61
17. Plan des ruines de Karnak 65
18. Entrée de Louqsor. 71
19. Jardins d'Hathor. 79
20. Combat naval contre les alliés de l'Asie Mineure. 83
21. Colonne du temple Rhamsès II 89
22. Transport de matériaux 111
23. Babil. 123
24. Carte de Babylone. 127
25. Plaine de Babylone 131
26. Birs-Nimroud (ancienne Babel) 135
27. Façade du palais de Khorsabad. — Restauration 145
28. Portes de Ninive. 147
29. Le colosse Kheroubim 149
30. Supplice des prisonniers 154
31. La chasse du roi à Koyoundjik 155
32. Murs émaillés. 157
33. Poteries assyriennes. 159

54. Bijoux et amulettes 161
35. Vaisseau des Teucriens à Médinet-Habou 175
36. Plaine de Troie 185
37. Métope 188
38. Poteries troyennes. 189
39. Vase à deux embouchures 198
40. Poteries troyennes. 198
41. Poteries troyennes. 200
42. Poteries troyennes. 201
43. Fusaïoles. 203
44. Pendants d'oreilles. — Trésor de Priam 207
45. Diadème. — Trésor de Priam. 209
46. Aqueduc de Carthage 225
47. Ports de Carthage. 235
48. Utique. 247
49. Citernes de Carthage. 257
50. Monnaies carthaginoises 261
51. Monogramme de Tanit. 263
52, Main de Dieu 263
53. Ruines du temple de Baal-Hammon 265
54. Stèle de M. Euting. 267
55. Le Bélier (Baal) 268
56. Stèle ornée. 269
57. Palmier entre deux piques 270
58. Charrue 271
59. Chariot. 271
60. Carte de la Campanie 275
61. Pompei (état actuel). 291
62. Plan des fouilles de Pompei. 295
63. Le Forum 301
64. Temple de Vénus 307
65. Petit théâtre 319
66. Amphithéâtre. 323
67. Péristyle de la maison de Pansa. 327
68. Meubles et bijoux 331
69. Plan de la Maison du Faune 333
70. Mosaïque de la maison du Faune représentant la bataille d'Arbelles 337
71. Ustensiles et bijoux 341
72. Rue des Tombeaux. 345
73. Tombeau de Nœvoleia Tyché 349
74. Aristide 353
75. Joueuse d'osselets 355

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

LES VILLES ANCIENNES 1

Les cités lacustres 2
Les villes bibliques 12
Les villes syriennes 15
La colonisation phénicienne 21
Les cités égyptiennes 33

I. THÈBES D'ÉGYPTE 57

II. NINIVE ET BABYLONE 101

III. TROIE 163

IV. CARTHAGE 215

V. POMPEI ET HERCULANUM 273

CONCLUSION 339

TABLE DES GRAVURES 355

1681. — Imprimerie A. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES MOTEURS

ANCIENS ET MODERNES

PAR

H. DE GRAFFIGNY

OUVRAGE

ILLUSTRÉ DE 106 GRAVURES DESSINÉES SUR BOIS

PAR L'AUTEUR

8994.

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

LES MOTEURS

ANCIENS ET MODERNES

AVANT-PROPOS

Moteur, du latin *movere*, mouvoir, se dit en mécanique de tout appareil produisant un mouvement quelconque.

Au mot *machine*, le dictionnaire de Littré donne cette définition : — Instrument propre à communiquer du mouvement ou à saisir et prendre, ou à mettre en jeu quelque agent naturel comme le feu, l'air, l'eau, etc.

Un des collaborateurs de la *Bibliothèque des merveilles*[1] a exprimé plus complètement la même idée en ces termes : « Une machine est un produit de l'intelligence et du travail de l'homme, destiné à suppléer à notre faiblesse, en nous permettant de faire un emploi utile des forces que la nature met à notre disposition. »

L'étude des moteurs et machines que nous offrons au public est divisée en neuf sections ou parties distinctes, comprenant plusieurs divisions et subdivisions. Voici l'ordre que nous avons suivi :

[1] Les *Machines*, par Édouard Collignon.

1° Les moteurs animés, tirant leur puissance motrice de la chaleur développée par la combustion de leurs aliments dans les poumons et l'appareil circulatoire;

2° Les moteurs employant la force du vent, ou aériens;

3° Ceux utilisant l'eau d'une façon quelconque, ou hydrauliques.

4° Les machines accessoires et baromotrices, se basant sur l'effort naturel de la pesanteur;

5° Les moteurs employant l'air, soit chaud, comprimé, soit par simple pression atmosphérique;

6° Les moteurs à gaz d'éclairage;

7° Les moteurs à vapeur;

8° Les moteurs électriques;

9° Les moteurs à grande puissance (tels que la machine du Tremblay à vapeurs combinées d'eau et d'éther); les moteurs à acide carbonique, et le système à poudre, pour le battage des pieux, etc.

Chacune de ces divisions embrasse une série de machines ne différant que dans le mode d'emploi de la force motrice, ou dans la disposition des organes qui les composent.

Tel est le plan de ce livre, écrit spécialement, non pour les ingénieurs et les gens du métier, mais plus particulièrement pour les personnes qui, n'ayant pas fait d'études spéciales, éprouvent le louable désir de se rendre compte des progrès accomplis par la mécanique et s'intéressent à la construction et à la manœuvre des machines, sujets toujours curieux et trop ignorés, faute de traités vulgarisateurs, comme celui-ci va s'efforcer de l'être.

On pourrait presque dire que nous naissons tous mécaniciens. Il n'est pas d'enfant qui ne se plaise à

détruire ses jouets pour découvrir les secrets de leur mécanisme et qui ne tente aussi de construire de petits appareils ou moteurs à son usage, souvent avec une ingéniosité qui étonne. Ce goût, sinon cette vocation, quelquefois persiste à un âge plus avancé; mais quand on veut faire de la mécanique sans s'être pourvu de toute la science nécessaire, on n'arrive presque jamais qu'à des rêveries irréalisables, et plus d'un exemple prouve que, malheureusement on s'expose à perdre ainsi, non seulement ce qu'on peut avoir de fortune, mais aussi sa raison.

CHAPITRE PREMIER

LES MOTEURS ANIMÉS

L'homme. — Les animaux moteurs.

I. L'HOMME

Dans les pays civilisés, l'homme ne sert plus guère de moteur; les machines le remplacent avec avantage. Plus l'homme acquiert de valeur intellectuelle, plus il est difficile et coûteux d'en faire une force motrice simple. Cependant jusqu'ici sa force musculaire est encore d'une grande utilité, et l'on ne pourrait se priver sans préjudice de sa collaboration à beaucoup de travaux accomplis par les machines.

Dans la « construction, » les maçons tournent la manivelle du monte-charges, pour l'élévation des matériaux et des pierres de taille ; ils remplacent par leur effort musculaire, le travail développé par une machine.

Il est à peine nécessaire de rappeler d'autres exemples :

Le tourneur de roue produisant la torsion du chanvre dans les corderies ;

Le bijoutier qui élève, en pressant sur une pédale, le lourd mouton pour estamper les métaux ;

Le carrier (fig. 2) grimpant sur les échelons de la roue pour tirer les pierres du fond des carrières ;

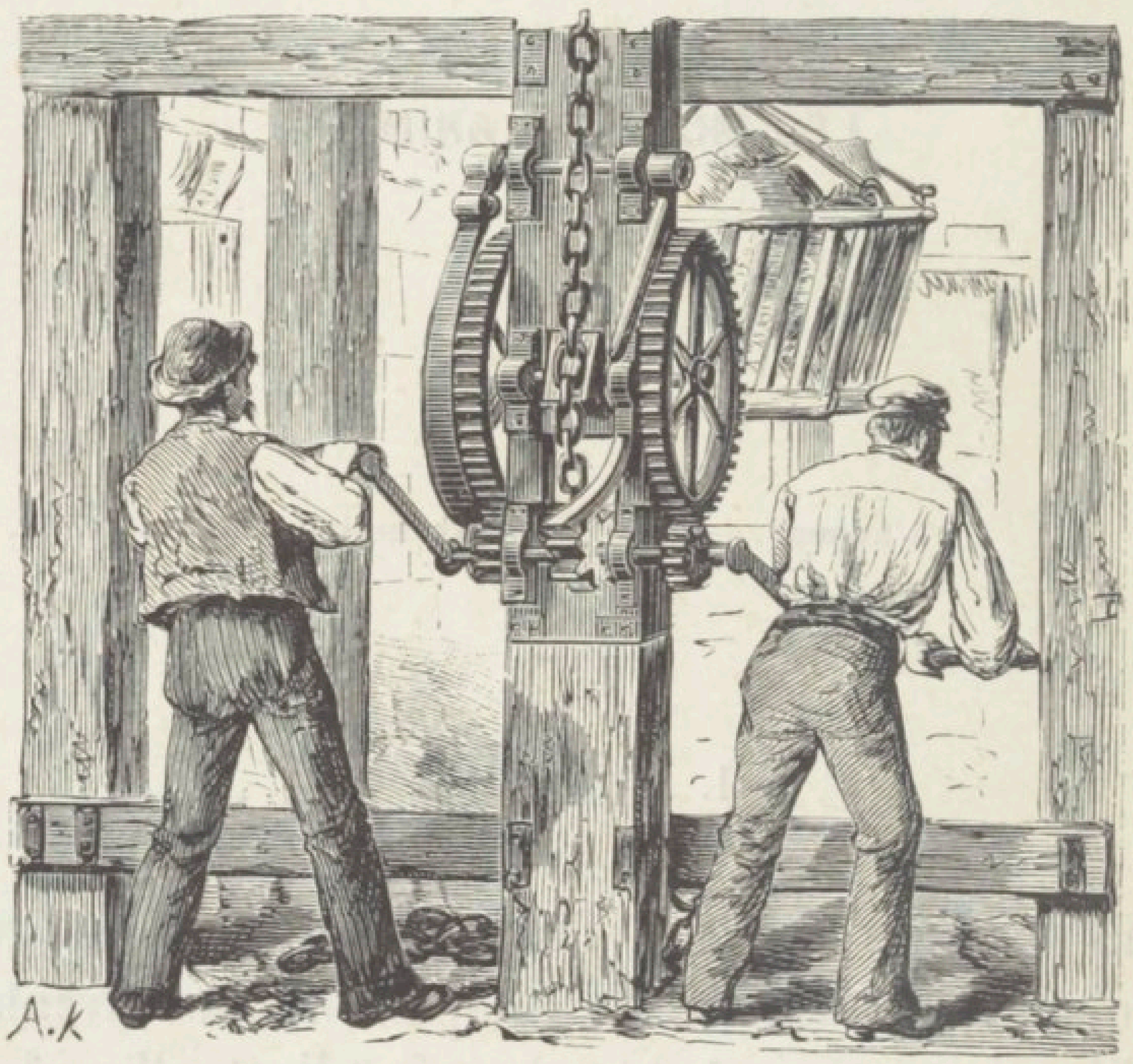


Fig. 1. — Ouvriers au monte-charges.

Le forgeron qui martèle le fer rouge pour en fabriquer divers outils d'agriculture ;

Les terrassiers élevant des déblais en faisant contre-poids sur la plate-forme mobile du treuil ;

Le tourneur qui communique un mouvement de rotation rapide à l'axe du tour, en appuyant le pied sur une pédale oscillante, reliée au volant par une bielle de bois ;

Le rémouleur, faisant tourner rapidement sa meule au moyen d'une pédale montée sur pivot ;

Le meunier montant au moyen d'une moufle ou d'une poulie les sacs de farines au grenier ;

Les pompiers eux-mêmes, courant à perdre haleine, tout

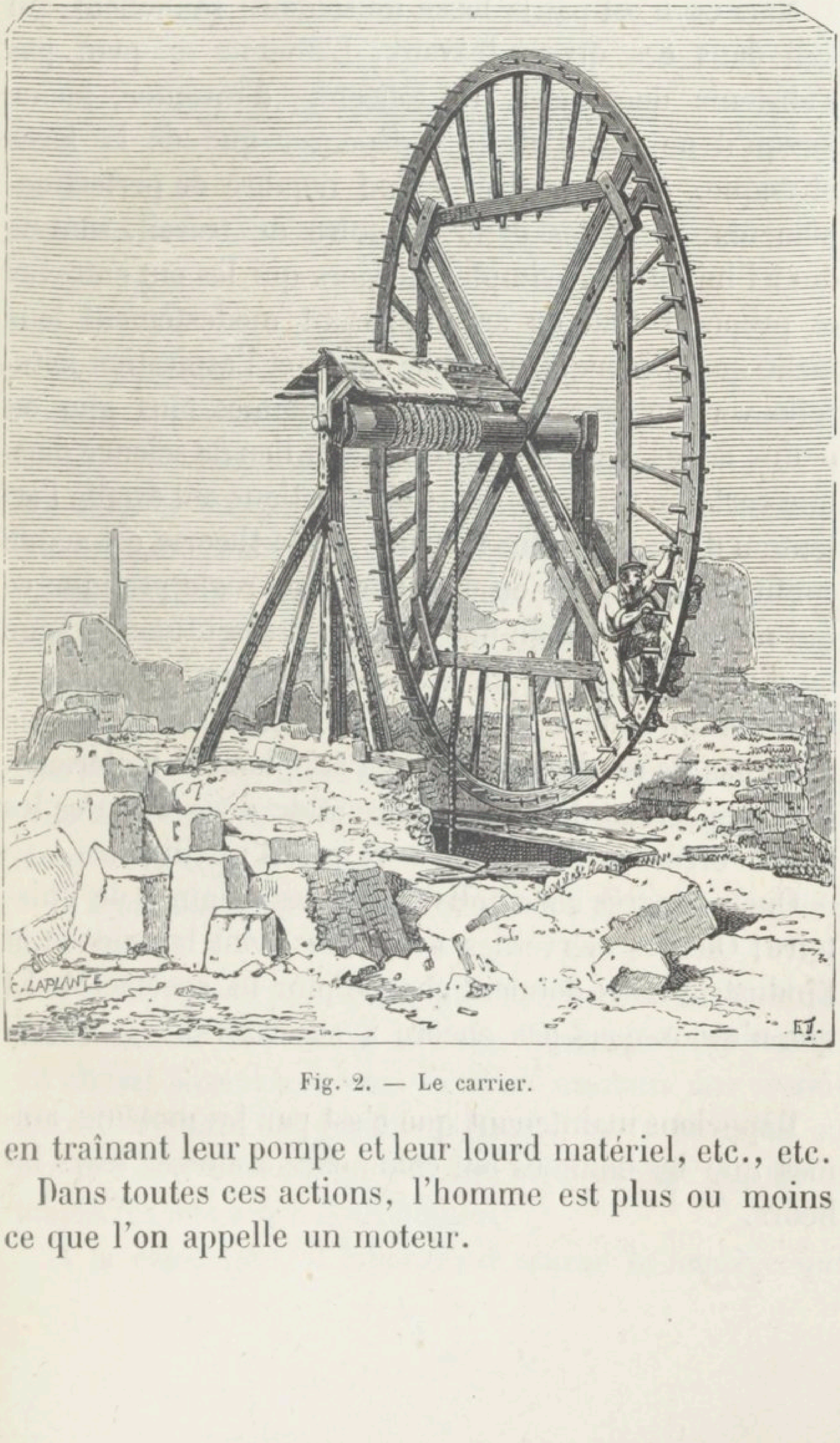


Fig. 2. — Le carrier.

en traînant leur pompe et leur lourd matériel, etc., etc.

Dans toutes ces actions, l'homme est plus ou moins ce que l'on appelle un moteur.

Observons-le aussi s'employant aux terrassements, aux petites cultures comme celle du jardinage, au service des barques et des bateaux, etc.

Mais ce n'est pas la force musculaire seulement qui agit dans ces divers travaux. L'homme ne peut pas s'abstenir de penser, de réfléchir, d'inventer, même lorsqu'il ne paraît avoir à dépenser que de la force physique. Aussi un très grand nombre de perfectionnements, constatés dans l'histoire du travail, sont-ils dus à l'initiative de simples ouvriers qui les ont entrevus et proposés tout en accomplissant modestement leur tâche quotidienne. Leur expérience, et l'aspiration naturelle vers le progrès dont nous sommes tous plus ou moins doués, leur ont souvent tenu lieu de science dans une certaine mesure. Leurs observations ont éveillé l'attention d'hommes plus instruits, et la théorie est venue confirmer et établir en méthode et en règle pratique ce qui n'était d'abord qu'une sorte de pressentiment vague ou d'une application incertaine et très limitée.

Il est du reste évident que la destinée de l'homme n'est pas de rendre des services simplement matériels : il lui appartient de se soumettre et de diriger toutes les forces créées par la nature et par l'intelligence.

Quels progrès accomplis depuis les origines de l'histoire! Quelles merveilles que celles dont la science et l'industrie nous donnent chaque jour le spectacle! Et que n'avons-nous pas encore à espérer!

Rappelons maintenant que c'est par les moteurs animés que les hommes ont commencé à alléger leurs labeurs.

II. LES ANIMAUX MOTEURS

Le cheval, le bœuf, l'âne, le chien, l'éléphant, le chameau.

La plus belle conquête de l'homme, ainsi que l'a dit Buffon, a été le cheval, et il serait puéril d'énumérer les services que ce noble animal a rendus, rend et rendra encore. On l'a employé à tout et de toutes les façons, mais d'abord, à porter des fardeaux et l'homme lui-même d'un endroit à un autre; il a ainsi diminué par sa force et sa vitesse la longueur des espaces et du temps.

Il a dû être attelé de bonne heure à de grossiers chariots, et il est ainsi devenu une bête de trait, la plus utile de toutes et celle dont l'on use encore le plus communément aujourd'hui.

Il a été successivement l'auxiliaire de mille travaux différents.

Il a été dressé par exemple, à tourner le manège qui est le moteur de certains ateliers. La figure 3 représente un cheval faisant agir une scie à ruban dans une manufacture de bois de sciage. Ailleurs, par son poids ou par sa force musculaire, il manœuvre tous les engins et toutes les machines d'un atelier.

A la campagne, il laboure, il tourne le manège qui

manœuvre le moulin de la ferme. A la ville, il traîne le lourd camion chargé de marchandises, l'omnibus, le fiacre, les calèches.

Dans les mines, à travers mille obstacles, une lanerne au col, il traîne les wagonnets chargés de déblais ou de charbon. Partout où il y a un coup de collier à donner, le cheval est là et le donne. Admirable moteur animé !

Le manège est d'un emploi très fréquent, non seu-

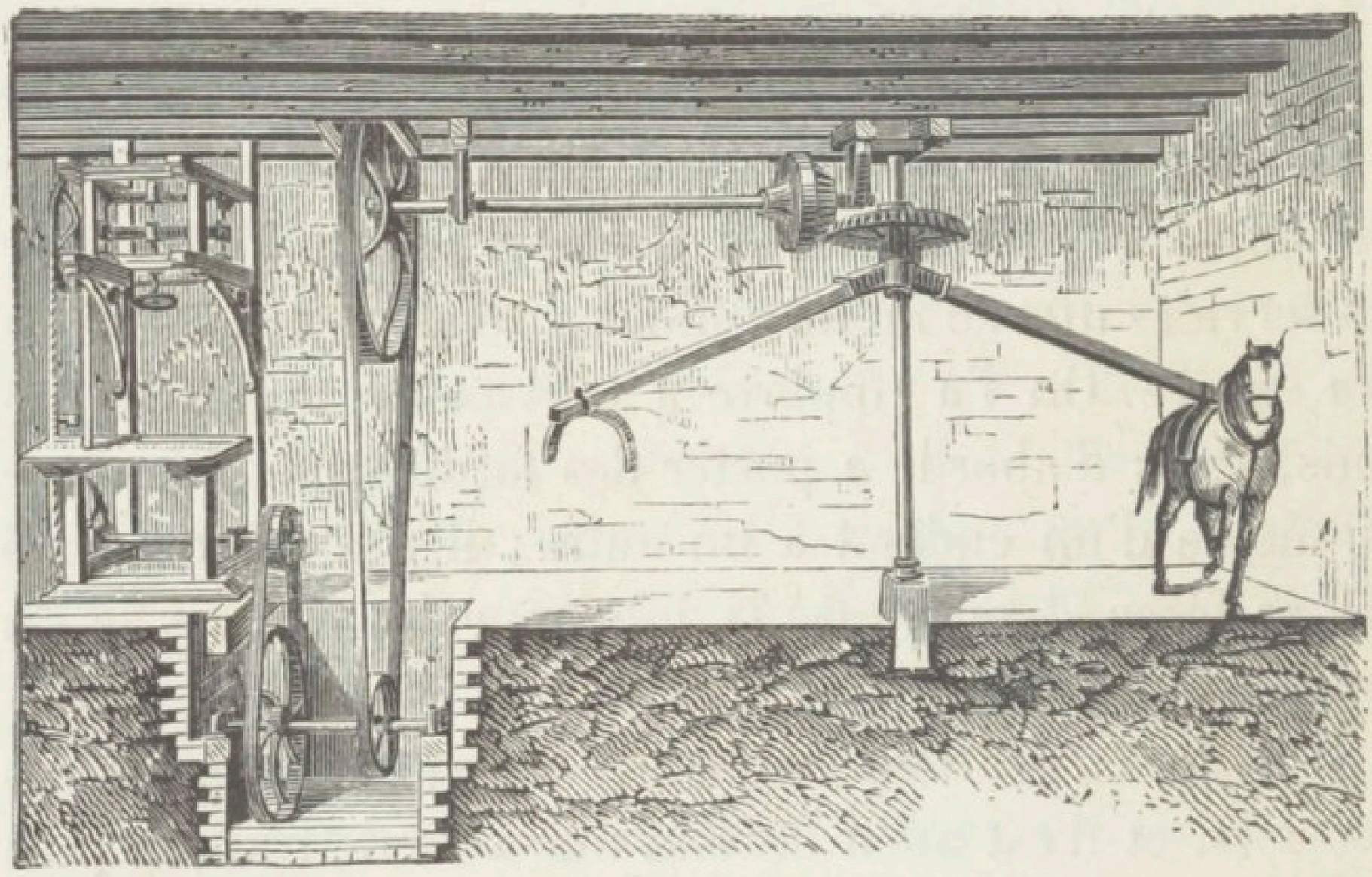


Fig. 5. — Scie à ruban.

lement à la campagne, mais encore dans les villes, chez quelques industriels. Il se compose essentiellement de deux engrenages d'angle, dont le plus grand est dans une position horizontale et le plus petit, le *pignon*, est vertical. L'animal est attaché à l'extrémité d'un bras fixé sur la grande roue dentée, et il marche toujours dans le même cercle. La tige du pignon se continue et communique le mouvement de rotation, considérablement amplifié, aux appareils à faire mouvoir.

A la campagne, c'est ordinairement pour l'épuisement de l'eau, le moulin, les pompes, qu'on se sert du manège; dans les petites villes il remplace les autres moteurs en transmettant le mouvement aux machines à actionner : scies circulaires ou à ruban, tours à bois, etc.

Il n'y a guère que dans les pays de montagnes que l'on préfère au cheval l'âne et le mulet, animaux au pied sûr,

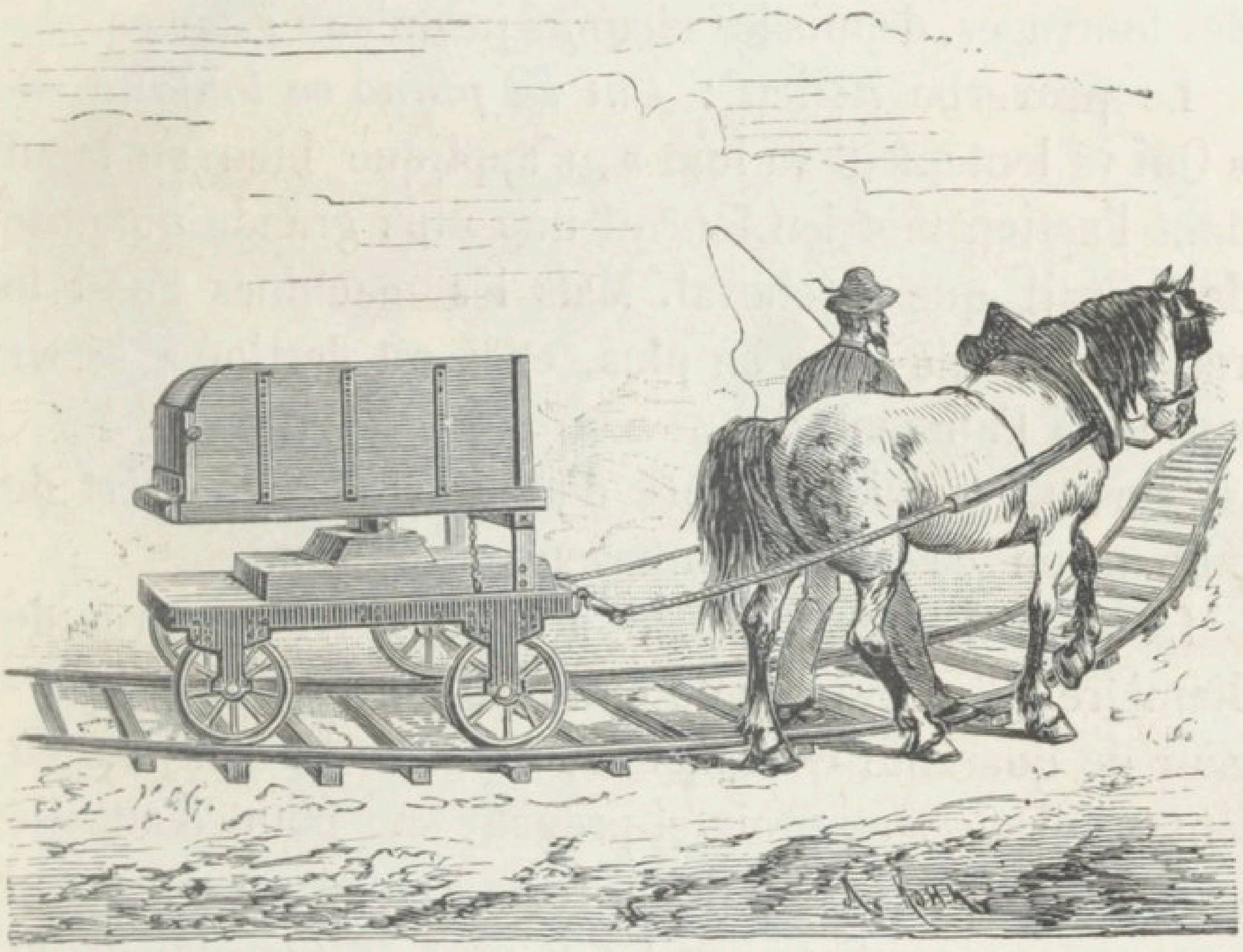


Fig. 4. — Le wagonnet.

marchant le long des plus profonds précipices sans broncher; ce sont les suppléants, les cadets du cheval.

L'animal dont on se sert le plus, après le cheval, est le bœuf. Il est plus lent, mais aussi plus puissant et plus robuste. Aucun animal n'est capable de produire un grand effort plus prolongé, tel que labourer, herser, tourner le manège, etc.

On s'en servait jadis comme attelage même à des voitures royales. Qui ne se rappelle ces vers :

Quatre bœufs attelés, d'un pas tranquille et lent,
Promenaient dans Paris le monarque indolent.

Aujourd'hui on s'en sert peu de cette façon, et c'est surtout l'agriculture qui les utilise, soit pour le labourage, soit pour le transport, après la moisson, du blé et des fourrages, depuis les champs jusqu'aux granges.

Le proverbe italien : *Chi va piano va lontano*. — « Qui va lentement va loin », s'applique bien au bœuf dont l'action motrice fournit une plus grande quantité de travail que le cheval. Mais les machines aussi le remplacent de plus en plus, et il est destiné à servir surtout à l'alimentation.

Dans un certain nombre d'ateliers le chien sert de moteur en courant à l'intérieur d'une roue.

La roue dite de tourneur a environ trois mètres de diamètre. C'est un simple cylindre en bois, d'une largeur de quarante centimètres, muni de huit rayons ou jantes, disposés en croix et prenant leur point d'attache sur chaque cercle extérieur. Dans l'entrecroisement de ces rayons passe l'axe, en fer le plus ordinairement, et supporté par deux *chaises* en fonte boulonnées sur le sol. A l'intérieur du cylindre se trouvent des échelons, larges barres de bois servant de point d'appui à l'animal moteur. Celui-ci en déplaçant le centre de gravité de la roue la fait tourner avec une vitesse de huit à dix tours par minute.

Au moyen d'une poulie et d'une courroie de transmission, le mouvement de rotation peut être communiqué aux appareils à actionner : meules, machine à

forger les boulons, pilons, scies, soufflets de forge, etc.

On a même dressé le chien à mouvoir des machines à coudre, en le faisant piétiner continuellement dans l'intérieur d'une boîte, montée sur pivot et reliée par une bielle au volant régulateur.

Il ne sert pas à cela seulement. Dans les pays du

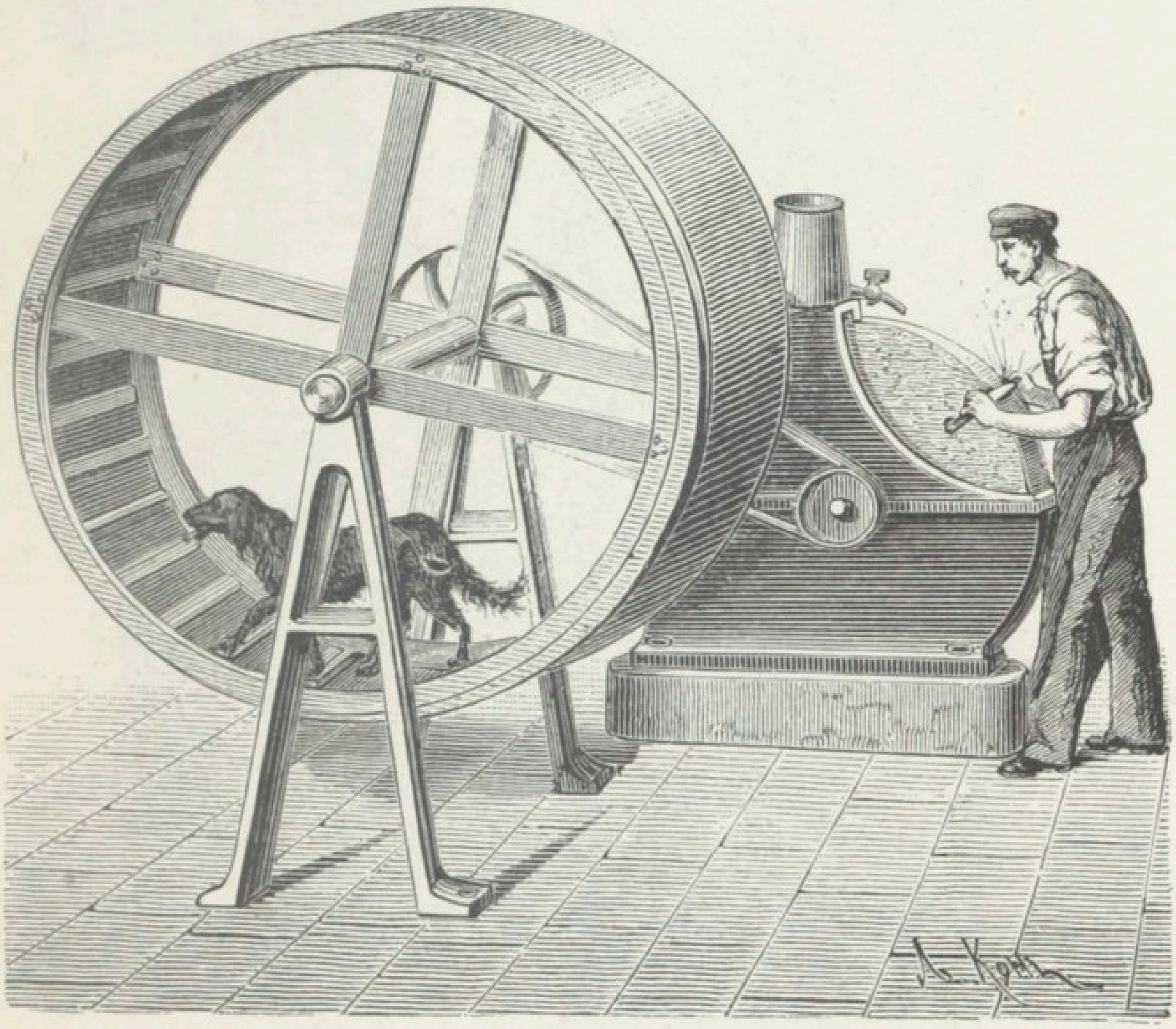


Fig. 5. — Le chien moteur : chien dans une roue.

Nord, les animaux de trait sont les chiens, ainsi que les rennes. L'Esquimau les attelle à son traîneau, et, sous leur rapide impulsion, le léger véhicule glisse comme l'éclair à la surface des *icefields*, champs de glace.

Dans certaines grandes villes, les chiens, accrochés par la corde de leur collier à la voiture à bras, servent à la traction à côté de leur maître.

On a vu une curieuse machine, où la force d'un moteur animé mettait en mouvement une scie circulaire microscopique. Cette force était celle d'un petit écureuil, tournant dans sa cage comme le chien dans sa roue; il communiquait une assez grande vitesse à la

Fig. 6. — Éléphant dans l'Inde.

scie; mais ce n'était là qu'un amusement mécanique et non l'emploi sérieux de la force si faible de ce petit moteur animé.

Non content d'avoir asservi le cheval, le bœuf et le chien, l'homme a aussi domestiqué le plus gigantesque des animaux; l'éléphant est encore aujourd'hui le moyen

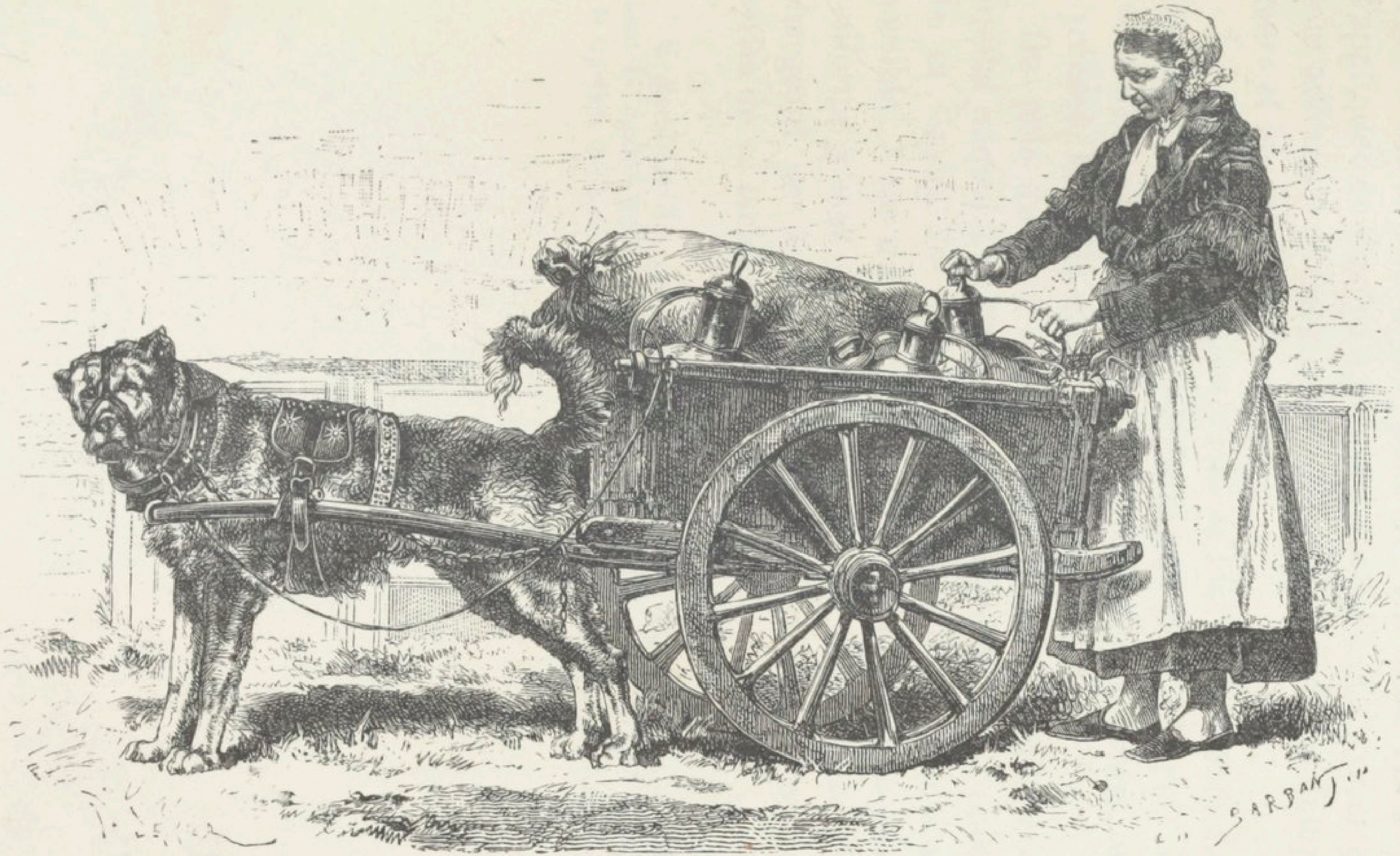


Fig. 7. — Chien attelé.

de locomotion le plus employé dans l'Inde ainsi que dans d'autres parties de l'Asie, et l'on songe même à l'appliquer en Europe à nombre d'usages et d'exercices tout différents de ceux auxquels les habituent les dompteurs et les acrobates[1].

Le chameau est employé comme locomoteur pour les transports dans les déserts brûlants de l'Afrique; le lama dans les Cordillères, le mulet et l'âne dans les Pyrénées, le buffle dans la campagne romaine.

On peut dire, en résumé, qu'il n'est presqu'aucun animal auquel l'homme ne puisse faire sentir le poids de sa supériorité morale en l'employant, autant que possible, à ses travaux journaliers, de la façon la plus conforme à son organisation et à ses moyens, se déchargeant par là de la plus pénible et la plus lourde partie de sa tâche.

[1] M. Maret Leriche, architecte, ayant démontré que la force d'un éléphant est égale à celle de vingt chevaux, a proposé d'utiliser cet animal à la traction des tombereaux de déblais pour les fouilles de construction

CHAPITRE II

LES MOTEURS A VENT

Les Moulins. — Les Véhicules à voiles

I. LES MOULINS

Le vent, par son action, facilite l'évaporation des eaux, entraîne les nuages et équilibre les forces physiques toujours en jeu sur notre planète.

L'atmosphère, dans laquelle le vent prend naissance, est rarement en repos; son état naturel et ordinaire est plutôt l'agitation, aussi, dès les temps les plus reculés, on a su tirer parti de ce mouvement perpétuel, en opposant aux vent des surfaces qu'il met en mouvement par sa pression, les faisant tourner, ou les entraînant avec lui.

Il y a deux sortes d'appareils affectés à faire servir le vent comme force motrice, les voiles et les roues à palettes, à ailes ou en hélices.

Les voiles sont le système le plus ancien et le plus simple.

Le type de ce genre de moteurs le plus connu est le moulin à vent.

Dans le moulin, le vent appuie sur les ailes, au

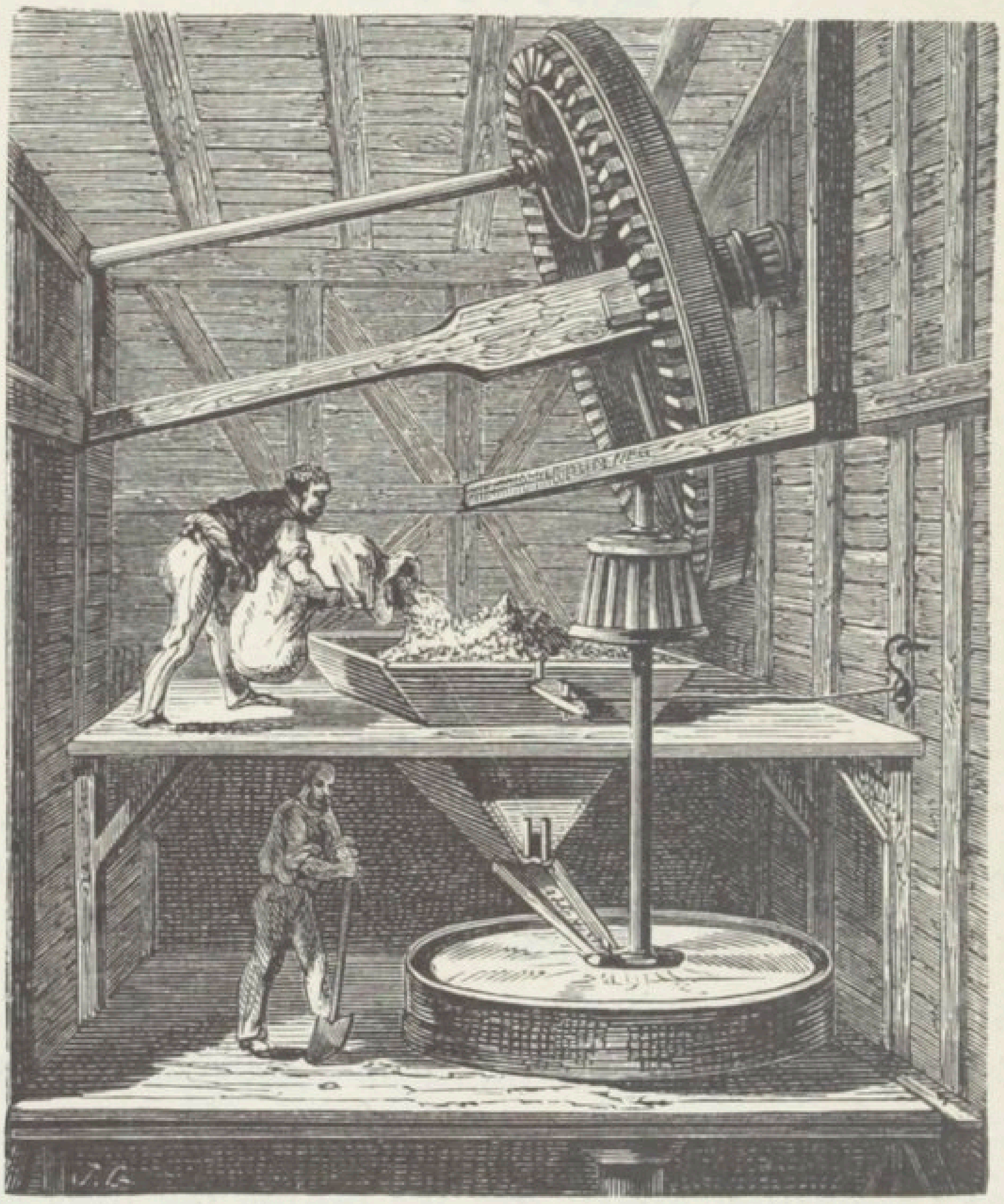


Fig. 8. — Intérieur d'un moulin à vent.

nombre de quatre ordinairement, et les fait tourner avec une vitesse de rotation en rapport avec sa vitesse propre, 6, 8, 10 ou 12 tours à la minute.

Ces ailes sont formées d'une sorte de treillis de bois, et prennent leur point d'attache sur l'axe mobile; elles sont légèrement courbées dans le sens du vent, de

manière à lui présenter une surface oblique, une fraction d'hélice.

D'après la force du courant d'air, le meunier règle la vitesse de rotation de son moulin, en étendant ou en retirant une partie de la toile qui les couvre. On opère une manœuvre analogue dans la marine, en diminuant la voilure, en prenant des *ris*. Cette toile est indispensable, on le comprend bien; sans elle le vent passerait à travers les interstices du treillage, et l'aile, par conséquent le mécanisme, resterait immobile.

Par le jeu de deux engrenages d'angle: le *rouet* et la *lanterne*, le mouvement des ailes se transmet aux meules et au blutoir, comme il est indiqué dans le dessin en coupe. Dans ce système le toit seul du moulin est mobile et le rouet, malgré son mouvement de rotation, ne cesse pas d'engrener avec la lanterne. Au moyen de la *queue*, le meunier fait tourner le toit, et en même temps l'arbre, car il faut que les ailes se présentent toujours de face au vent. Autrement, si le vent était trop violent et si les ailes étaient mal orientées, le meunier verrait le toit de son moulin précipité à terre par la force de la bourrasque.

On a diversement articulé le système alaire des moulins; tantôt le moulin tout entier pivote sur lui-même, tantôt c'est le toit seul qui tourne.

La construction des moulins varie elle-même considérablement. Il y en a dont le corps, sauf le toit, est en pierre de taille ou en moellons et cimentés. Ce sont les plus solides et ceux qui résistent le mieux. Ordinairement ils sont formés de feuillures de bois (fig. 8 et 9).

Pour arrêter le mouvement de rotation des ailes, lorsqu'elles sont en face du vent, avec une chaîne placée

près de la queue, on déclanche le *frein* qui n'est autre chose qu'un cercle de bois solide entourant le *rouet* de toutes parts et maintenu en place par deux larges madriers. Quand on agit sur le frein, ce cercle enserre la circonférence extérieure du rouet, et par son énergique pression l'immobilise. En faisant pivoter le ma-

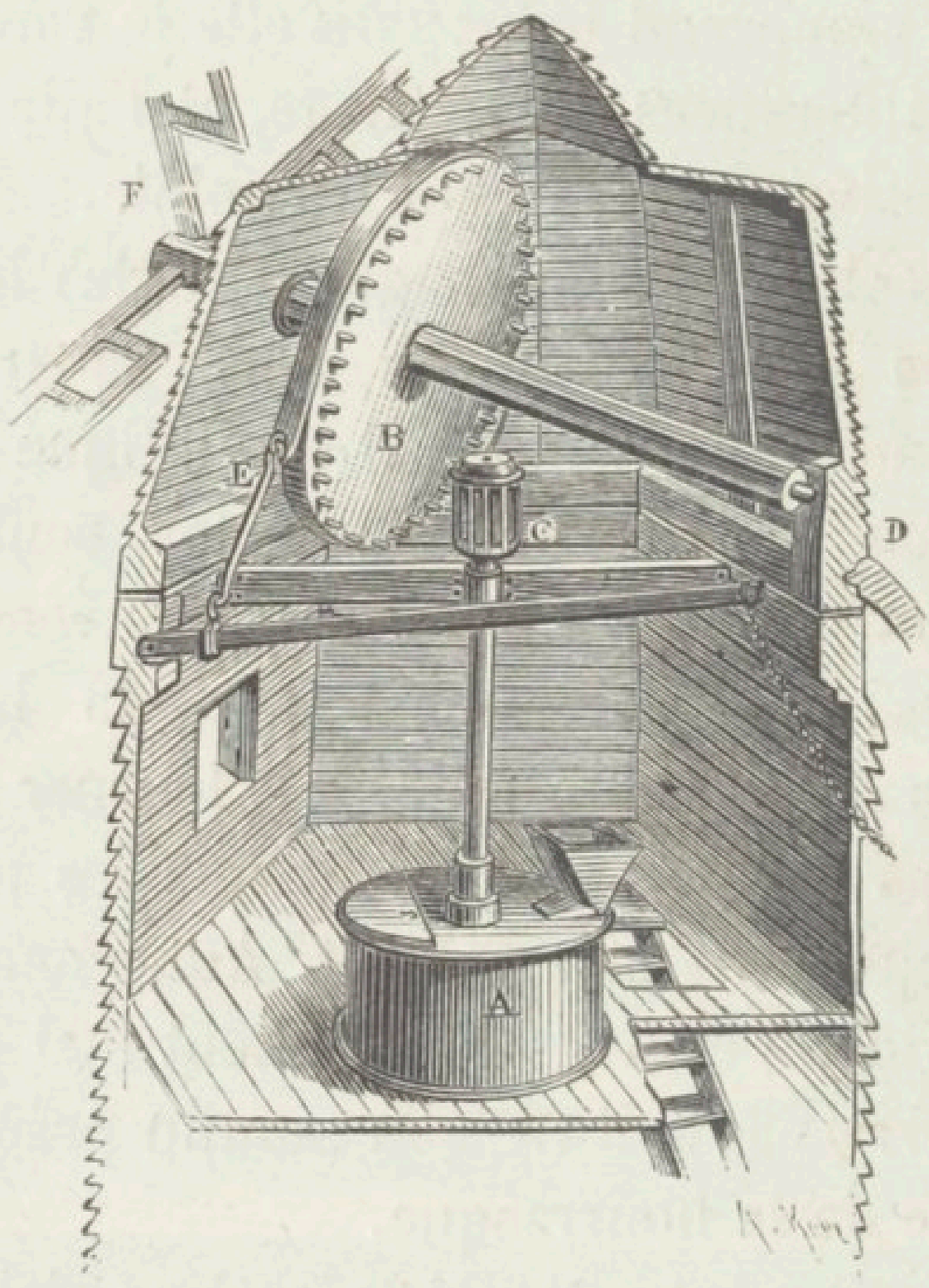


Fig. 9. — Coupe d'un moulin à vent système ordinaire; A meules, B rouet, C Lanterne, D queue, E frein, F ailes.

drier, le cercle se desserre, et le mécanisme se remet en marche. Le réglage du moulin s'obtient d'après la surface de toile déroulée et la violence du vent. Par des temps ordinaires, un moulin avec des ailes de six mètres d'envergure dépense une force de cinq à six chevaux-vapeur.

Dans les moulins de ce système, une seule meule

tourne, la seconde est fixe. Le grain tombant de la trémie, s'engage dans l'interstice des deux meules, et, une fois moulu, descend au rez-de-chaussée où se trouve le blutoir, sorte de crible qui sépare les gruaux, les différentes qualités de farine et le son. Les procédés de mouture ont subi de notables améliorations depuis Pigeault de Senlis, au seizième siècle.

On assure que l'idée du moulin à vent fut rapportée d'Orient par les Croisés vers l'an 1050. C'est de cette époque que daterait son importation dans les plaines si bien aérées du nord de la France. On s'en sert encore, mais de moins en moins : on le remplace maintenant par les minoteries à vapeur.

Dans les pays arrosés de nombreux cours d'eau, on préfère les moulins à eau, marchant au moyen de roues hydrauliques ou de turbines.

Quant aux moulins se réglant d'eux-mêmes, leur usage commence seulement à se généraliser.

Nous en connaissons plusieurs systèmes, notamment ceux de MM. Amédée Durand, Beaume, Aubry et Cie, etc.

Le premier, celui de M. Durand, est à quatre ailes comme les moulins ordinaires. Son perfectionnement consiste dans la disposition du frein et du pivot, résistant aux vents violents et tournant lorsque celui-ci faiblit.

Le premier type de moulin automoteur construit par M. Beaume est à six ailes pleines, montées sur un arbre en fer. Cet arbre est supporté par deux paliers, et les coudes se trouvent entre les branches de la fourche formée par les deux supports qui, un peu au-dessous, se rejoignent pour adopter la forme cylindrique. A l'extrémité de l'arbre opposée aux ailes, se trouve une

masse de métal, faisant contrepoids à ces dernières.

D'après le côté d'où vient le vent, l'axe vertical, la fourche, tourne, et les ailes se trouvent toujours en face du courant aérien, de façon à éviter les ruptures et aussi l'intervention de l'homme. Ajoutons que tout l'appareil est monté sur quatre hautes sapines, à la moitié de la hauteur desquelles est établie une plate-forme, munie d'un garde-fou et d'où part une échelle arrivant à la partie supérieure de l'édifice où est installé l'appareil.

Le second moulin automoteur construit par le même mécanicien, et appelé par lui moulin l'*Éclipse* (voir fig. 9), est très simple. Il se compose des pièces suivantes :

1° De la roue motrice; 2° de la pièce appelée bras, supportant ladite roue; 3° d'un plateau excentrique communiquant le mouvement au moyen d'une bielle; 4° d'une girouette d'orientation; 5° d'une pièce supportant le mécanisme, fixée sur un tube en fer creux, traversant un manchon et pouvant tourner en tous sens; 6° d'une aile latérale régulatrice; 7° enfin, de deux secteurs dentés sur l'un desquels sont fixés le levier de désorientation, et le contrepoids (voir fig. 13).

La roue motrice, de forme circulaire, placée verticalement, est composée d'une armature légère en bois de frêne, sur laquelle sont fixées des lames de sapin allant dans leur longueur du centre aux extrémités, point où elles sont un peu plus larges et sont dans le sens de leur largeur placées obliquement, un peu comme des lames de persiennes, se recouvrant toutes, tout en laissant du jour entre elles, de sorte que, de face, cette roue paraît pleine.

Quand le vent est relativement faible, c'est sur la face qu'il vient frapper. Dès qu'il grandit, sa seule

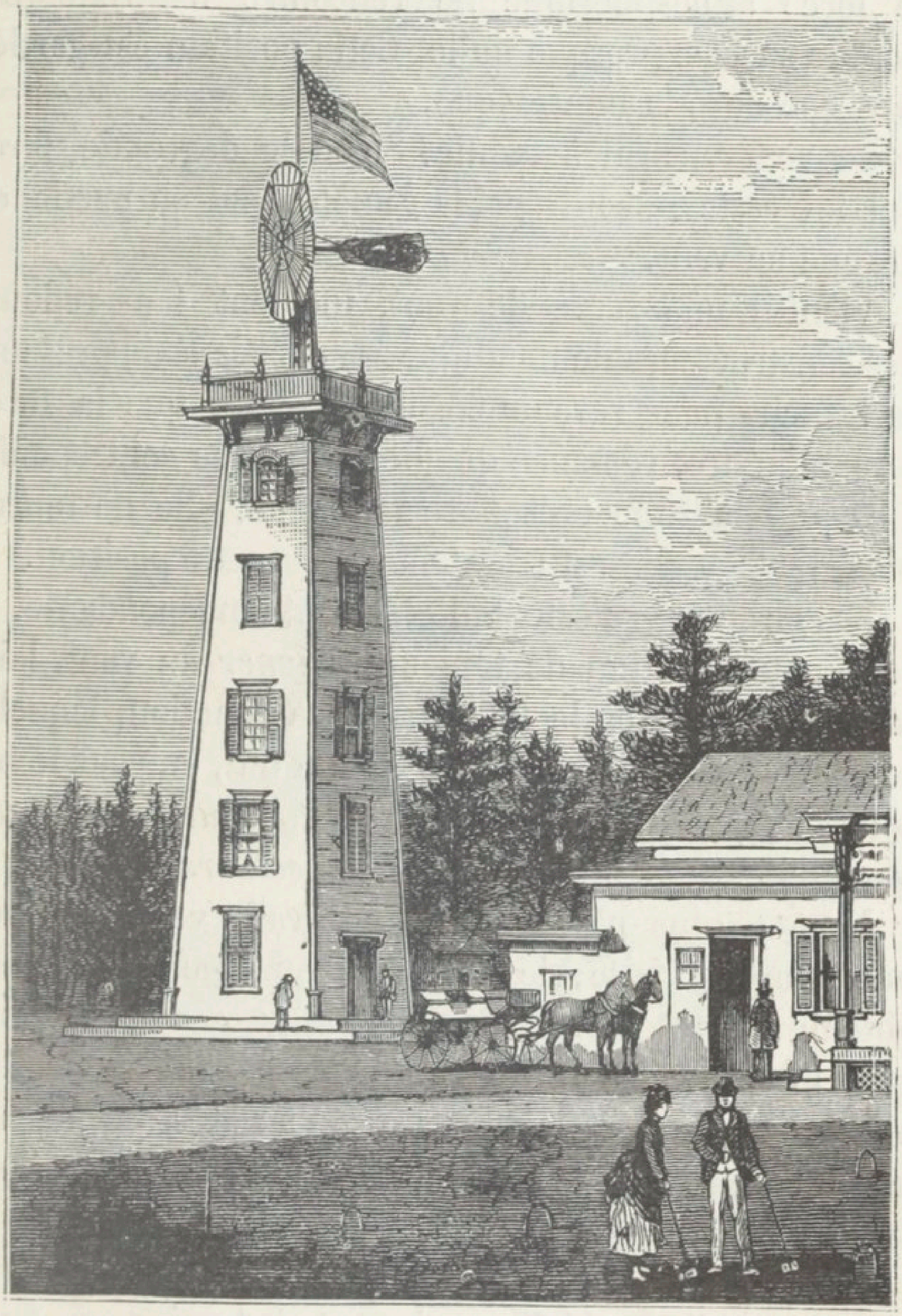


Fig. 10. — Moulin automoteur l'*Éclipse*.

force fait placer la roue transversalement. A mesure que le vent augmente de force, la roue oblique à gau-

che, et s'il vient à souffler en tempête, elle s'incline jusqu'à venir présenter sa tranche. Dans cette position, la force atmosphérique ne rencontre naturellement qu'une surface presque nulle. Cette position est gardée tant que dure la bourrasque.

Le vent vient-il à faiblir? Selon le degré de force qui lui reste le contrepoids ramène tout ou partie de la roue au vent.

Vient-il une saute de vent, incident tant redouté des constructeurs de moulins? Aussitôt la roue présente sa tranche pour revenir ensuite aussitôt que la force sera moindre, ramenée qu'elle est par le contrepoids.

Quand la roue présente sa tranche, elle ne tourne plus, tant qu'elle est maintenue dans cette position.

La girouette d'orientation, étant indépendante, a reçu pour fonction de toujours *amener* au vent, laissant à l'aile latérale le soin de sa fonction, laquelle consiste à garer la roue motrice, ce qui, suivant le besoin, *est fait instantanément et toujours automatiquement par la mise en jeu des secteurs dentés.*

N'a-t-on plus besoin de son travail, veut-on, pour une simple visite, le graissage ou une réparation, obtenir l'arrêt complet? Une tringle composée d'un gros fil de fer permet d'obtenir de la terre toutes les positions indiquées ci-dessus jusqu'à l'arrêt en plaçant la roue dans le sens longitudinal de la girouette d'orientation.

La rotation de l'axe est ordinairement mise à profit au moyen d'une bielle, qui peut, à la rigueur, faire mouvoir une pompe dans un puits de 60 mètres de profondeur.

Le second système diffère légèrement du premier. Ce

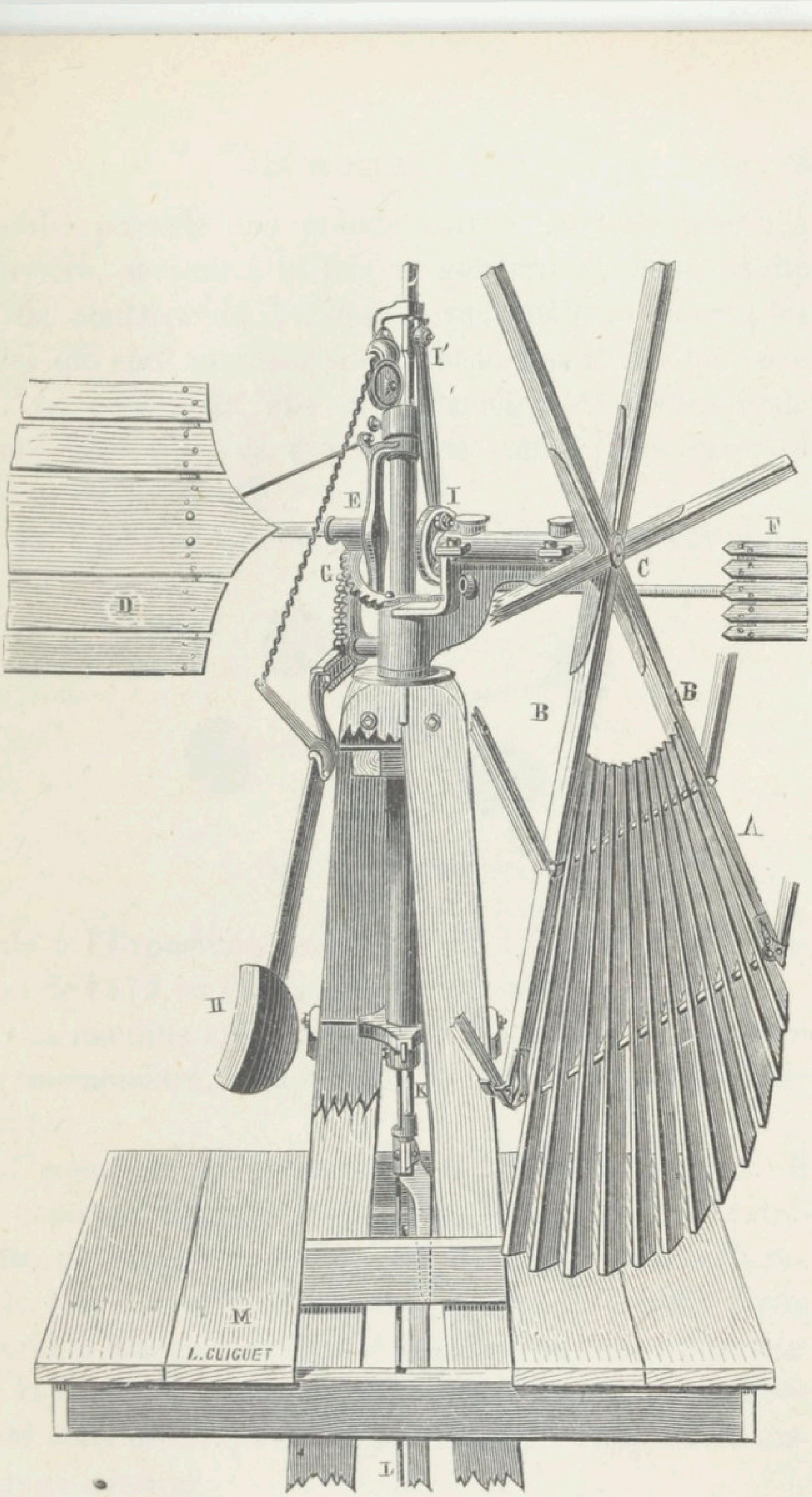


Fig. 11. — Détail du moulin l'*Éclipse*.

A roue. — B bras. — C arbre. — D girouette. — E pivot. — F vanne. — G secteurs dentés. — H contrepoids. — I bras de l'excentrique. — K tige-bielle. — L manchon. — M plate-forme.

moulin possède une grande surface de toile placée à l'arrière, servant à la fois de gouvernail, de girouette et de contrepoids. Lorsque le vent est trop violent, les ailes qui sont montées sur pivot tournent sur leur axe et, ne présentant que leur tranche, le moulin reste alors immobile, ce qui évite la rupture des diverses pièces de l'appareil.

On a pu voir fonctionner des spécimens de ces appa-

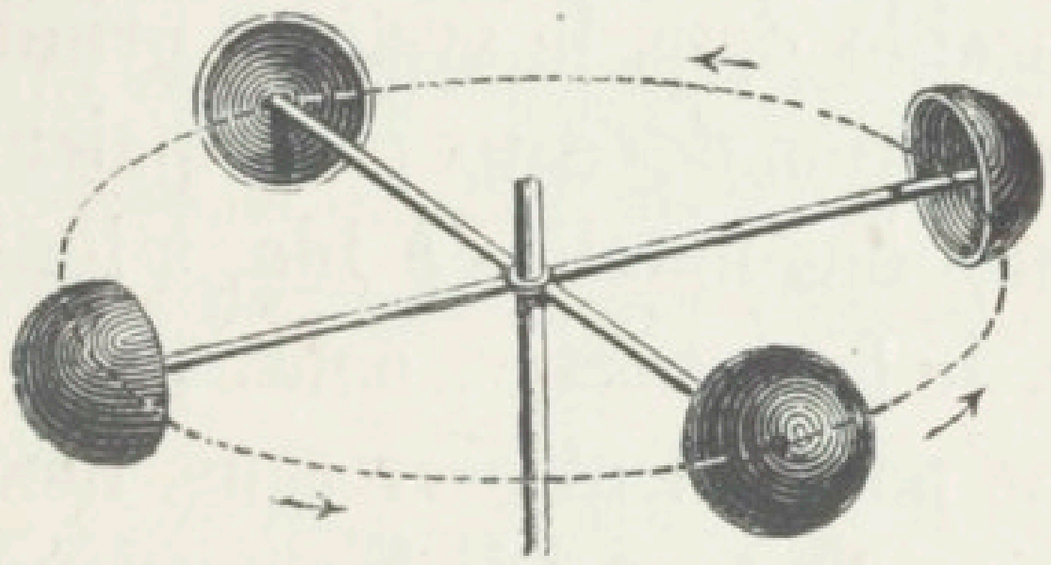


Fig. 12. — Anémomètre.

reils à l'Exposition universelle de 1878, et à l'Exposition de 1879 au Palais de l'Industrie.

Ces moulins automatiques sont, avec le pantanémore ou anémomètre, les appareils les plus répandus maintenant.

L'anémomètre sert à mesurer la vitesse du vent. Il se compose d'un axe et de quatre croisillons. A l'extrémité de chaque croisillon est fixée une demi-sphère, à la fois concave et convexe, comme la moitié d'une écorce d'orange. Lorsque le vent frappe dans l'intérieur de la sphère il l'entraîne avec lui et, les effets se succédant sans interruption, engendrent un mouvement circulaire continu.

On déduit facilement la vitesse du courant d'air en observant le nombre de tours faits en une minute par le croisillon, opération très simple et qui évite *l'anémomé-*

trographe enregistreur de M. Redier. Avec la girouette et la boussole on possède immédiatement sa direction. Cet appareil se trouve dans tous les observatoires et dans les stations météorologiques. On construit même de petits anémomètres de voyages dont les ailes sont verticales, pour l'usage des touristes qui s'occupent de science.

Quant aux moulins automoteurs qui suppriment l'intervention du meunier pour leur orientation — ce qui était indispensable dans le système primitif — on les applique à l'élévation des eaux principalement, ainsi que comme moteurs des moulins à blé, à huile, des foulons pour la laine, le feutre, etc., enfin pour la marche de toute machine pouvant utiliser sans inconvénient une force aussi inconstante et aussi capricieuse que le vent.

II. LES VÉHICULES A VOILES

Les voiles des navires sont de grandes surfaces de toile, sur lesquelles le vent vient frapper et qu'il entraîne avec tout le bâti auquel elles sont attachées.

Nous n'entreprendrons pas de décrire ici les moyens

Fig. 13. — Voilier.

de naviguer dans les différents sens, vent arrière, vent contraire ou devant, vent de côté, grand largue, etc. A

cet égard, le lecteur voudra bien se reporter au livre si complet, publié sur ce sujet dans cette collection[1]; il y trouvera tous les renseignements nécessaires. Nous nous bornerons à quelques indications les divers usages des voiles.

Tous les navires qui parcourent la surface des mers, quoique munis pour la plupart de machines à vapeur

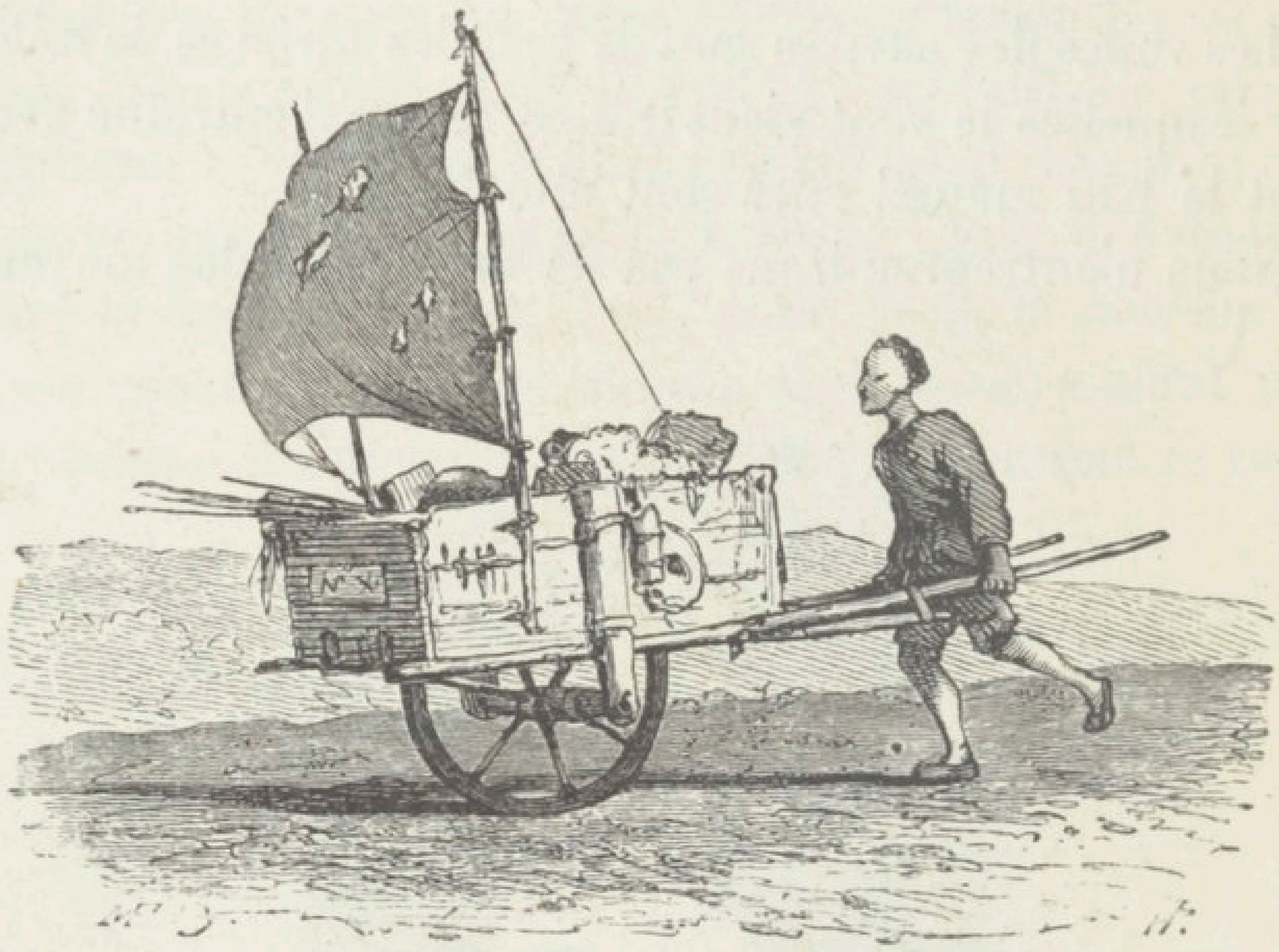


Fig. 14. — Brouette à voile.

puissantes, ont des mâts et des voiles qui leur permettent de profiter d'un courant d'air favorable, en ménageant par là leur réserve de combustible.

D'autres bâtiments appelés voiliers ne marchent absolument qu'avec leurs voiles. Ils ont à craindre les calmes plats, qui les réduisent forcément à l'immobilité. Aussi, préfère-t-on maintenant se servir d'un moteur

1. *L'art naval*, de M. Renard.

sur lequel on puisse compter, plutôt que sur le vent, force bien aléatoire.

Les voiles ont été aussi appliquées à la locomotion terrestre. Ainsi, en Chine, les brouettes à voile sont fort communes. Le coureur, pieds nus, tient les bran-

Fig. 15. — Vélocipède à voile.

cards, et court avec la vitesse du vent, métaphore vraie ici. Ces coureurs peuvent parcourir des espaces considérables, quand le vent est bon et qu'il souffle dans la direction qu'ils suivent. Dans ce cas, le vent est plutôt la force motrice qui fait progresser le véhicule, que l'homme qui tient les brancards (fig. 14).

On a aussi adapté des voiles aux vélocipèdes (fig. 15), pour faciliter la tâche du véloceman et diminuer sa fatigue, en même temps que pour doubler la vitesse de la légère machine.

Sur un terrain plat, par un bon vent, un vélocipède muni d'une petite voile a parcouru trois kilomètres sans que les pieds touchassent les pédales, et sa vitesse était environ de vingt-cinq à trente kilomètres à l'heure.

On a construit aussi des voitures et des traîneaux à voiles, employés aujourd'hui encore, en Hollande, en Russie, et en général dans les pays du Nord.

Le premier de ces appareils dont l'histoire ait conservé le souvenir, est le chariot à voiles du prince d'Orange, qui parcourut, sous la seule action du vent, les plages de Scheveningen.

La gravure ci-contre (fig. 16) représente un de ces véhicules, dont on se sert pour le transport des voyageurs, entre Saint-Pétersbourg et Cronstadt. Par un fort vent, elles peuvent franchir jusqu'à cinquante kilomètres à l'heure, ce qui n'est pas à dédaigner.

Les manœuvres s'exécutent, comme pour un voilier, par le changement d'orientation des voiles, et au moyen de la roue mobile à l'avant.

Les traîneaux à voile ou *ice-boat* possèdent, en outre de leur grande voile, un petit foc triangulaire. Ils se dirigent au moyen d'un gouvernail, d'une construction particulière, placé à l'avant. Il consiste en deux longues lames de fer, se rejoignant de manière à former un angle aigu. Quand la bissectrice de cet angle se trouve dans le prolongement de l'axe du traîneau, celui-ci suit une direction fixe. Lorsqu'on veut aller à droite ou à gauche, il suffit d'incliner, dans l'un ou l'autre de

ces sens, le gouvernail qui se manœuvre de l'intérieur au moyen d'un simple levier. Ce gouvernail donne une grande stabilité au *ice-boat*, quoique celui-ci, monté sur de larges madriers formant patins, soit peu chavirable. Quelques traîneaux à voiles, enfin, possèdent

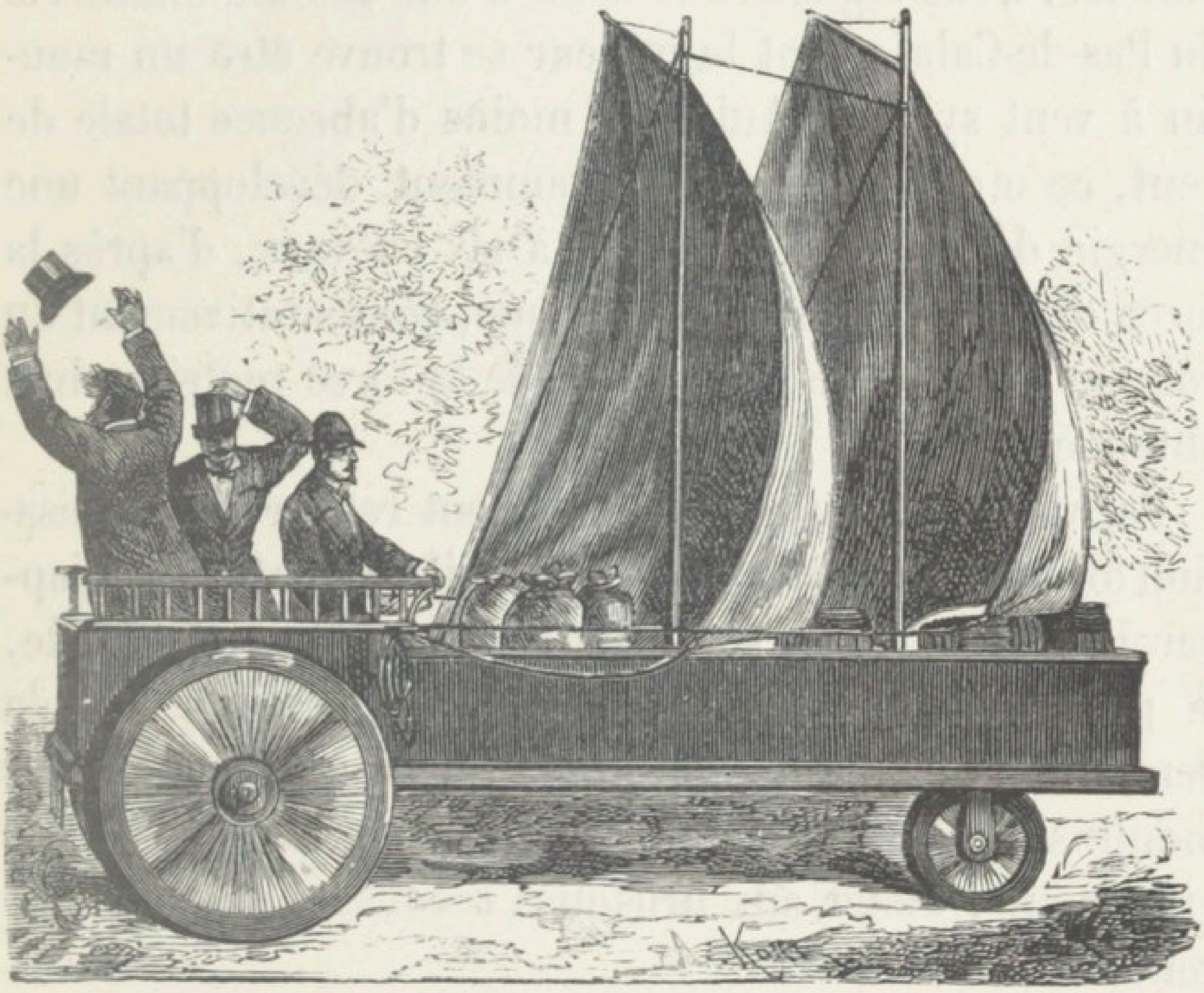


Fig. 16. — Voiture à voiles.

deux de ces gouvernails; l'un à l'avant et l'autre à l'arrière.

On a essayé en France les voitures à voiles comme moyens de locomotion; mais les premières expériences n'ont pas réussi, soit que les manœuvriers manquassent de pratique et d'habitude, soit qu'il fût trop difficile d'arrêter assez court le chariot une fois lancé. On se

souvient du traîneau à voile du *Tour du monde en 80 jours*, de M. Jules Verne. Comme on vient de le voir, le spirituel auteur n'a pas été chercher une idée fantaisiste. Ce qu'il a décrit existe; c'est une invention réelle.

Parmi les plus curieuses applications de cette force motrice, nous signalerons celle d'une grande distillerie du Pas-de-Calais dont le moteur se trouve être un moulin à vent système Aubry. A moins d'absence totale de vent, ce moulin tourne constamment, développant une énergie de 1/2 cheval-vapeur à six chevaux, d'après la force du vent, résultat magnifique, comparativement au volume de l'appareil et au prix de la force motrice ainsi obtenue

Parmi les avantages que l'on peut retirer de l'utilisation du vent comme force motrice, il faut noter que l'appareil seul coûte et, son installation une fois accomplie, la puissance obtenue est absolument gratuite et cela pendant un temps indéterminé, car la construction des moulins à vent automoteurs est particulièrement soignée pour résister aux brusques secousses des coups de vent inattendus.

Il est donc de tout intérêt, pour les industriels dont l'usine, l'atelier, la manufacture, se trouve dans un lieu aéré, d'établir sur le sommet de leur établissement un moulin à vent automoteur, dont la marche est à peu près continue pendant les trois quarts de l'année. Une petite machine à vapeur remédie aux arrêts momentanés.

Quel est le réltsuat obtenu? C'est que, pendant les trois quarts du temps, l'industriel, l'usinier, aura économisé son combustible.

Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici que des moulins automoteurs, les moulins ordinaires réclamant à tout instant le secours d'un ouvrier pour leur réglage, ne pouvant être mis en parallèle avec les systèmes de MM. Beaume, Aubry et Cie.

CHAPITRE III

LES MOTEURS HYDRAULIQUES

Les Roues. — Les turbines. — Les moulins à marée. — Le moteur Dufort.

I. LES ROUES

Cette partie de notre étude a déjà été traitée dans plusieurs volumes de la collection des merveilles, et de la manière la plus complète[1]. Il suffira donc de passer brièvement une revue des appareils mus par l'eau, sans entrer dans beaucoup de détails.

L'hydraulique avait fait peu de progrès avant Archimède; ce grand homme découvrit le principe de la pression des liquides sur les corps qui y sont plongés, et il inventa la vis qui porte son nom. Cette science s'accrut bientôt des découvertes de Ctésibius et de son disciple Héron, mathématiciens d'Alexandrie, qui inven-

[1] *L'hydraulique* de A. Marzy, les *Mackines* de E. Collignon.

tèrent, le premier, la pompe aspirante et foulante et le clepsydre ; le second, le siphon et la fontaine de compression, dite de Héron.

La première application de la pesanteur de l'eau, comme force motrice, c'est-à-dire les moulins à eau, fut importée d'Asie Mineure à Rome, du temps de César, et

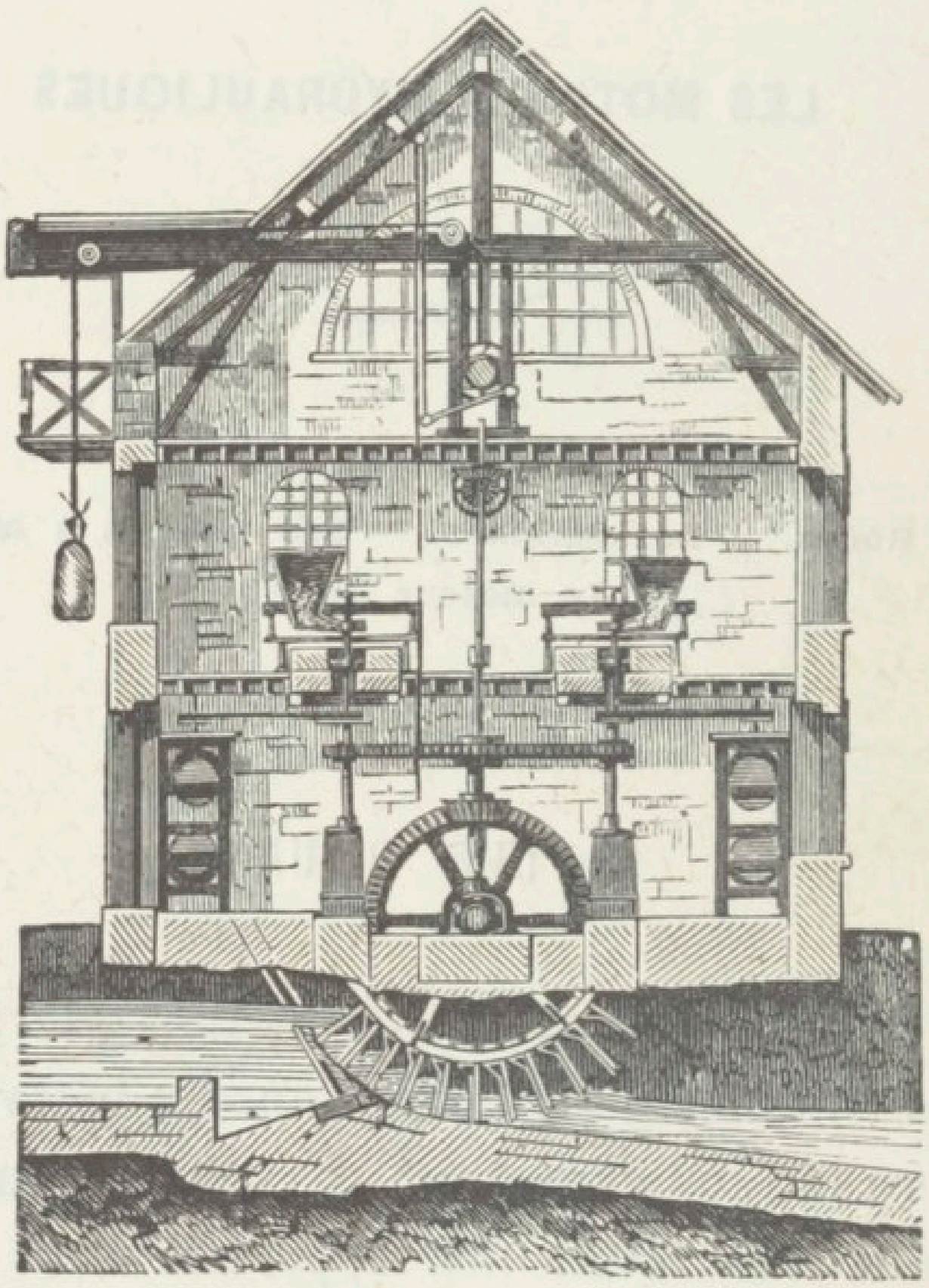


Fig. 17. — Moulin à eau.

passa en France du quatrième au sixième siècle. Enfin, de nos jours, par leurs longs travaux, Galilée, Torricelli, Bernouilli, Maclaurin, Euler, Fourneyron, ont achevé de fonder l'hydraulique moderne.

Le premier appareil inventé dans le but d'utiliser la force du courant des rivières et ruisseaux fut la roue hydraulique. Les premières construites étaient fort

simples. C'était de véritables *roues à palettes* planes comme celles des bateaux à vapeur. Elles sont fréquemment employées à la campagne, au bord des cours d'eau. Les roues hydrauliques sont de plusieurs systèmes, dont la construction diffère, d'après le côté d'où arrive le liquide moteur.

La plus commune est celle dans laquelle l'eau arrive par dessous, et tombe sur les palettes qu'elle fait avancer. Elle est dite roue en dessous à palettes planes.

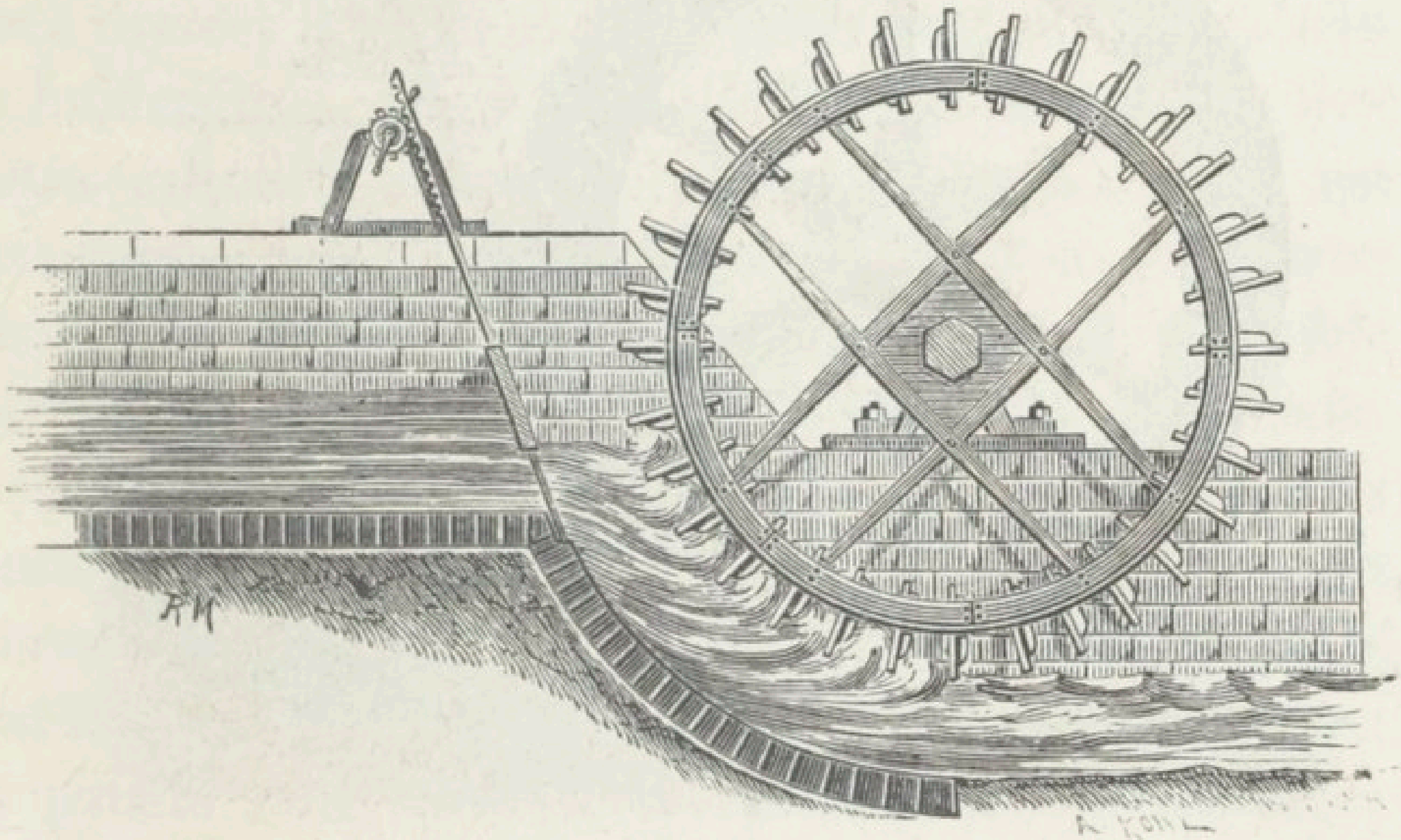


Fig.18. — Roue hydraulique à coursier circulaire.

Il y a aussi la roue de côté, la roue à augets, la roue à lames, la roue de dessus, dans laquelle l'eau arrive par dessus et tombe dans les augets ; et la roue Poncelet (fig. 19) dans laquelle l'eau vient en dessous et agit sur des pales courbes.

Les roues hydrauliques sont dites à coursier vertical, lorsque la vanne qui règle la quantité d'eau tombée est disposée perpendiculairement ; à coursier circulaire (fig. 18), lorsque le lit de la rivière suit la courbe de la

roue, et à coursier horizontal ou oblique quand l'eau coule sur un fond horizontal ou oblique. D'ailleurs, à qui voudrait voir des roues hydrauliques de tous systèmes, en nature, la galerie des machines du Conservatoire des arts et métiers offre des spécimens de grandeur naturelle et de tous les systèmes, fonctionnant naturellement et agissant sur divers appareils. Pour parer

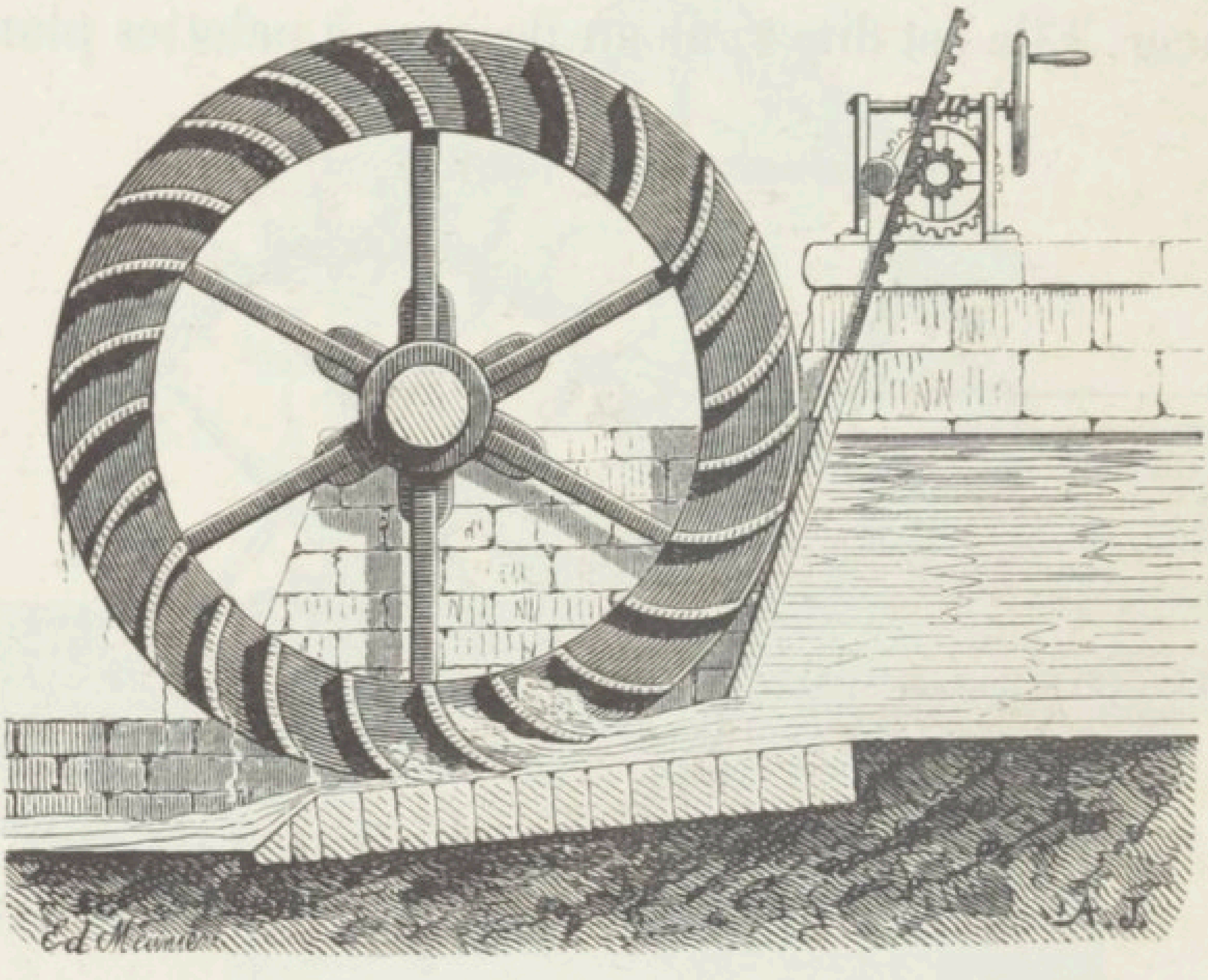


Fig. 19. — Roue Poncelet à palettes courbes.

aux pertes de mouvement causées par le choc de l'eau, on se sert d'une machine à vapeur.

Le réglage de tous les types de roues hydrauliques s'obtient avec une vanne, dont la tige à crémaillère engrène avec une roue dentée, sur l'arbre de laquelle est fixée une roue à main afin de rendre la manœuvre plus facile.

Les avantages des roues hydrauliques sur les autres systèmes sont leur construction de la plus grande sim-

plicité, et surtout leur prix minime. Ces avantages sont compensés dans un sens défavorable, il est vrai, par leur peu de vitesse, les pertes de force qu'elles occasionnent (50 p. 100 de la force de l'eau). Malgré ces défauts on les trouve encore aussi communément qu'autrefois dans les campagnes, et toutes les usines et manufactures du midi et de l'est de la France en sont encore pourvues.

Quelques-unes de ces roues (surtout quand le courant de la rivière dans lequel elles sont plongées, est assez rapide) atteignent un diamètre considérable, sept ou huit mètres. Alors l'axe, l'arbre de couche, au lieu d'être cylindrique, est polyédrique et sa section est hexagonale, octogonale quelquefois. Il est en bois, rarement d'un seul morceau et le plus souvent assemblé suivant une méthode spéciale et dite à queue d'hironde. Il est bien entendu que ce ne sont que dans les roues communes, construites seulement en bois, que les arbres sont ainsi ajustés. Dans la roue Poncelet, les bras sont en fonte, l'arbre en acier et les palettes en tôle; les paliers sont en fonte et les coussinets en bronze; mais dans les roues hydrauliques de grand diamètre, tout est en bois, cercle, bras, palettes, arbre, paliers, etc. On se borne à graisser ces derniers de temps à autre. On comprendra donc facilement que le rendement de travail de tels appareils soit forcément très faible. C'est pourquoi il est préférable dans tous les cas de les remplacer par d'autres moteurs.

II. LES TURBINES

Il existe de nombreuses sortes d'appareils hydrauliques, notamment les turbines, le moteur Dufort, le bélier hydraulique, et un appareil utilisant la force intermittente des marées.

Le bélier a été inventé en 1797 par MM. de Montgolfier, célèbres par une autre découverte — celle des aérostats, qui portent leur nom. — Il sert à élever l'eau d'une rivière à une certaine hauteur par la force même du courant.

La machine à colonne d'eau, et la machine d'Huelgoat sont deux autres systèmes à peu près analogues, et encore employés aujourd'hui, surtout dans les ports de mer.

Un ingénieur, M. Girard, a exposé, en 1852, le plan d'un propulseur hydraulique, dans lequel, les wagons, munis d'aubes par dessous, seraient poussés par des masses d'eau provenant des réservoirs situés à 80 mètres au-dessus du sol.

Deux ingénieurs rouennais proposèrent à un certain moment un système mixte de l'emploi du vent et de l'eau. Leur appareil était un moulin à vent, dont le mouvement de rotation des ailes était mis à profit pour faire mouvoir les pistons d'une pompe élévatoire.

Quand le courant d'air s'arrêtait, la masse d'eau élevée dans un vaste réservoir au-dessus du sol, retombait sur les ailettes d'une roue hydraulique et, par sa pesanteur, la faisait tourner. En procédant ainsi, ces ingénieurs espéraient compenser sans aucune dépense les arrêts du moulin, mais, à bien réfléchir, il fallait convenir que le réservoir supérieur fût-il plein jusqu'aux bords, jamais la masse d'eau élevée n'aurait été suffisante pour faire marcher, pendant un certain espace de temps, la roue hydraulique, car cet appareil consomme une grande quantité de fluide. Ces ingénieurs revenaient, sans s'en douter, au problème dont la solution impossible est depuis si longtemps cherchée : faire mouvoir par la roue hydraulique, une pompe qui élèverait à mesure de sa chute l'eau motrice qui vient de tomber, de manière à ce que celle-ci tourne indéfiniment. Les pertes, les frottements, mille causes diverses, s'opposent à la réalisation de cette idée, car, par ses mouvements successifs, l'eau élevée ne se trouve être que les 40/100 de la quantité totale. Si le rendement de la pompe était égal aux pertes de la roue, le problème du mouvement perpétuel serait résolu.

M. Armstrong utilise autrement la force, la pesanteur de l'eau. Une machine à vapeur travaille sans cesse, et élève l'eau dans un immense récepteur placé à une certaine hauteur. Un compresseur pesant appuie sur la surface du liquide et contribue à lui donner plus de force.

Lorsque l'on veut faire manœuvrer, soit ensemble, soit séparément les appareils du port de la gare : grues, vérins, plaques tournantes, etc., on ouvre un robinet, et c'est l'eau, fortement pressée, qui sert de fluide moteur.

On se demandera pourquoi on n'emploie pas directement la force de la locomobile ; après réflexion on le comprendra facilement. En effet, la machine étant de faible puissance, ne pourrait, sans de graves inconvénients, faire un tel effort. Tandis qu'en procédant de cette façon, elle marche sans jamais faire d'excès et, lorsqu'il y a « un coup de collier à donner », l'eau comprimée dans le réservoir le donne sans aucune peine. C'est ainsi que s'explique l'action de la machine à vapeur élevant l'eau, au lieu de faire manœuvrer directement les appareils.

Le système de M. Armstrong a été appliqué dans plusieurs ports de France, et avec le plus grand succès.

Passons maintenant à la turbine :

Cet appareil se compose essentiellement d'une roue horizontale, tournant sous l'eau, et mise en mouvement par le courant d'une rivière.

Les turbines l'emportent de beaucoup sur les roues hydrauliques ; elles sont préférables à ces dernières à cause de la vitesse de leur rotation par l'avantage qu'elles ont d'utiliser la plus grande partie de la force de l'eau (environ 95 pour 100), de diminuer considérablement les engrenages et de pouvoir continuer leur travail pendant les grandes eaux et les fortes gelées.

L'invention des turbines remonte déjà à un certain temps. Les premières étaient connues dès le milieu du siècle dernier, mais c'est seulement de nos jours qu'elles ont reçu tous leurs perfectionnements et une application vraiment pratique. Celles dont on se sert actuellement sont ordinairement des cuves en fonte

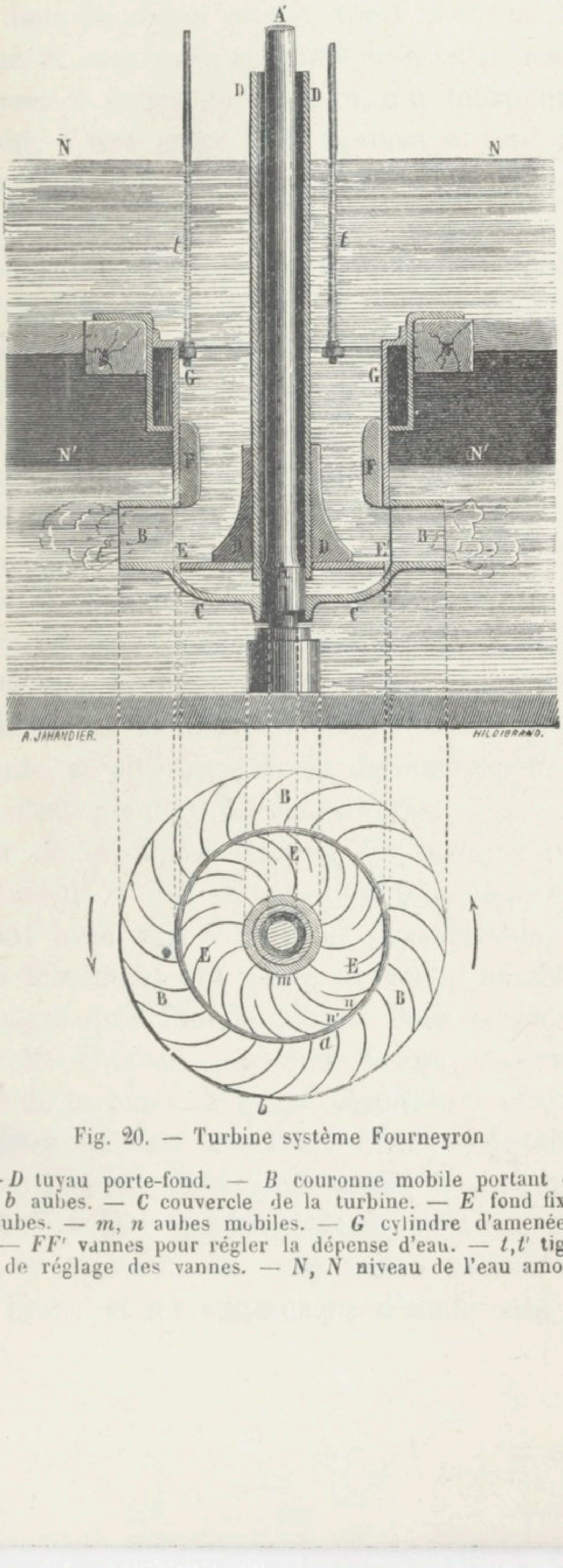


Fig. 20. — Turbine système Fourneyron

arbre. — *D* tuyau porte-fond. — *B* couronne mobile portant des aubes — *a* et *b* aubes. — *C* couvercle de la turbine. — *E* fond fixe découpé par les aubes. — *m*, *n* aubes mobiles. — *G* cylindre d'amenée du fluide moteur. — *FF'* vannes pour régler la dépense d'eau. — *t*,*t'* tiges de conduite et de réglage des vannes. — *N*, *N* niveau de l'eau amont et aval.

ou en bois de chêne cerclé, ayant la forme d'un cône tronqué et renversé, au fond desquelles sont placées des roues à aubes ou à hélice, qui tournent horizontalement. L'eau entre dans la cuve suivant une direction inclinée à l'axe de la turbine qui porte la roue tournante.

Les turbines le plus communément employées sont celles de MM. Fourneyron (fig. 20), Euler, Jonval, Burdin, Fontaine et Girard. C'est en imitant les *roues horizontales*, employées depuis longtemps dans le midi de la France, comme moteurs des moulins à eau, que M. Fourneyron a construit ses turbines. Quoique assez compliquées elles ont donné des résultats pratiques satisfaisants. Elles se prêtent facilement à toutes les vitesses et à toutes les forces de chute. Leur inventeur en a établi une dans la Forêt-Noire à Saint-Blaise; elle est mise en mouvement par une chute du Rhin de 108 mètres de hauteur. Sa vitesse est de 3200 tours à la minute, sa puissance de 40 chevaux-vapeur. Son diamètre n'est que de 0,55 centimètres.

Pour de si fortes chutes, les turbines ordinaires se réduisent à des dimensions tellement exiguës et tournent avec une vitesse si considérable, qu'il en résulte forcément une perte de force notable par les engrenages qu'il faut employer. Pour remédier à cette perte, M. Thomas, ingénieur belge, a construit une variété de turbines de grand diamètre pouvant prendre les petites vitesses, car l'eau vient par-dessous. M. Girard a proposé aussi une sorte de turbine appelée *roue-hélice* fort ingénieusement disposée (fig. 21). Dans ce système, la roue est à moitié immergée dans l'eau, et les engrenages d'angle sont fixés sur

deux *paliers* dans une cuve. C'est la plus simple de toutes celles qui ont été inventées jusqu'ici.

C'est principalement dans les grands moulins à eau qu'on emploie les turbines. Elles sont presque toutes fort peu encombrantes, et c'est justement ce qui les fait rechercher de préférence aux autres moteurs, hydrauliques ou à vapeur. Leur seul inconvénient est que, pendant les grandes chaleurs de l'été, lorsque les eaux sont basses, leur marche est souvent con-

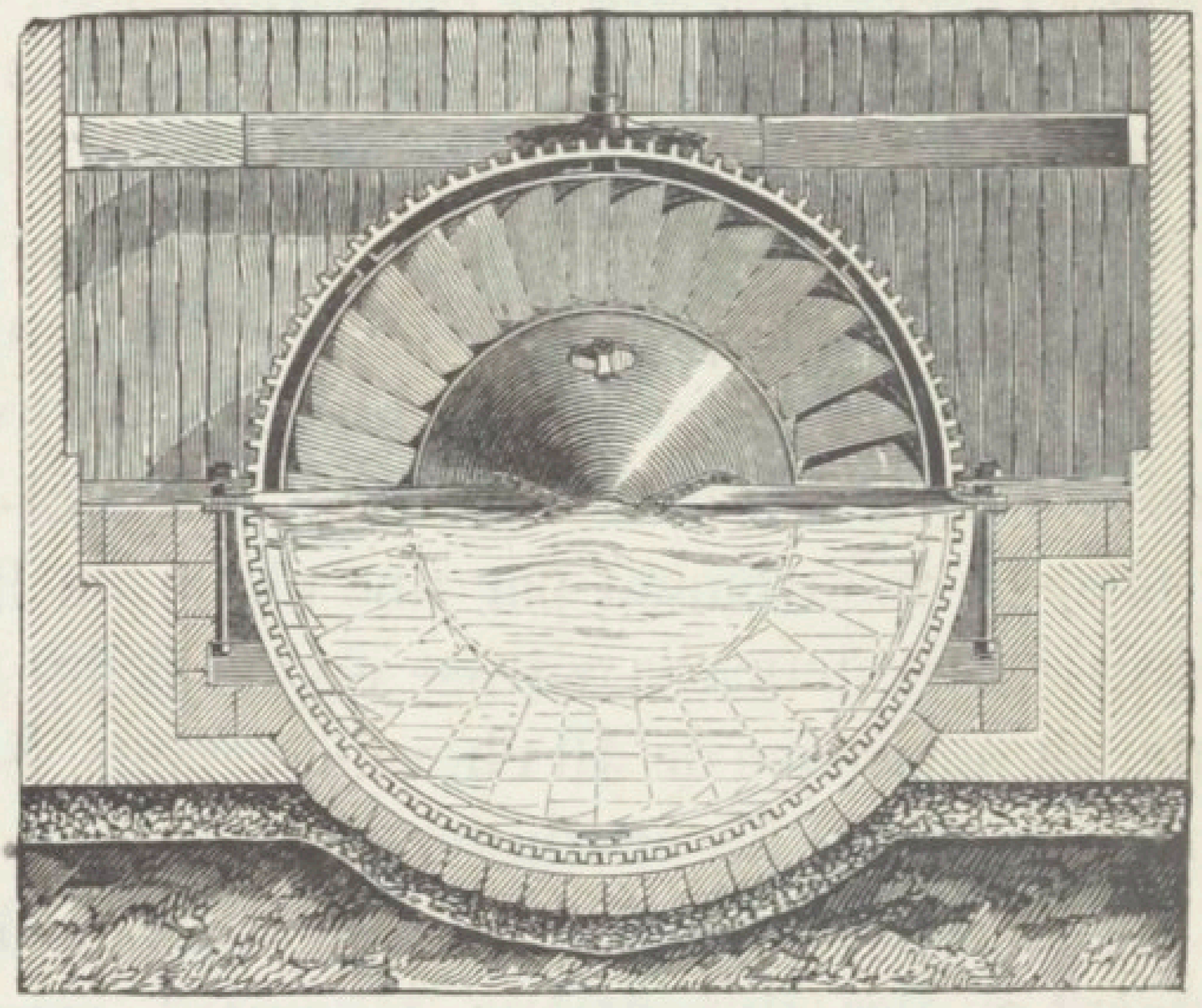


Fig. 21. — Roue hélice Girard.

trariée, ce qui peut être une cause de chômage pour les usines ou les ateliers qui les emploient.

Les moulins de Saint-Maur près Paris offrent le type à peu près le plus puissant de toutes les turbines construites jusqu'à ce jour. L'emploi de ces appareils s'étend de plus en plus chaque jour, et il viendra un moment où ils auront remplacé l'antique roue hydraulique.

III. LES MOULINS A MARÉE

L'homme a aussi imposé sa volonté à la mer, au vaste Océan : il emploie les marées comme force motrice.

Voici la description d'un appareil utilisant cette force qui a figuré à l'Exposition internationale de Londres.

L'appareil se compose de deux parties : l'une est un réservoir dans lequel se produit la force, et qui représente la chaudière d'une machine à vapeur; l'autre est une machine motrice à peu près semblable, sauf quelques modifications, à une machine fixe.

Le réservoir est divisé en deux compartiments placés l'un au-dessous de l'autre. Sa base doit être située au-dessous du niveau des plus basses marées, tandis que sa paroi supérieure atteint le niveau des marées les plus hautes. La paroi horizontale qui divise les deux compartiments occupe une hauteur intermédiaire entre ces deux niveaux.

Ce réservoir doit être enterré dans le sable, à l'abri des vagues et des tempêtes. Il peut être construit indifféremment, en maçonnerie, en ciment romain, ou bien en fonte ou en fer, et placé à une distance quelconque de la mer. S'il en est loin, on n'aura qu'à prolonger suffisamment le tube de communication.

Pendant la marée, l'eau monte par le tube dans le premier compartiment, et comprime l'air dans le se-

cond. En mettant cet air comprimé en rapport avec la machine, le piston glisse comme par l'action de la vapeur à égale tension, et le moteur marche jusqu'à la marée descendante; c'est-à-dire, pendant environ trois heures. On peut donc obtenir ainsi une alternative de trois heures de travail et de trois heures de repos.

Pour les industries auxquelles ces intermittences ne pourraient convenir, on ajuste à la machine une ou plusieurs pompes que le piston met en mouvement et qui refoulent l'air dans un vaste compartiment de réserve. Ce travail, s'opérant pendant que la marée fait travailler la machine, on n'a point d'intermittences préjudiciables, la provision d'air comprimé y supplée, et l'on a une marche continue et assurée.

Le prix de cette force motrice est très modéré. Une fois l'installation accomplie, il n'y a plus de dépenses à faire; les marées travaillent gratuitement. De plus, elles ont sur les autres systèmes hydrauliques un grand avantage, en ce que la mer n'est sujette, ni à baisser, ni à tarir, comme les rivières et les ruisseaux.

IV. LE MOTEUR DUFORT.

Ce nouveau moteur a été inventé, il y a quelques années seulement, par un industriel parisien, et il est apte à rendre de grands services à nombre d'industries. Sa force motrice, bien que faible, est suffisante pour actionner des machines à coudre, des ventilateurs, ou quelques autres appareils du même genre, pour lesquels il n'est besoin que de peu de force.

La partie principale de ce moteur est une roue à ailettes de tôle, fixée sur l'arbre de couche. L'eau, dont on règle à volonté le débit au moyen d'un robinet, agit sur ces ailettes par l'action de sa pesanteur et de sa pression, puis s'échappe, après avoir travaillé, par un conduit placé en dessous.

Cette roue tourne avec une vitesse variant entre 60 et 18 000 tours par minute, à la volonté du conducteur de la machine. Elle peut marcher dans les deux sens (avant et arrière) et s'arrêter instantanément. Ce système supprime les volants, engrenages et courroies de transmission ; il peut être mis en mouvement et conduit par la première personne venue, ne possédant aucune connaissance spéciale, chose inutile d'ailleurs, puisqu'il ne s'agit pour toutes manœuvres que d'ouvrir plus ou moins ou de fermer un robinet.

Ce moteur emploie pour sa marche indifféremment quelque fluide que ce soit, lorsqu'on en a un sous la main à une pression suffisante. Par exemple, on peut utiliser accidentellement la vapeur ou l'air comprimé, mais ce n'est que lorsqu'on veut obtenir les grandes vitesses de 10 000 tours à la minute. Dans ce cas l'appareil devient une véritable machine rotative, par con-

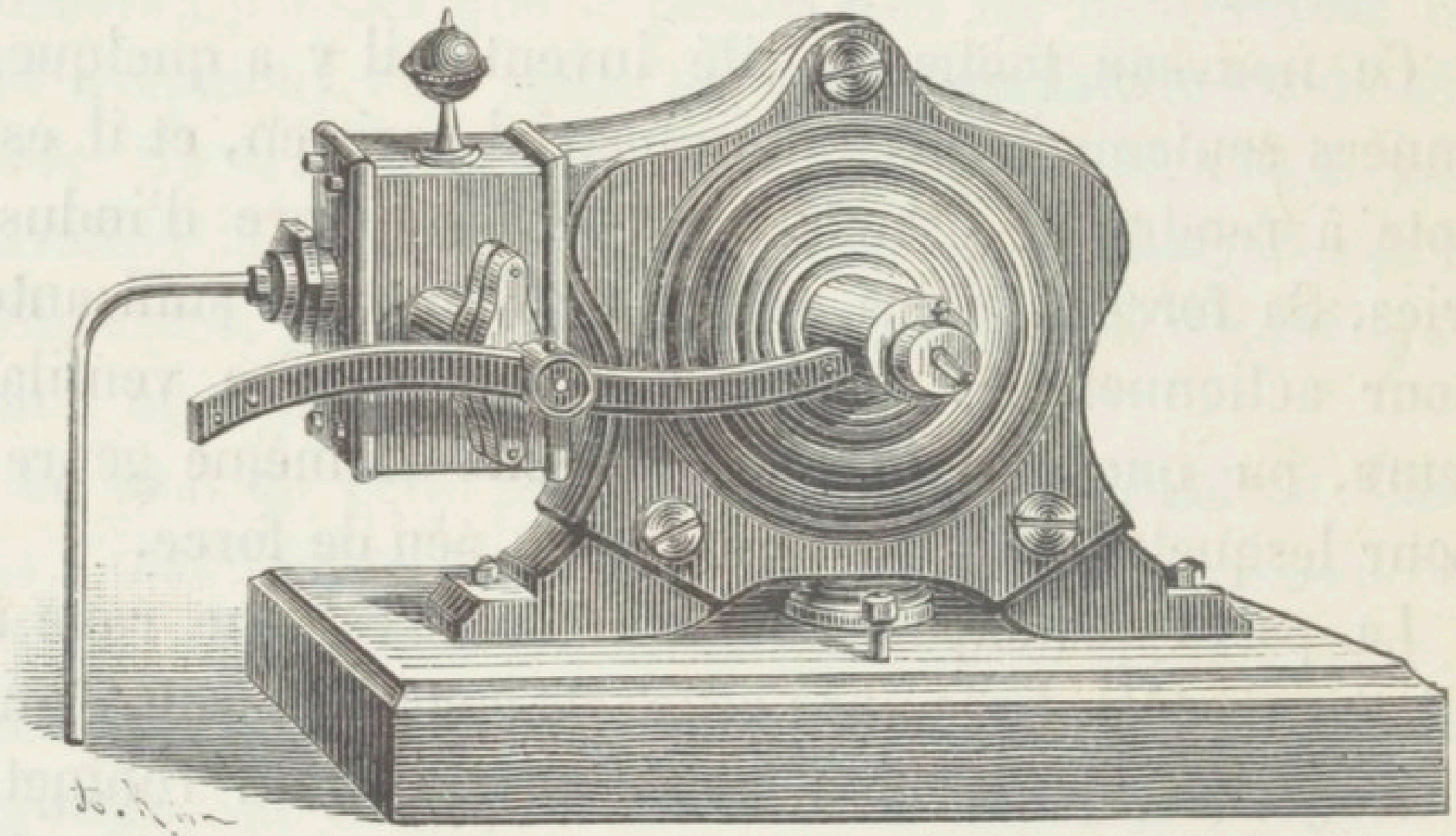


Fig. 22. — Moteur Dufort.

séquent peu économique à cause des pertes par rayonnement et dilatation.

Ordinairement, c'est l'eau que l'on choisit et que l'on préfère, du moment qu'on l'a à bas prix et sous une pression minimum de trois atmosphères. Cette faible pression suffit à l'appareil Dufort, et c'est pour cela qu'il est très utile dans tout métier n'ayant besoin que de peu de force, pouvant avoir à sa disposition l'eau nécessaire, l'eau motrice en un mot, dont le prix n'est pas excessif.

Ce moteur ne pèse que cinq kilogrammes ; il peut

se monter sur quelque table que ce soit. Il peut remplacer avantageusement les machines rotatives à vapeur, qui ont le défaut de s'user trop rapidement par le frottement des parties en contact, et, par là, d'occasionner des pertes de travail moteur.

Les ateliers de couture mécanique sont les premiers qui aient adopté le moteur Dufort. Sa puissance est assez grande pour mettre en mouvement toute la série de machines de l'atelier, évitant, par là, le mouvement des jambes, si désastreux pour la santé des ouvrières.

Quelques lavoirs l'utilisent pour les essoreuses, à cause de sa grande vitesse.

Dans l'appareil Hughes, enfin, à l'Administration des postes et des télégraphes, son emploi s'est rapidement répandu. Il remplace avec avantage les contrepoids, qu'il faut relever de temps à autre, et assure à l'appareil une marche régulière, tout en évitant un surcroît de fatigue aux employés.

CHAPITRE IV

LES BAROMOTEURS

Ressorts. — Poids. — Barotropes. — Caoutchouc tordu. — Plans automoteurs.

Le nom hybride de *baromoteurs* que nous donnons aux appareils de cette section vient de deux mots, l'un grec, l'autre latin, le premier signifiant poids et le second moteur, ce qui revient à dire que ce sont des machines tirant leur force de la pesanteur que nous allons étudier ici.

L'emploi des poids comme moteurs est borné presque exclusivement à l'horlogerie. Chacun connaît le vulgaire *coucou* ou réveille-matin, et la primitive horloge de bois de Nuremberg (fig. 23). Dans ces sortes de pièces mécaniques, le poids attaché au dernier anneau d'une longue chaîne, descend et fait tourner la roue à rochet, sur laquelle passe la chaîne. Cette roue à rochet communique à son tour le mouvement à une

roue d'engrenage placée sur l'axe de la grande aiguille, réglée pour faire le tour entier du cadran en soixante minutes. Un autre mécanisme, muni d'un balancier ou

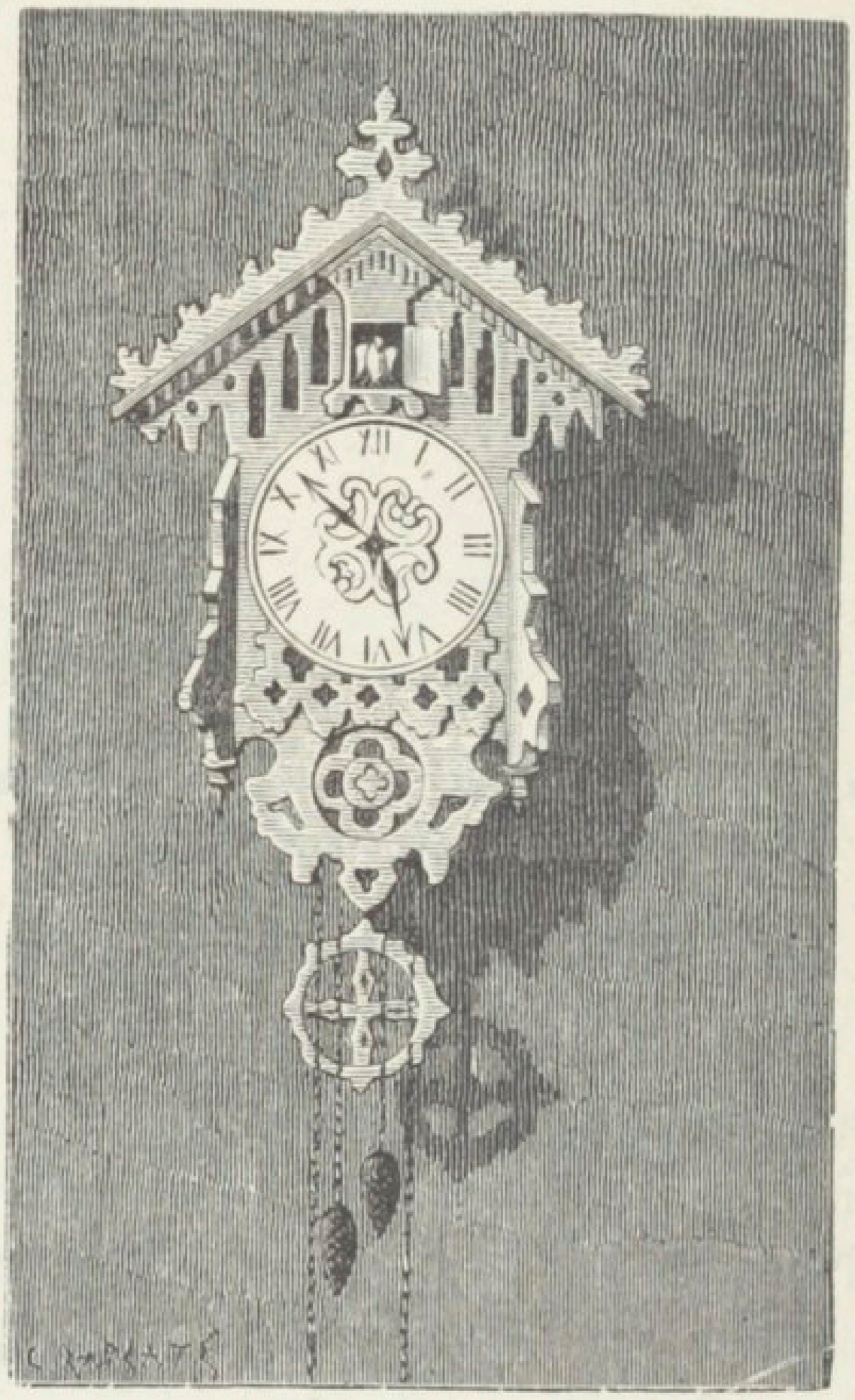


Fig. 23. — Horloge de Nuremberg ou de la Forêt-Noire.

pendule régulateur, fait tourner la petite aiguille en douze heures.

Un autre poids sert à faire jouer la sonnerie, toujours par le même effet. A l'heure dite la roue de la grande aiguille déclanche une pièce qui retient la sonnerie en repos. Rien ne l'arrêtant alors, le poids descend et, par la force qu'il développe, il fait osciller et frapper le marteau sur le timbre. C'est aussi simple qu'ingénieux.

Mais si l'on se bornait à cette manœuvre, le marteau, à mesure que la chute du poids s'accélérerait — d'après la loi bien connue de la chute des corps — le marteau frapperait le timbre de plus en plus vite. Pour éviter les battements de se précipiter, on met en jeu la résistance de l'air. Lorsque le poids descend il fait tourner des ailettes de fer-blanc, lesquelles, à mesure que leur mouvement de rotation devient plus rapide, éprouvent une résistance de plus en plus grande de la part de l'air et par là modifient et retardent ce mouvement. Par suite le marteau frappe, à intervalles égaux et espacés, le timbre de la sonnerie, qui se trouve ainsi réglée.

Il y a dans certaines cathédrales et églises, à Strasbourg, Saint-Quentin, Haarlem, et ailleurs, des horloges merveilleuses de complications dans lesquelles, lorsque l'heure somme, on voit apparaître différents personnages : Jésus-Christ entouré de ses apôtres, le Temps accompagné de la Jeunesse, de l'Age mûr et de la Vieillesse, etc.

Dans les horloges de bois plus modestes, qui nous arrivent de la Forêt-Noire, ce sont plus ordinairement des soldats défilant, musique en tête, ou un oiseau de bois qui accompagne chaque coup de marteau de son cri monotone *coucou, coucou*.

Et quel est le moteur de tous ces différents mécanismes? Un poids, tout simplement un poids qui descend.

Car, pour produire une action, il faut que le poids descende; un poids immobile n'est plus un moteur, ou du moins pendant ce temps; aussi ce système a-t-il un grand inconvénient. Lorsque le poids est au haut de sa course, il a une puissance motrice limitée. Lorsqu'il descend, l'effort qu'il exerce est toujours le même; mais

une fois arrivé à son plus bas point il s'arrête forcément, sa force est dépensée, et pour qu'il puisse encore produire un travail, il faut qu'un autre moteur étranger à la machine, ordinairement l'horloger, vienne le remonter, sans cela son rôle est terminé et il est immobile pour l'éternité.

Aussi a-t-on, dans un grand nombre de cas, remplacé les poids par les ressorts, bien moins gênants et produisant le même effet.

Un ressort est une mince lame d'acier trempé, en-

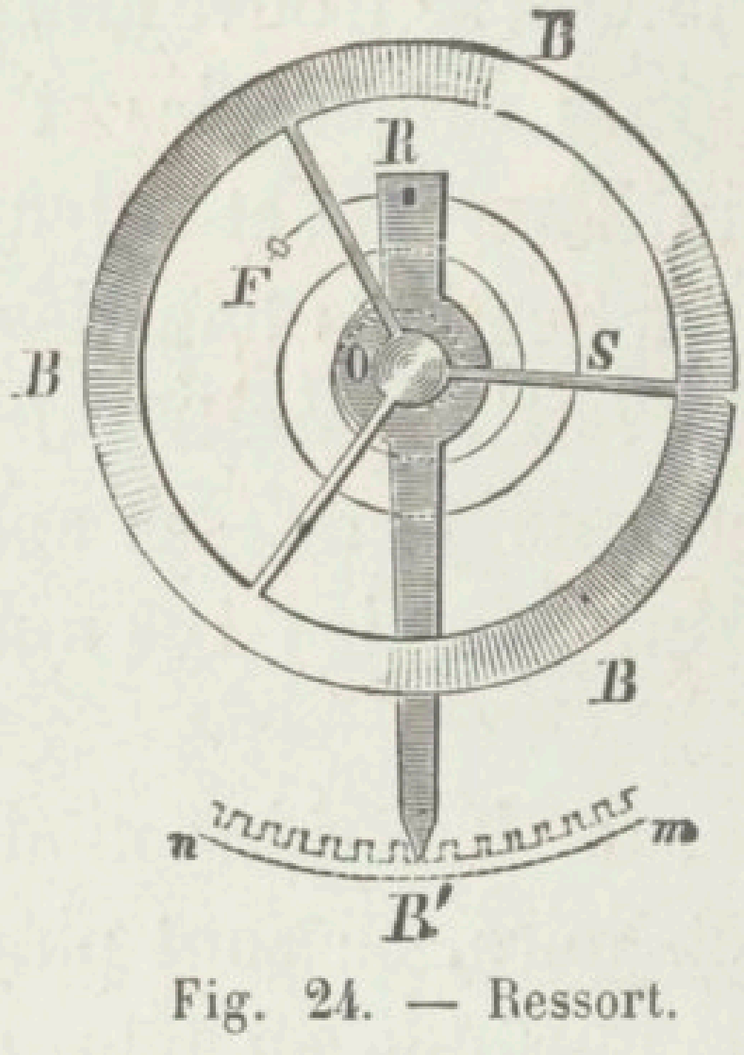


Fig. 24. — Ressort.

roulée en spirale, qui, à mesure qu'elle se détend pour reprendre sa forme primitive, engendre une force mise à profit dans les montres et quelques autres appareils particuliers (voir fig. 24).

Pour régulariser cette force (car un ressort qui se détend ne développe pas comme les poids constamment le même effort, puisqu'une fois qu'il se débande sa force décroît jusqu'à ce qu'il ait repris sa position première), les horlogers employaient anciennement la fusée,

supprimée aujourd'hui, ce qui permet de diminuer beaucoup l'épaisseur des montres.

En mécanique, les ressorts ne sont pas seulement ces petites lames d'acier délicates; les catapultes et les balistes des anciens étaient aussi des espèces de ressorts,

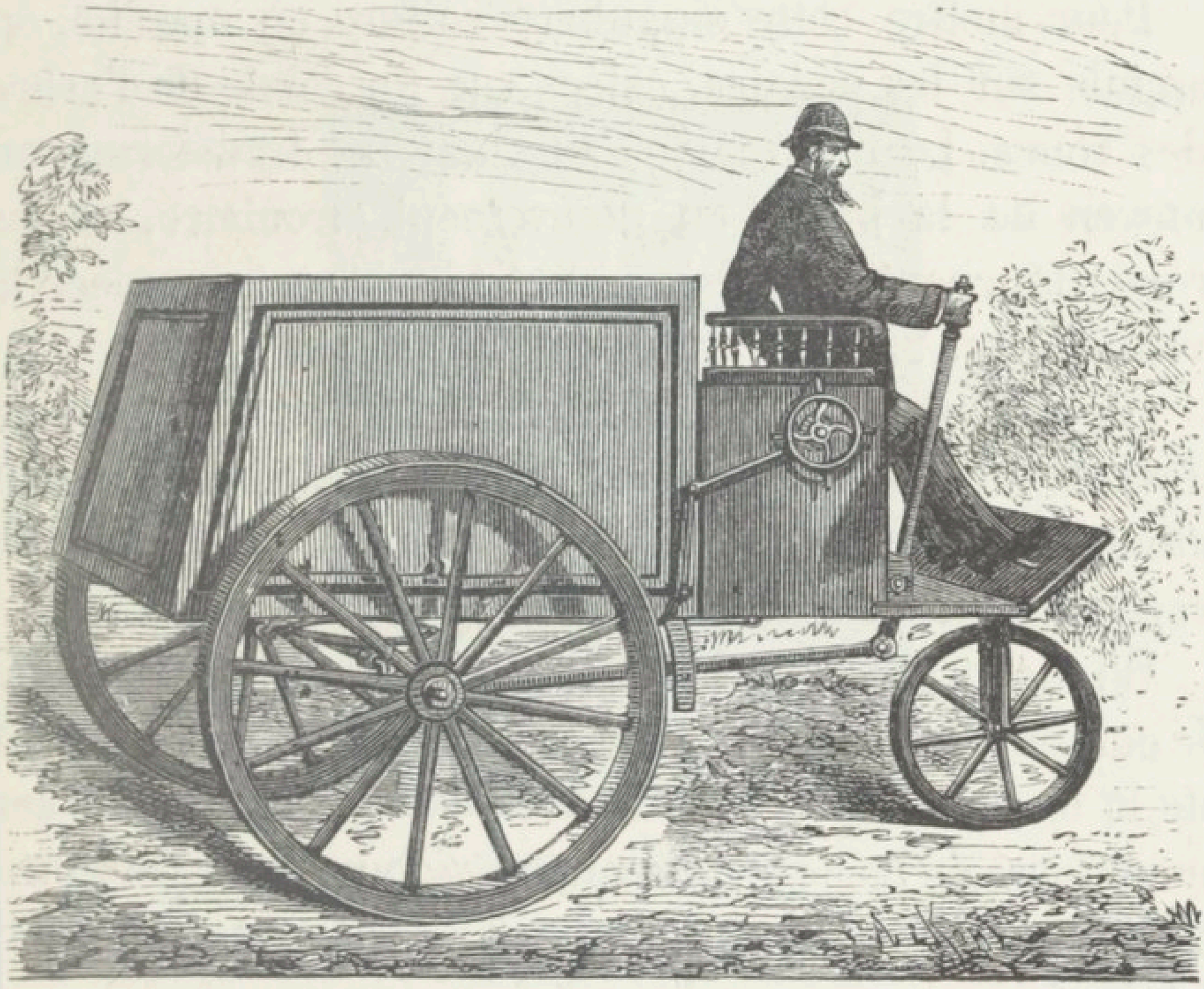


Fig. 25. — Barotrope Marquis.

lançant au loin les pierres, les flèches et le terrible *feu grégeois*.

Dans l'horlogerie, les ressorts suppriment les balanciers, poids, chaînes, trop encombrants et impossibles à utiliser pour les horloges portatives. C'est grâce aux progrès de l'horlogerie moderne, que les dames possèdent d'élégantes montres à remontoir, au lieu des monstrueux *oignons* d'autrefois.

Puisque nous parlons des moteurs à poids, décri-

vons deux machines empruntant leur force à ce système.

La première est ce que l'on appelle *barotrope* ou voiture sans chevaux; le type le plus commun est la voiture de malade, à leviers ou à pédales, dont le véritable moteur est le poids du conducteur.

Pour mettre cette singulière voiture en marche, on appuie sur les pédales, calées sur un coude de l'arbre des roues. Le mouvement alternatif se transforme au moyen de la bielle en mouvement circulaire, et les roues tournent en faisant, par conséquent, avancer la voiture (fig. 25).

On obtient la direction en faisant pivoter la roue de devant sur laquelle repose tout le système. On peut ainsi tourner à volonté à droite ou à gauche et dans le rayon voulu.

On a construit des barotropes où, au lieu de pédales, le conducteur de la voiture actionne des leviers agissant de la même façon sur des coudes de l'arbre. Une de ces machines, dirigée par un homme vigoureux, a parcouru 20 kilomètres en deux heures un quart sous un soleil brûlant.

Certaines personnes, ne possédant pas de chevaux, s'en servent à la campagne pour voyager entre des points assez rapprochés; c'est là même la principale utilité de ces voitures dont le véritable moteur est l'homme — un moteur animé.

Une personne très ingénieuse s'est servie de la puissance de torsion du caoutchouc comme force motrice. C'est un moteur très léger mais dont la marche dure à peine quelques instants. M. Pénaud a fait manœuvrer à l'aide du caoutchouc tordu de très curieux appareils de

navigation aérienne : les aéroplanes, les hélicoptères et les oiseaux mécaniques, montant dans l'atmosphère par le jeu d'hélices tournant horizontalement, ou d'ailes légères imitant le mécanisme de l'aile de l'oiseau vivant (fig. 26).

Mais ce sont là plutôt des jouets scientifiques que des

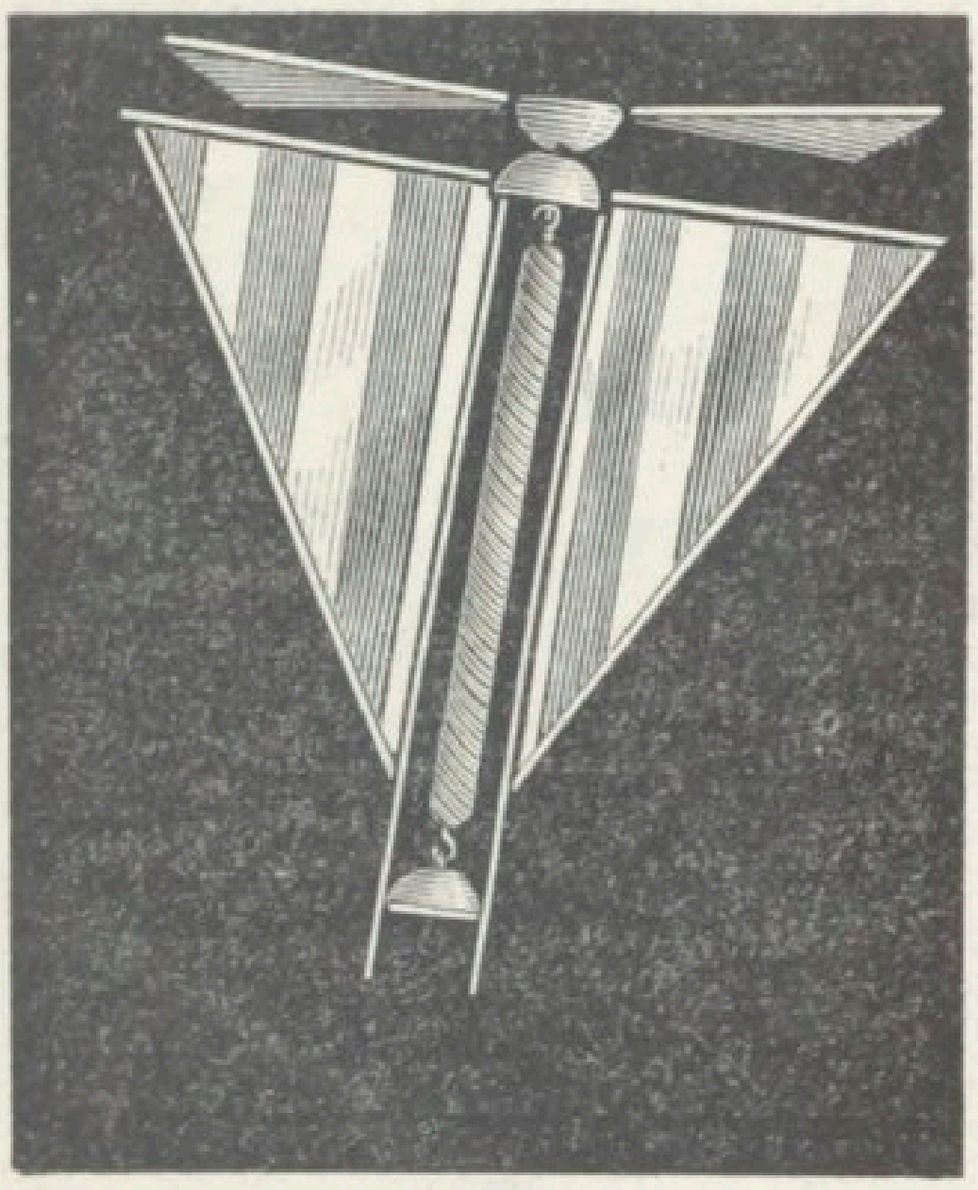


Fig. 26. — Hélicoptère.

applications pratiques d'une force pouvant servir à d'autres usages plus importants.

D'après l'inventeur lui-même le caoutchouc tordu peut produire un mouvement rapide pendant quelques instants, mais il est inapplicable en grand.

Les plans inclinés ou automoteurs sont employés surtout dans les mines, les fouilles pour constructions et les carrières (fig. 27). Dans les plans automoteurs des mines, des wagons sont réunis en *trains*, au moyen de chaînes, et ils sont placés sur la voie montante. Un câble, attaché au wagon de tête, passe sur une poulie fixée au dernier

et plus haut point de la montée, tandis que son extrémité se trouve rattachée au premier wagonnet d'un second train se trouvant sur la voie descendante. Par un système de va-et-vient très compréhensibe, quand un train monte l'autre descend, l'un vide l'autre chargé. Il y a même des changements de voie et de pente, intervertissant jusqu'au sens de marche des trains.

Quant aux plans inclinés et obliques ils se servent

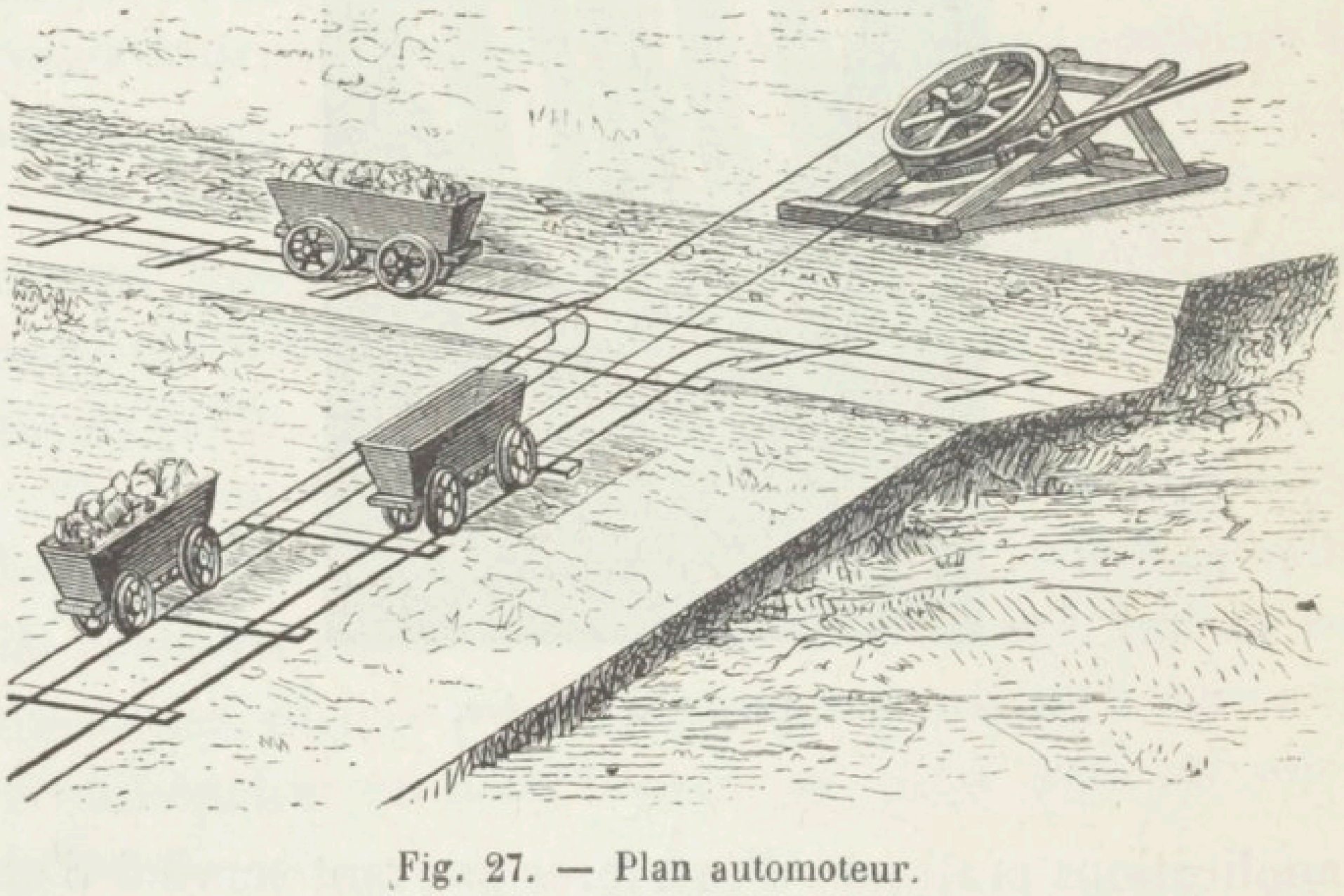


Fig. 27. — Plan automoteur.

qu'à faciliter la montée aux animaux moteurs traînant de lourdes charges de terre et de déblais.

Ainsi l'homme tire parti des choses les plus insignifiantes en apparence. Rien que pour les ressorts, par exemple, que de personnes cette industrie ne fait-elle pas vivre ! C'est une preuve de la transformation de la matière par l'intelligence et le travail. Avec une livre de fer, coûtant en moyenne 25 centimes, un ouvrier peut faire environ cinq mille ressorts de montre, pesant

un décigramme, et payés dix francs pièce. C'est donc cinquante mille francs que vaut la livre de fer ainsi transformée par le travail de l'ouvrier. Tout n'est que relatif ici-bas, puisqu'une livre de fer, une fois travaillée, vaut plus que quinze kilos pesant d'or pur!

CHAPITRE V

LES MOTEURS A AIR

La machine atmosphérique. — La machine à air chaud. — Moteurs à air comprimé.

I. LA MACHINE ATMOSPHÉRIQUE

L'honneur revient sans conteste à Papin, pauvre médecin de Blois, d'avoir deviné la théorie du changement de l'eau en vapeur par l'ébullition, et d'avoir construit la première machine à vapeur, que d'autres inventeurs n'ont eu qu'à perfectionner.

Mais n'anticipons pas; avant l'historique de la machine à vapeur, rendons-nous compte de la machine atmosphérique, son premier germe.

En 1678, Louis XIV, voulut, pour l'embellissement de ses jardins de Versailles, élever l'eau de la Seine, et la distribuer dans les magnifiques bassins du parc. Les immenses difficultés de cette entreprise tenaient en ha-

leine l'esprit de tous les mécaniciens français. Un certain abbé d'Hautefeuille, après avoir songé aux forces naturelles qu'on aurait pu mettre en jeu pour arriver au résultat auquel on tendait, proposa en termes vagues

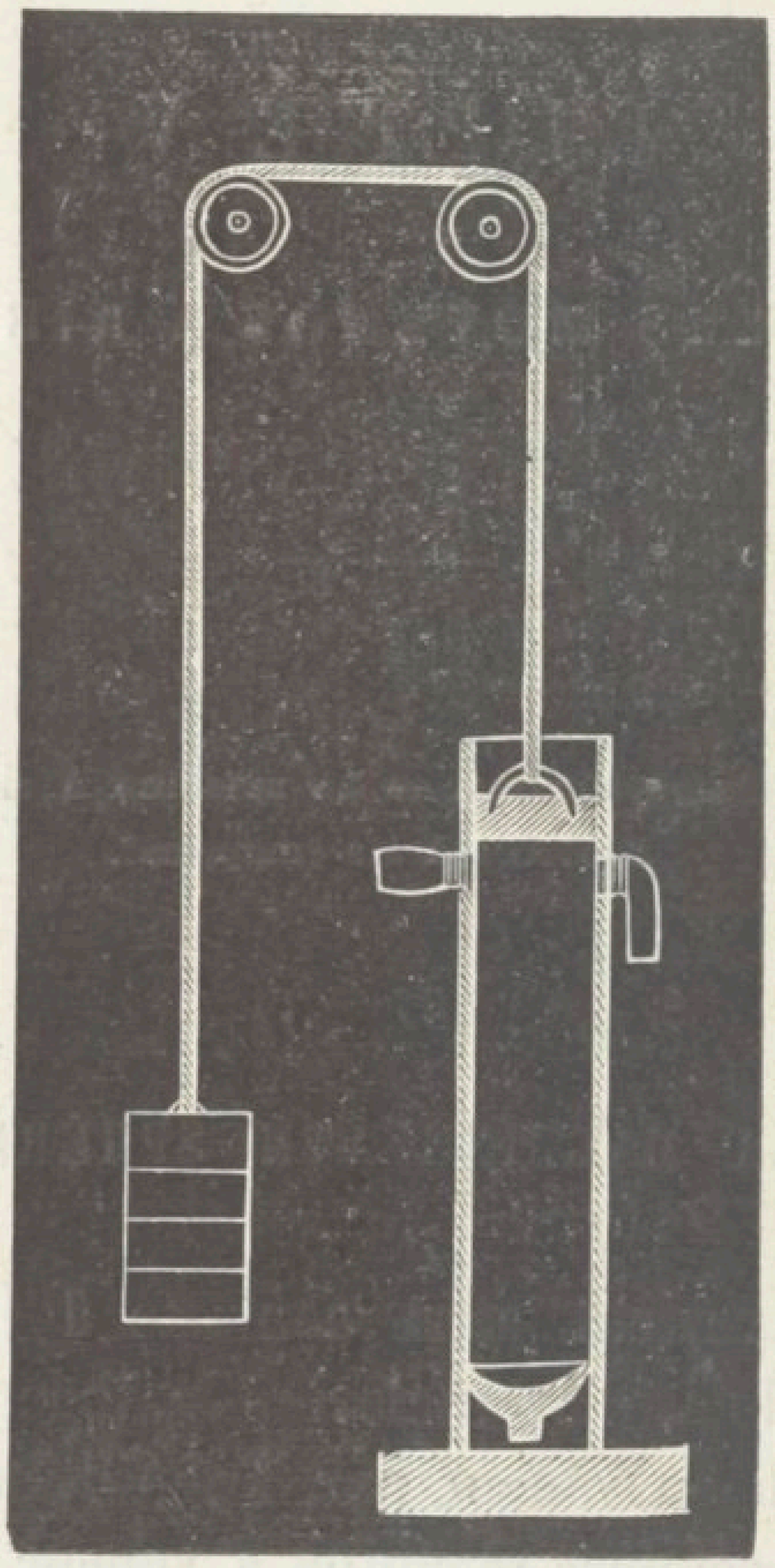


Fig. 28. — Machine atmosphérique de Huyghens.

et diffus, de se servir de la poudre à canon pour produire un vide artificiel dans une grande caisse, et par ce moyen élever l'eau qui s'y serait précipitée par l'effet de la raréfaction.

Cette idée fut reprise en 1682 par Huyghens de Zulichem, savant hollandais, mais au lieu de n'être employée

qu'à élever l'eau, sa machine devait servir à tous les besoins de l'industrie, et devenir le moteur tant cherché.

La machine de Huyghens (fig. 28) était formée d'un corps de pompe, dans lequel glissait à frottement doux,

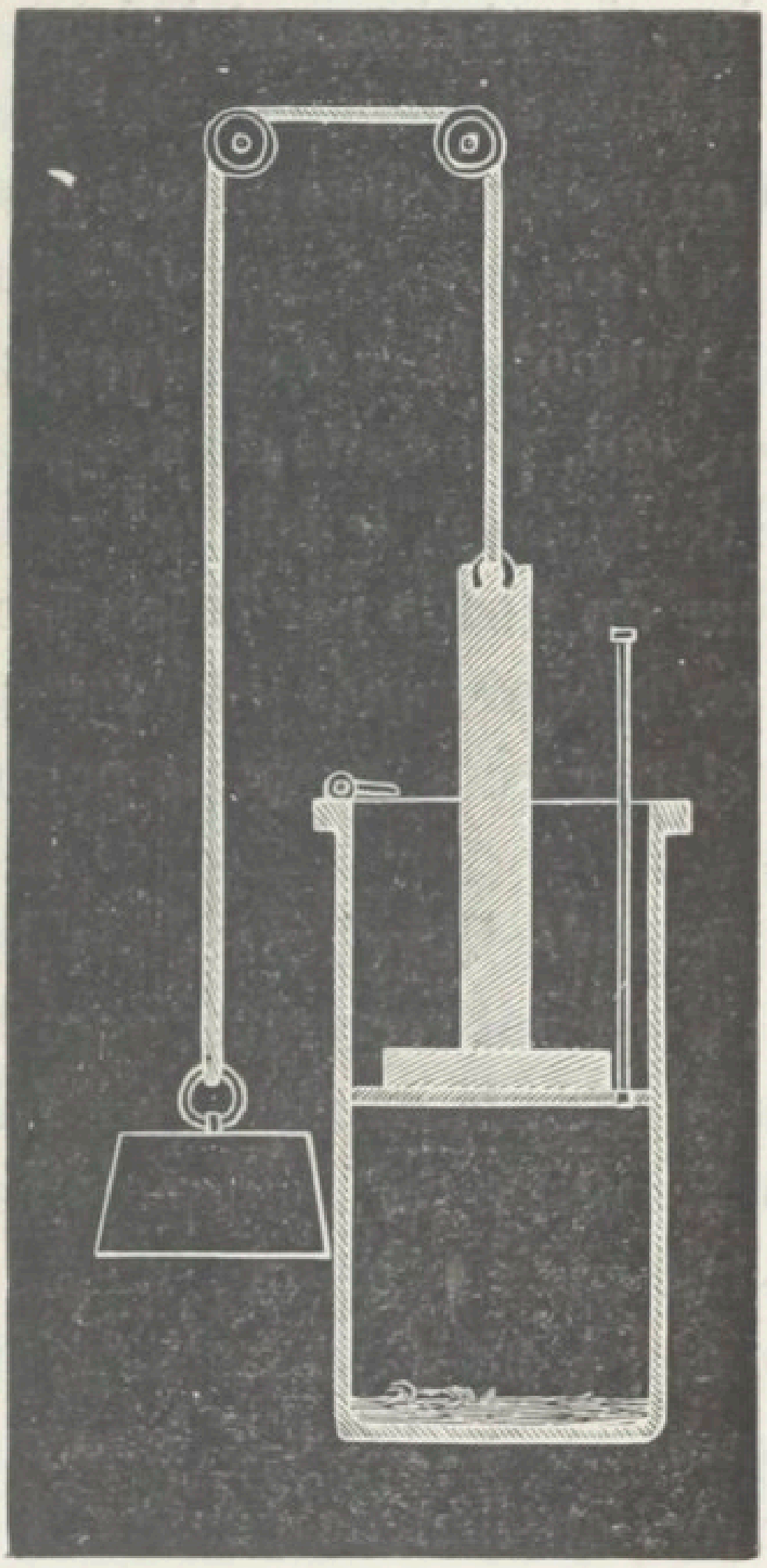


Fig. 29. — 1re machine de Papin.

un piston formant la partie supérieure du tube. Dans le fond était fixé une sorte de godet que l'on remplissait de poudre, et, dans la paroi du haut, on avait ménagé deux soupapes s'ouvrant du dedans au dehors. Ce cylindre était placé dans une position verticale et vissé sur une sorte de

socle. Le piston mobile était relié au moyen d'une corde, passant sur des poulies, supportées par deux piliers en forme de portique, à la masse, au poids à enlever, ou à la machine à faire mouvoir.

Lorsqu'on allume la poudre, voici le phénomène qui s'opère : les gaz produits instantanément se dilatent par la chaleur développée, et chassent l'air par les soupapes qui se referment instantanément après son expulsion.

Le piston est en même temps poussé jusqu'en haut du corps de pompe. L'air évacué, un vide imparfait s'établit, et permet à l'atmosphère d'appuyer sur la face supérieure du piston, qui, par suite de son poids (1 kil. 33 par cent. carré de surface), le fait redescendre. En multipliant la surface du piston par le coefficient 1,33, on a la pression en kilogrammes qu'exerce l'atmosphère sur le piston, et par conséquent le poids que la corde peut enlever.

Papin avait secondé Huyghens dans la construction de sa machine; il y avait reconnu divers inconvénients, notamment l'emploi de la poudre, qu'il fallait changer à tout instant, et le peu de raréfaction de l'air par ce procédé (il en restait environ un cinquième dans le cylindre). Pour remédier à ces imperfections, il proposa dans un mémoire, publié dans les « *Actes de Leipsick* » de 1690, d'employer, au lieu de poudre, l'eau réduite en vapeur, puisque la vapeur une fois condensée n'a qu'un volume excessivement restreint et peut produire, par suite, un vide presque parfait dans le corps de pompe, affirmait-il.

Quelque temps après, le célèbre mécanicien construisit une machine, fort semblable pour la forme extérieure à celle de Huyghens, mais dont le prin-

cipe différait absolument (fig. 29). Comme la machine à poudre du savant hollandais, celle de Papin avait de grands défauts. La marche en était très lente et très irrégulière par suite du temps considérable que demandait la vapeur pour son refroidissement. Il fallait constamment une personne pour retirer à tout instant le brasier de dessous le corps de pompe et l'y replacer, alimenter d'eau le cylindre, à mesure que cette dernière était réduite en vapeur et surveiller la marche bien imparfaite et bien irrégulière de ce rudimentaire appareil. C'était perdre, d'abord un temps considérable pour attendre le refroidissement et la condensation, ensuite une grande quantité de calorique qui aurait pu être utilisée. Par conséquent perte de temps et d'argent.

Les imperfections de la machine du docteur Papin n'échappèrent point aux personnes même les moins expérimentées en mécanique. Le savant eut à subir des humiliations sans nombre; aussi, découragé par l'accueil fait à son invention, Papin — le pauvre grand homme — abandonna l'idée de sa machine atmosphérique, de ce moteur qu'un léger perfectionnement, la condensation instantanée de la vapeur, allait rendre applicable, comme il l'avait rêvé, aux besoins de l'industrie. Ce perfectionnement fut trouvé par le capitaine Savery et appliqué par le même, associé avec Newcomen et Cawley, dans les machines, dites à simple effet, des mines du Devonshire en Angleterre.

Au lieu de retirer le foyer de dessous la chaudière, Savery aspergea le cylindre avec un jet d'eau froide et, procédant ainsi, il obtint des résultats inespérés. Quant à Papin, ce ne fut que longtemps après, environ quinze ans plus tard qu'il inventa une seconde

machine à vapeur, totalement différente de sa première et complètement abandonnée depuis James Watt. Nous la décrirons, en détail, au chapitre traitant des *moteurs à vapeur*.

Aujourd'hui, on ne parle plus de machines atmosphériques; d'autres moteurs remplacent bien mieux cette curieuse application de la pesanteur naturelle de l'atmosphère, force trop peu sensible pour être pratiquement utilisée.

II. LES MACHINES A AIR CHAUD

Les machines atmosphériques ne déployant pas une force assez considérable pour être mise en action dans les moteurs actuels, d'ingénieux inventeurs ont employé l'air d'une autre manière, très originale, qui a donné d'excellents résultats.

Nous voulons parler des premières machines employant véritablement la chaleur proprement dite, produite par une source calorifique quelconque, pour leur marche : les machines à air chaud ne faisant servir la chaleur qu'à échauffer l'air, lequel, par sa dilatation, met en mouvement les organes du mécanisme moteur.

Il est à peine utile de rappeler la théorie des montgolfières ou ballons à air chaud. Ces aérostats s'élèvent dans l'atmosphère parce que l'air qu'ils renferment s'est dilaté sous l'action de la chaleur, et son volume — par conséquent son poids — étant moindre que le poids de l'air déplacé, ils s'élèvent en vertu du principe d'Ar chimède.

On a fait plusieurs applications curieuses de l'air chaud. L'une des plus originales est celle de la rôtissoire automatique, où le poulet, le gigot qui se trouve placé à l'intérieur se cuit tout seul, sans mouvement d'horlogerie, et sans que le cuisinier ou le cordon bleu viennent y jeter un seul regard.

Cette rôtissoire est cylindrique, et à l'intérieur est la coquille où l'on entasse le charbon de bois brûlant. A la partie supérieure se trouve une roue à palettes hélicoïdales, assez semblables pour leur forme extérieure à la roue hélice Girard. Dans l'axe de cette roue est le crochet, la broche, à laquelle on suspend le morceau à rôtir.

Lorsque le feu est vif, la viande cuit, et l'air chaud renfermé dans la rôtissoire tend à s'échapper par le haut. Or, comme le seul vide gardé est rempli par la petite roue, l'air pousse forcément les palettes et fait par conséquent tourner l'arbre, la broche plutôt, et la viande qu'elle soutient. Plus la chaleur est grande et plus le mouvement de rotation est accéléré.

Dans les machines à air chaud, c'est exactement la même théorie et par conséquent le même fait qui se reproduit.

Il y a plusieurs systèmes de moteurs à air chaud. MM. Franchot, Pascal, Laubereau, Wilcox, Lehmann, Daulton, ont suivi à grands pas les traces du capitaine Ericcson, innovateur de cette idée féconde en applications usuelles.

La première machine à air chaud connue fut celle qu'inventa le capitaine Ericcson. En voici la description (voir la fig. 30) :

La partie principale de ce moteur est un fort cylindre, dans lequel se trouvent un grand nombre de toiles métalliques, à mailles très serrées, et chauffées jusqu'à la température de 250 degrés. Une masse d'air froid traversant rapidement ces toiles métalliques s'y échauffe instantanément et se dilate aussitôt. L'impulsion produite par la dilatation de cet air est mise à profit pour agir sur un piston, lequel joue dans un

corps de pompe. Après avoir produit ce premier effet, la même masse d'air repasse à travers les mêmes toiles métalliques. Dans ce retour le métal reprend à l'air la chaleur qu'il lui avait un moment communiquée; de telle manière qu'en sortant de cette partie de l'appareil, l'air est presque aussi froid qu'à son premier

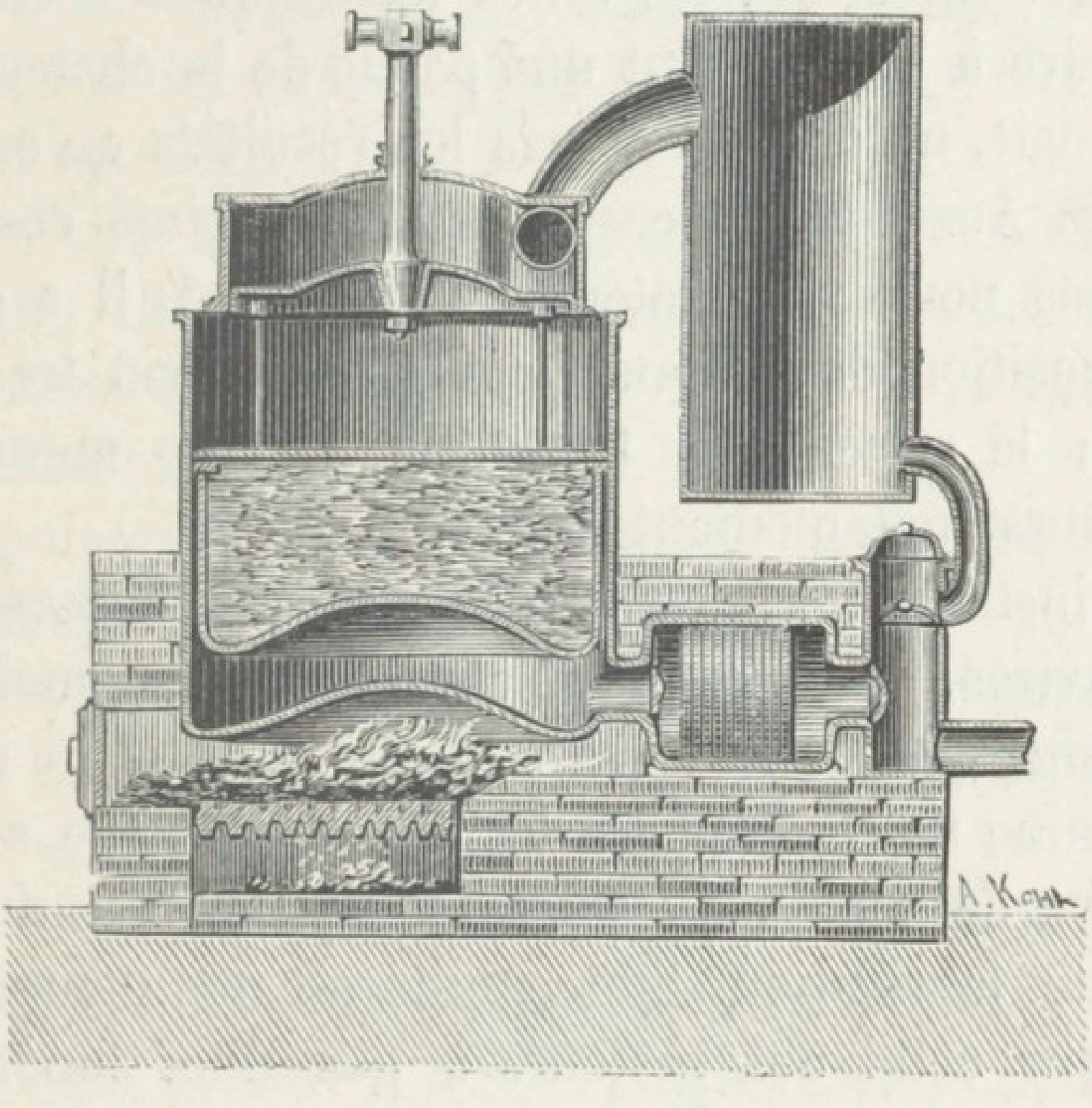


Fig. 30. — Moteur à air chaud d'Ericcson.

départ. C'est la répétition de ces effets de dilatation et de contraction alternatives de l'air échauffé et refroidi qui détermine le jeu du piston moteur[1].

Cette machine est à simple effet. La force élastique de l'air ne sert qu'à pousser les pistons de bas en haut; elle ne contribue en aucune manière à les faire redescendre.

[1] *Merveilles de la Science*, de Louis Figuier.

Les pistons descendent par leur propre poids, comme dans les premières machines à vapeur *atmosphériques* de Savery et Newcomen.

Ce fut la première machine que M. Ericcson construisit. Elle ne réalisa pas, malgré l'espoir de son inventeur, l'économie considérable de combustible attendue. En outre, les toiles métalliques destinées à reprendre à l'air sortant une partie de la chaleur qu'il renfermait, ne donnèrent pas les résultats qu'on avait espérés. Aussi M. Ericcson a-t-il supprimé ces toiles dans ses nouveaux moteurs à air chaud. Il a changé la disposition du régénérateur d'une façon très ingénieuse; le système de transformation du mouvement a été aussi notablement amélioré.

On installa, vers 1860, des machines Ericcson sur des navires, pour la propulsion maritime, mais elles ne donnèrent pas les résultats attendus, et la marine américaine ne tarda pas à les abandonner. Ce système eut plus de succès dans les ateliers et manufactures de petite fabrication. Son emploi est maintenant remplacé par celui des moteurs à gaz d'un fonctionnement plus régulier.

La suppression de la chaudière et l'impossibilité absolue de toute explosion rendent la machine Ericcson intéressante à plus d'un titre. Malheureusement ses organes sont nombreux, trop délicats, et son entretien exige des soins trop assidus et dispendieux pour qu'on en obtienne un fonctionnement régulier.

La machine Ericcson a été notablement perfectionnée par MM. Tawcett et Preston, constructeurs anglais, qui la fabriquent d'une manière courante.

Ils l'ont considérablement simplifiée et ont agencé ses

organes de transmission d'une façon nouvelle et ingénieuse, de sorte qu'elles peuvent rendre de bons services dans les petites usines n'ayant pas besoin d'une force motrice continue ou ne pouvant, pour des raisons matérielles, employer une machine à vapeur ou tout autre moteur.

A côté du système Ericcson vient se placer la machine à air chaud de M. Franchot. Cette machine se compose de quatre cylindres chauffés par le bas et formant une *série circulaire*. C'est toujours la même masse d'air, tour à tour échauffée et refroidie, qui agit dans ces cylindres et produit un travail moteur continu, se communiquant à l'arbre et à la poulie de transmission.

La puissance de cette machine pour des dimensions d'ailleurs égales, est susceptible de varier, si l'on fait usage d'un air plus ou moins comprimé et chaud. Ce système est très simple et a donné de fort bons résultats pratiques.

Il n'en est pas de même de la machine de M. Pascal, de Lyon, machine très économique, mais dont le volume énorme des cylindres rend l'emploi fort difficile pour les usines ne disposant que de peu de place pour le moteur.

La machine à air chaud comprimé de M. Lehmann a les mêmes défauts; le fourneau est beaucoup trop encombrant; il est en maçonnerie et muni d'une cheminée en briques comme les générateurs à vapeur.

Les systèmes encore le plus en usage dans l'industrie sont ceux de MM. Laubereau et Daulton. Celui de M. Wilcox que nous avons cité ne diffère de la machine de M. Ericcson, qu'en ce que le régénérateur,

au lieu d'être formé de toiles métalliques, se compose de feuilles de tôle ondulées, dispersant bien mieux la chaleur.

Sous un petit volume la machine Laubereau, dont nous donnons la reproduction (fig. 31), développe une assez grande puissance motrice; c'est le moteur à air chaud qui a donné les meilleurs résultats pratiques. Aussi est-il adopté dans beaucoup d'ateliers de petite fabrication.

Sa construction, et, par suite, sa conduite, est simple. Sa dépense de combustible est minime et la rend par là plus accessible, dans un grand nombre de cas, aux industries n'ayant besoin que d'une petite force motrice, ne demandant pas autant de chaleur qu'une machine à vapeur, à puissance égale.

La machine Laubereau se compose de trois parties principales et bien distinctes : le fourneau, le cylindre remplissant l'office de chaudière, et le mécanisme moteur. Voici comment sa marche s'opère.

Sous le rayonnement intense du foyer, l'air extérieur s'échauffe considérablement dans le grand cylindre. Arrivé à une certaine température il passe dans le second cylindre, moteur, où, par le jeu de soupapes convenablement disposées, il fait marcher le piston et tourner le volant régulateur. La force de ce petit moteur varie entre 50 et 100 kilogrammètres. Nous verrons au chapitre traitant des machines à vapeur ce que ce terme signifie.

Cet appareil est d'une forme élégante. Tout le système est monté sur un socle en fonte qui sert de fourneau. Il est peu encombrant, chose capitale dans l'industrie où la place du moteur est parcimonieuse-

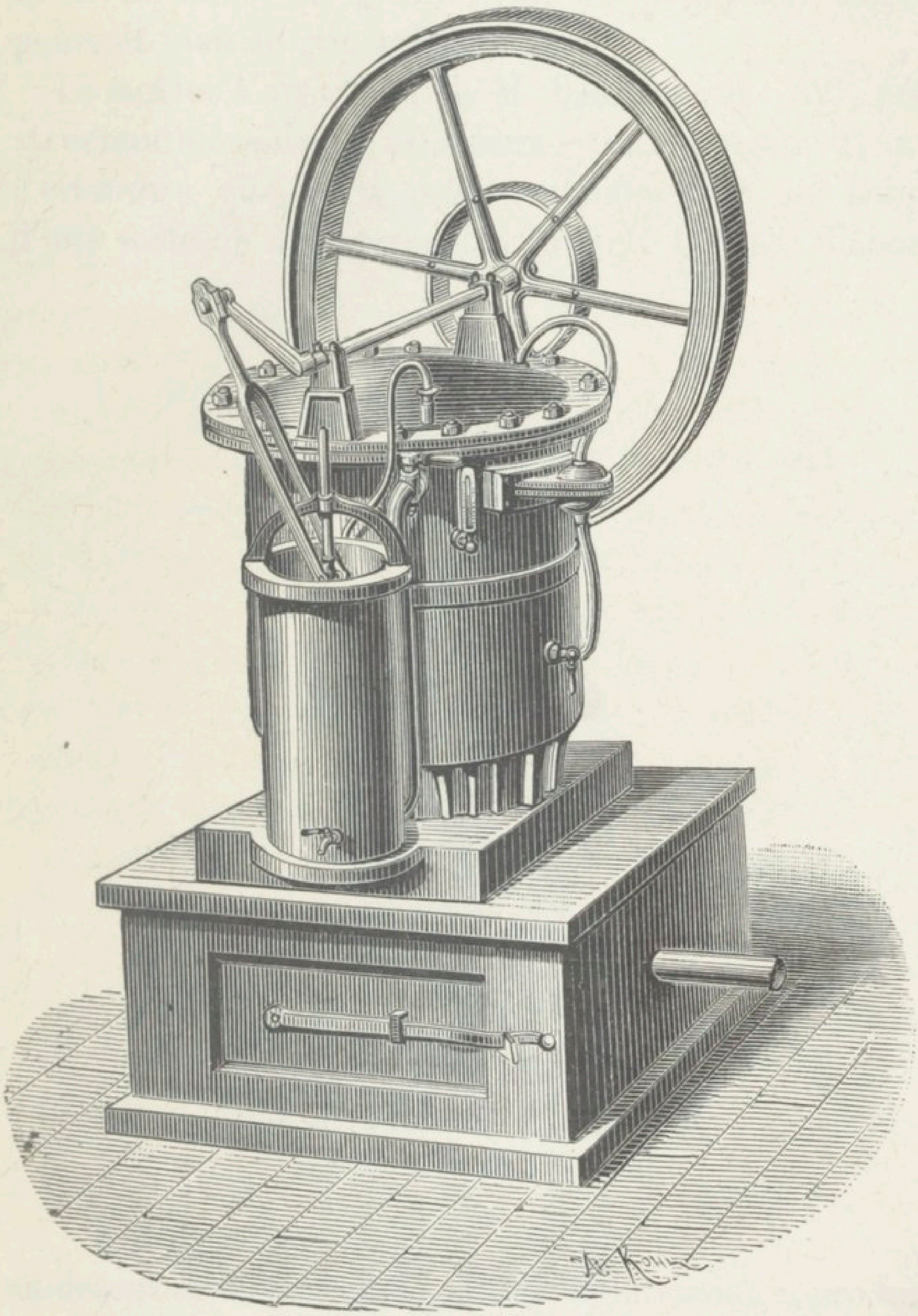


Fig. 31. — Machine à air chaud de Laubereau.

A socle-fourneau. — *B* cylindre-chaudière où s'opère l'échauffement de l'air. — *C* cylindre moteur contenant le piston. — *D* mécanisme moteur; bielle articulée, manivelle, arbre, paliers, graisseurs. — *E* mécanisme de transmission; volant et poulie. — *F* manette d'ouverture de la porte du fourneau. — *GG'* tuyaux de communication pour l'air échauffé. — *HH'* appareils de sûreté. — *T* pompe alimentaire.

ment mesurée, et, grâce à cet avantage, son emploi pourrait bien se généraliser.

Le moteur à air chaud de M. Daulton (fig. 32), constructeur mécanicien, est à deux cylindres régénérateurs, c'est-à-dire que, dans cette machine, l'air est animé d'une sorte de mouvement circulaire. Il passe d'abord

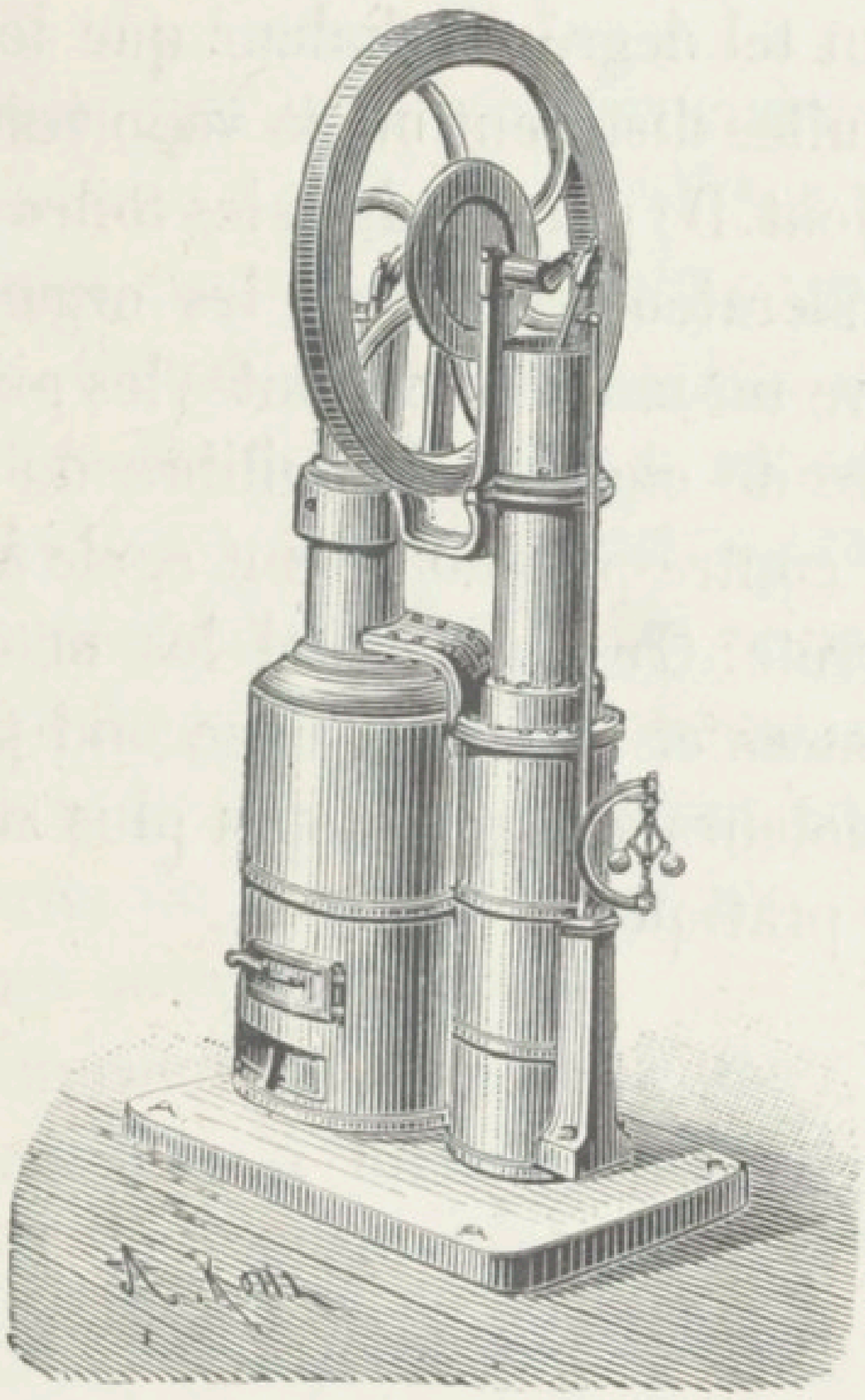


Fig. 32. — Machine Daulton.

au-dessus du foyer, où il se dilate subitement et produit son effet moteur, puis il arrive dans le second cylindre où il se refroidit et reprend son volume primitif. Ensuite il revient dans le premier où il se réchauffe et *vice versâ*. C'est toujours le même air qui travaille et engendre le mouvement.

C'est l'un des meilleurs systèmes et des plus employés maintenant. La machine est légère, mais ne réalise pas encore les économies de combustible tant cherchées.

Il est assez difficile de prévoir l'avenir réservé aux moteurs à air chaud, car ces machines présentent plusieurs inconvénients inhérents au principe même. Ainsi, l'on ne peut communiquer à l'air une certaine pression sans lui donner une grande quantité de calorique et l'élever à un tel degré de chaleur que les métaux se soudent, les huiles distillent ou se vaporisent et les garnitures se brûlent. De plus, malgré les toiles métalliques, cylindres régénérateurs, et tous les organes intermédiaires, il arrive un moment où toutes les pièces arrivent au même degré de chaleur, l'équilibre de température s'établit, et la contre-pression étant égale à la pression, le piston s'arrête. C'est pourquoi les machines à air chaud sont restées et resteront au second plan, remplacées par les moteurs à gaz, moteurs plus simples et par là même plus pratiques.

III. LES MOTEURS A AIR COMPRIMÉ

L'application de l'air comprimé comme force motrice est toute récente. Après les machines marchant par l'effet du vide, vinrent les machines marchant par la compression. C'était logique. Pourtant ce ne fut qu'après un intervalle de deux cents ans que la seconde idée, celle de l'air comprimé, vint. La faute en était, il est vrai, aux machines à vapeur qui remplissaient toutes les conditions du problème, du moteur type applicable aux principaux besoins de l'industrie, et qui détournèrent les esprits de la recherche d'une autre force motrice ou d'un autre moteur.

L'air comprimé se comporte dans le mécanisme identiquement de la même façon que la vapeur à égale tension. C'est-à-dire que la somme de travail développée par la vapeur à six atmosphères de pression est la même que celle de l'air comprimé agissant à un nombre égal d'atmosphères. L'action motrice produite étant donc en tous points semblable, on comprend que, à moins de cas particuliers, la construction et le mécanisme du moteur à air comprimé soient les mêmes que ceux d'une machine à vapeur horizontale.

Nous avons décrit au chapitre « *Moteurs employant la force des marées pour leur marche* » une machine

dont la véritable force motrice, celle qui actionne le piston, est l'air comprimé par la force de l'eau de la mer montante. L'eau est la force première, mais l'air qu'elle comprime est la force réelle, tangible, celle qui met les organes du moteur en mouvement.

Dans le plus grand nombre de cas on utilise la puissance des chutes d'eau pour la compression de l'air. Pour le percement du tunnel du Saint-Gothard, des turbines mises en mouvement par les chutes d'eau provenant des montagnes, transmettaient leur vitesse de rotation à des pompes foulantes emmagasinant l'air dans de vastes réservoirs de tôle épaisse et solide, ressemblant pour la forme extérieure à une chaudière, à un véritable générateur de vapeur. Ces réservoirs montés sur un châssis ou *truck* étaient faciles à réunir en trains roulant sur une ligne ferrée. Une fois pleins d'air comprimé à 7 ou 8 atmosphères, on les conduisait à l'endroit désigné du souterrain où, à l'aide de tuyaux de caoutchouc doublés de forte toile, on les mettait en rapport avec les perforatrices et les différents appareils à faire mouvoir (voir la fig. 34).

Mais ces réservoirs ne sont en quelque sorte que la chaudière de l'appareil. Nous verrons plus loin comment la marche s'opère, la manière d'emploi :

Il n'existe que quelques sortes de moteurs à air comprimé : — le moteur Braconnier (fig. 33) à grande vitesse ;— système A. L. Taverdon, très utile dans le forage des roches au moyen du diamant noir ; — le moteur Cherbonnier, dont on peut voir un spécimen dans la grande galerie des machines au Conservatoire des arts et métiers ; — et enfin la machine rotative de M. Uhler.

Ces moteurs ne sont en réalité qu'une variété de machines rotatives, disposition dont nous nous occuperons plus loin. C'est aussi, à peu de chose près, la construc-

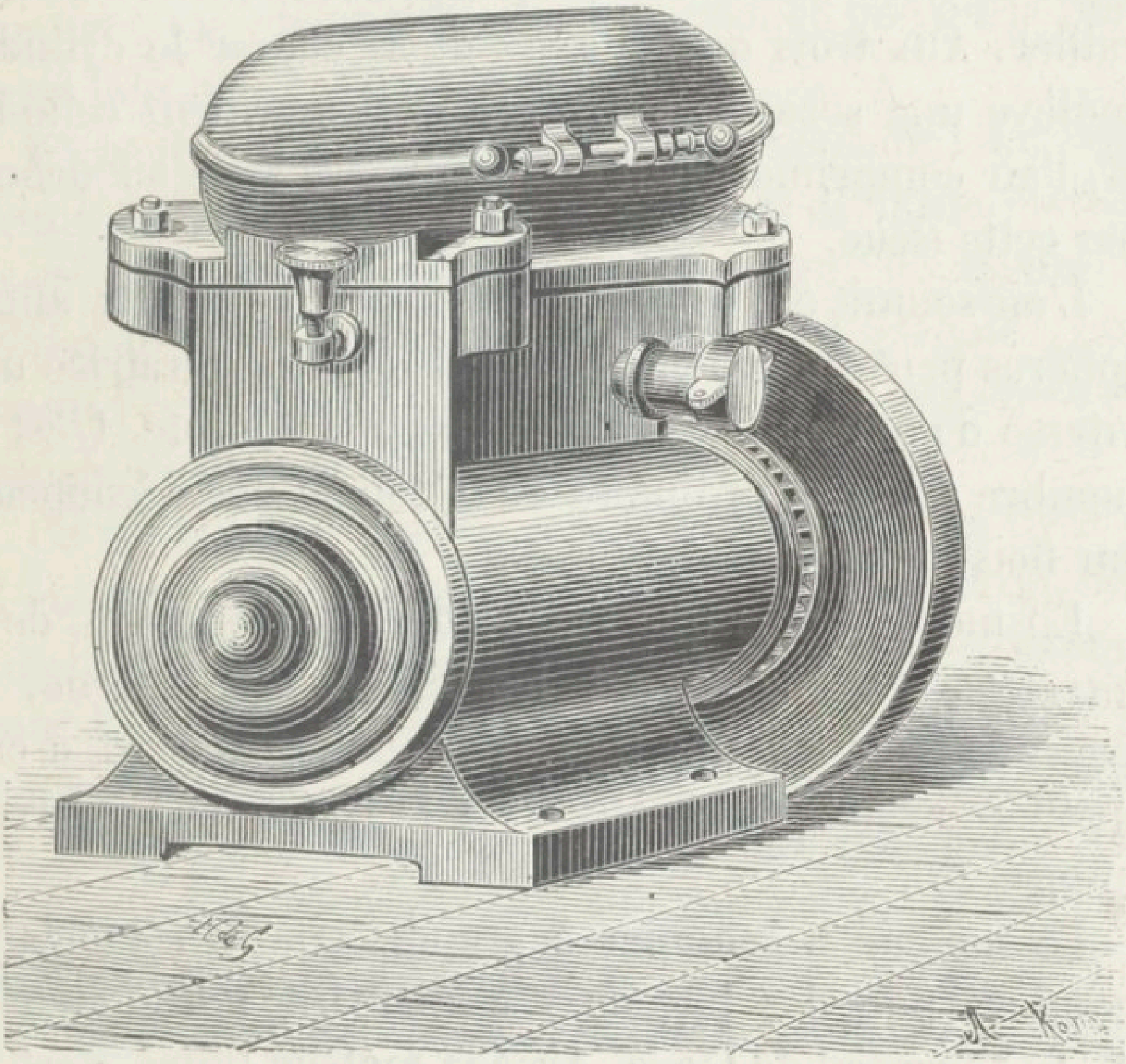


Fig. 33. — Moteur Taverdon à air comprimé.

tion des pompes rotatives très répandues aujourd'hui.

En voici la marche et la construction :

La partie principale de l'appareil, celle sur laquelle agit le fluide moteur est un tambour excentré, fixé sur l'arbre supporté par des paliers. A l'état de repos, la première soupape est ouverte. Lorsque l'on ouvre le robinet de communication avec la chaudière, l'air comprimé pénètre par cette issue et, appuyant sur le tambour, il le pousse et le fait tourner. A peu près au quart de sa

course le tambour ne soutenant plus la soupape, celle-ci retombe par l'effet de son poids et la communication étant interdite, la masse d'air déjà entrée achève de travailler. Aux trois quarts alors de sa course le cylindre soulève une seconde soupape, d'échappement celle-là, et, l'air comprimé ayant travaillé, s'échappe au dehors par cette issue.

L'air soumis à une compression de huit ou dix atmosphères peut imprimer au fleuret de la perforatrice une vitesse d'environ trois mille tours à la minute. C'est le nombre de tours ordinaire de la toupie des découpeurs sur bois.

En même temps que l'arbre de la perforatrice, de la *haveuse*, comme disent les ingénieurs, tourne, le fleuret monté sur une tige avec encliquetage et à crémaillère avance et pénètre dans la roche ou la pierre à creuser.

Le moteur Braconnier à grande vitesse est surtout employé pour les haveuses à diamant noir, système A. L. Taverdon de Liège. Avec le moteur Uhler c'est le plus usuel.

Un savant ingénieur, M. Mékarski, s'est servi de l'air comprimé comme force motrice applicable à la marche des voitures. Les tramways de Nantes sont mus de cette manière. Les cylindres moteurs, d'un faible volume, sont placés sous le châssis de la voiture et transmettent, par l'intermédiaire d'une bielle, le mouvement aux roues. Ce système a donné d'excellents résultats et l'emploi de ce mode de mouvement s'est continué.

L'effet mécanique produit par l'air comprimé est connu depuis longtemps; l'exemple le plus simple en est la canonnière en sureau des enfants. Le fusil à vent

est construit d'après le même principe. Dans la crosse se trouve le réservoir, en tôle d'acier épaisse et solide. Au moyen d'une soupape se manœuvrant par la gâchette, une certaine quantité d'air s'échappe, et pousse la balle aussi loin que le ferait la poudre.

L'une des plus ingénieuses applications de l'air comprimé est celle qui fait servir ce fluide de force motrice pour les bateaux sous-marins. Ainsi le navire le *Plongeur* du contre-amiral français Bourgois, était muni d'une machine à air comprimé d'une puissance nominale de 80 chevaux-vapeur.

Ce navire sous-marin, rendu fameux par un livre où il est fort parlé de ses exploits, a la forme d'un long cigare de tôle d'acier, aplati dans le sens de sa hauteur pour lui donner plus de stabilité. A l'avant, dans un compartiment de huit mètres de longueur, se trouvent les récepteurs à air comprimé. Ces récepteurs sont cylindriques et terminés à chaque extrémité par une demi-sphère. Avant le départ on y comprime de l'air au moyen d'une pompe foulante spéciale, jusqu'à une pression de 14 atmosphères. Les récepteurs, au nombre de six, contiennent cent quarante mètres cubes d'air à quatorze atmosphères, qu'il est facile de faire parvenir au moteur au moyen d'un tuyau et d'un robinet.

L'air comprimé, une fois qu'il s'est échappé de la machine, possède encore assez de tension pour mettre en jeu le *petit cheval*, qui sert à chasser l'eau que l'on a laissé entrer dans les réservoirs du bâtiment afin de provoquer son immersion, à faire jouer le gouvernail, les plans inclinés pour la montée ou la descente du navire, le treuil où s'enroule la chaîne de l'ancre, à faire mouvoir les machines magnéto-électriques dont

le courant éclaire l'équipage, les ventilateurs, les pompes, etc., etc.

Enfin, quand l'air a perdu dans tous ses travaux sa chaleur et sa pression, il sert à la respiration des matelots et peut être envoyé par des tubes de caoutchouc aux plongeurs, aux scaphandriers travaillant dans les profondeurs de l'Océan. Et si, par une cause quelconque, la pression de l'air, à l'intérieur du bâtiment, s'élevait d'une manière anormale, des soupapes sont disposées à cet effet pour laisser échapper le trop plein à l'extérieur, c'est-à-dire dans l'eau.

N'est-ce pas là l'une des plus belles applications de l'air comprimé?

C'est l'air, tour à tour raréfié et comprimé, qui met en mouvement à Londres le wagon cylindrique du tunnel souterrain de la Tamise. Pour l'aller, l'air chassé par un puissant ventilateur, mû par une machine à vapeur, refoule l'air et pousse le wagon-disque, où se tiennent les voyageurs. Pour le retour, la machine et le ventilateur tournent, *marche en arrière*, l'air est aspiré, et en même temps que lui le wagon, lequel est repoussé par la pression extérieure. A Paris, le même système est employé pour la télégraphie pneumatique. L'air, comprimé par l'eau dans de grands cylindres ou réservoirs, appuie sur le wagon contenant les lettres, les envoie jusqu'à l'extrémité du tube et fait ainsi correspondre tous les bureaux ensemble.

Nous avons vu que l'air comprimé est la force motrice des perforatrices. Au tunnel du Gothard, on s'est servi de la locomotive Ribourt, combinaison fort ingénieuse de l'air fortement comprimé et des pistons ordinaires.

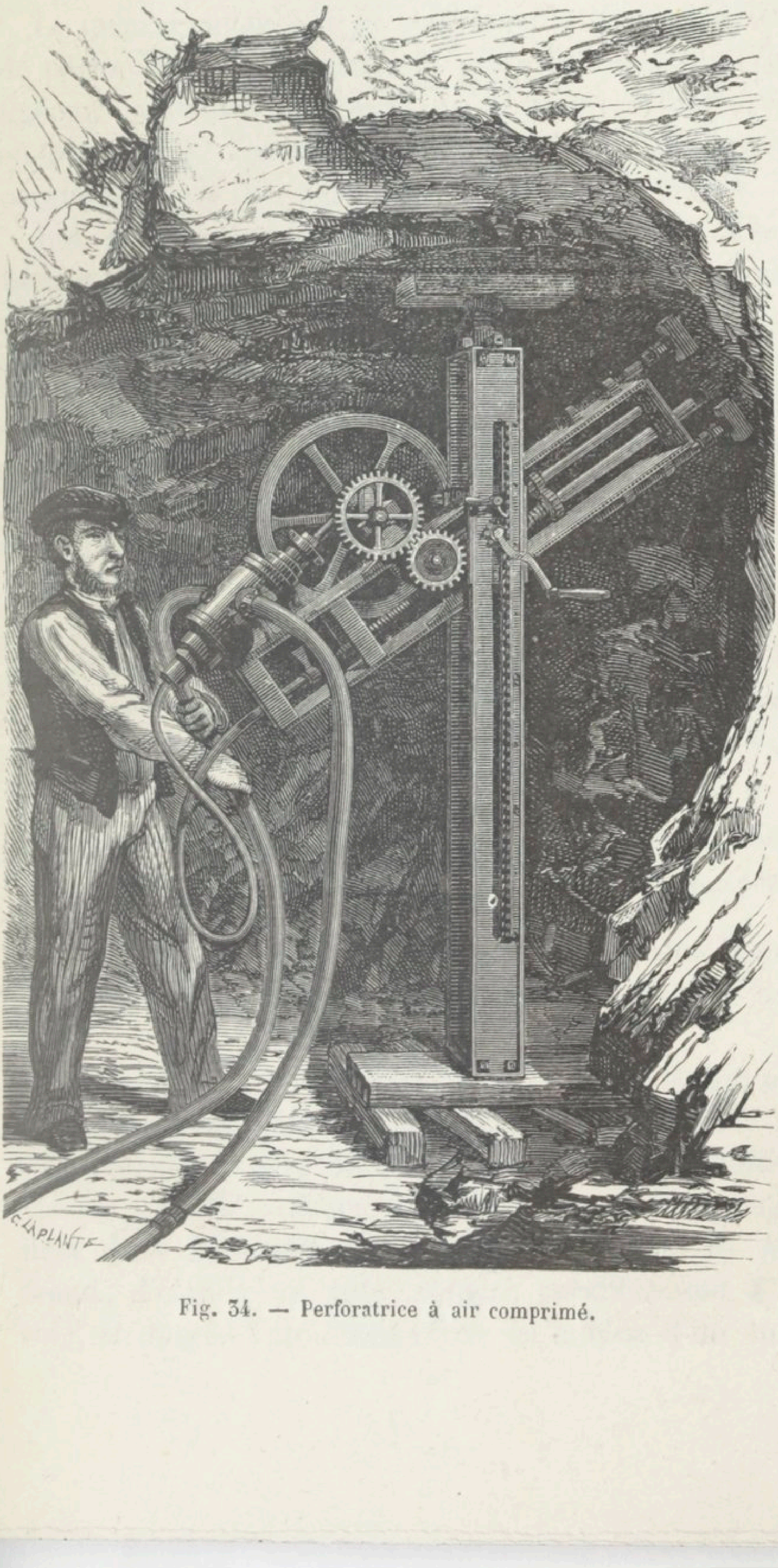


Fig. 34. — Perforatrice à air comprimé.

Le mécanisme moteur de cette locomotive n'offre rien de particulier. Seulement, à la place de la chaudière, fixé sur le châssis, se trouve un réservoir cylindrique en tôle d'acier, d'un volume considérable, et dans lequel on emmagasine l'air à la plus forte pression possible.

Les compresseurs, donnant une marche fort défectueuse à partir de 7 atmosphères. On leur fait aspirer de l'air à cette dernière pression, et refouler, dans le récipient de la locomotive à une pression double, environ 14 ou 15 atmosphères. L'air agit sur les pistons de la même façon que la vapeur, plus énergiquement même, puisque sa pression est plus considérable, et les pertes sont moins grandes dans ce cas que dans beaucoup d'autres applications. Le tableau comparatif qui suit, établit ces proportions d'une manière exacte, d'après le rendement en travail de l'air comprimé dans ses différents usages. La force motrice première est fournie par une chute d'eau. Voici ce rendement, sur 100 parties de travail, dépensées par la chute.

Compresseur.	Perforatrices.	Syst. Ribourt.	Syst. Mékarski.
10 pour 100	$\frac{4}{6}$ pour 100	23 pour 100	32 pour 100

Ce tableau démontre clairement le cas dans lequel le travail se perd le moins. Les commentaires sont inutiles.

M. Pecqueur, mécanicien français, bien connu par ses travaux sur l'air comprimé, proposa, au lieu de comprimer l'air dans un réservoir servant de chaudière comme dans le système précédent, ou de l'emmagasiner dans le tender comme l'avait imaginé M. Andraud, d'établir un tube couché parallèlement à la voie, et duquel l'air serait retiré au moyen d'un tube

partant de la locomotive. Mais ce projet, beaucoup trop compliqué pour avoir de bons résultats, fut peu après abandonné par l'inventeur lui-même.

Une sérieuse application de l'air comprimé à la locomotion est celle qui a été faite en 1844 dans le but de faire remonter aux trains l'énorme rampe qui s'étend entre le bois du Vésinet et Saint-Germain.

Voici quel était le moyen mis en œuvre par l'innovateur, M. Mallet.

Au sommet de la montée, à Saint-Germain, étaient établies à demeure deux machines à vapeur de 200 chevaux de force chacune, agissant sur une immense roue dentée transmettant à son tour le mouvement à deux puissantes pompes aspirantes, destinées à faire le vide dans un immense tube de fer partant du point inférieur de la rampe. Dans l'intérieur de ce tuyau, glissait à frottement doux un piston, qu'une tige, un couteau, reliait au wagon-directeur chargé de remorquer jusqu'à la station, le train arrivant de Paris.

Une fente était pratiquée pour le passage du couteau d'un bout à l'autre du tube, et, pour éviter les déperditions de force, cette fente était recouverte d'une bande de cuir huilée et garnie de mastic. Cette bande se soulevait au passage du couteau et, après son passage, elle reprenait sa place par la pression exercée par une roue en bois fixée sous la locomotive.

Cette manière de procéder, qui rappelle du tout au tout celle employée pour la marche du wagon-disque à Londres, avait quelques avantages, mais, en revanche, beaucoup d'inconvénients. L'ascension du train se faisait, il est vrai, en quelques instants, mais, une fois cet effort accompli, les machines à vapeur se reposaient

et brûlaient sans profit leur combustible en attendant que le train fût redescendu pour travailler à nouveau.

C'était fort peu économique, car c'était à peine si ces machines travaillaient dix minutes par jour. De plus il avait fallu opérer de grands travaux de construction pour l'aménagement des voies.

Ainsi, pour établir ce chemin de fer dont le trajet était de deux kilomètres et demi à peine, la dépense s'éleva à six millions. Peu de temps après, en 1847, ce procédé onéreux fut supprimé, et le wagon-piston à air comprimé remplacé par la locomotive de montagne l'*Antée*, à trois roues couplées.

M. Audraud fut aussi le promoteur d'une nouvelle manière pour l'emploi de l'air comme force motrice. Son système était dit *éolique*.

Il se composait d'un tube en toile, se gonflant ou se dégonflant à volonté, et chassant devant lui un wagon. Ce système était aussi impraticable que celui de M. Pecqueur, qui proposait d'extraire l'air comprimé dans une conduite placée parallèlement aux rails, au moyen d'un tube à glissières.

Voilà les principales applications de l'air comprimé. Si son emploi ne se propage pas plus, cela tient beaucoup à ce qu'il exige un récepteur de force encombrant, des pompes foulantes, enfin un matériel moteur délicat et fort compliqué.

CHAPITRE VI

MOTEURS A VAPEUR

Genèse. — Machines depuis S. de Caux. — James Watt. — Organes des moteurs. — Les machines modernes, horizontales, verticales, rotatives. — Moteurs à petite puissance. — Comment on conduit une locomotive. — Des explosions. — Applications de la vapeur. — Diver modes d'emploi de la vapeur.

I. GENÈSE DES MACHINES A VAPEUR

I. L'Éolipyle.

Nous arrivons ici à la partie à la fois la plus importante et la plus intéressante de cette étude. Les moteurs à vapeur sont aujourd'hui les plus communs et, malgré la multiplicité des types, ceux dont le mécanisme et le fonctionnement sont les plus simples et les plus sûrs. L'invention de la machine à vapeur a accompli une révolution radicale dans toutes les industries, en permettant

d'abaisser le prix de la main-d'œuvre, tout en augmentant le salaire de l'ouvrier, ce qui a mis à la portée des classes pauvres et laborieuses, une foule d'objets, de luxe autrefois, de première utilité maintenant. C'est à la machine à vapeur que nous devons de franchir l'espace avec la vitesse du vent. C'est à elle que nous devons nos vêtements, nos chaussures même, car c'est elle qui fournit le mouvement aux foulons écrasant la laine, et aux machines à coudre l'étoffe ou le cuir. C'est elle aussi qui met en marche toutes ces machines si diverses, triturant l'argile pour en faire des briques, mélangeant la lessive et le suif pour en fabriquer des savons, actionnant les machines à percer le fer, et les raboteuses qui enlèvent, avec leur robuste burin, un copeau de trois centimètres d'épaisseur sur plusieurs mètres de longueur. En un mot, qu'on aille dans quelque atelier, manufacture ou usine que ce soit, on y trouvera, comme premier outil, comme machine indispensable, le moteur à vapeur, ce chef-d'œuvre de la mécanique moderne.

C'est en vain que quelques auteurs ont cherché, dans l'antiquité, la première idée de l'application de la vapeur d'eau comme force motrice. Les traditions de la Grèce et de Rome ne portent aucunement mention de la vapeur comme corps connu, et ce n'est que du temps de Papin qu'on découvrit la puissance élastique considérable de l'eau réduite en *air* comme on disait alors.

Ce fut le mathématicien Héron d'Alexandrie, le même qui inventa la fontaine de compression et le siphon, qui construisit le premier appareil empruntant sa force de rotation à la vapeur d'eau. Le philosophe grec décrivit cet appareil sans soupçonner quel devait être son avenir, sans connaître même quel était l'agent de pro-

pulsion, l'agent moteur. Pour lui c'était un joujou, ni plus ni moins que ses automates, dansant en rond, et qu'il avait inventés quelque temps auparavant.

Voici comment était la disposition de cette curieuse machine, d'après le document authentique du savant Grec :

« Soit A (fig. 35) une marmite contenant de l'eau et « soumise à l'action de la chaleur. On la ferme au « moyen d'un couvercle que traverse le tube courbé,

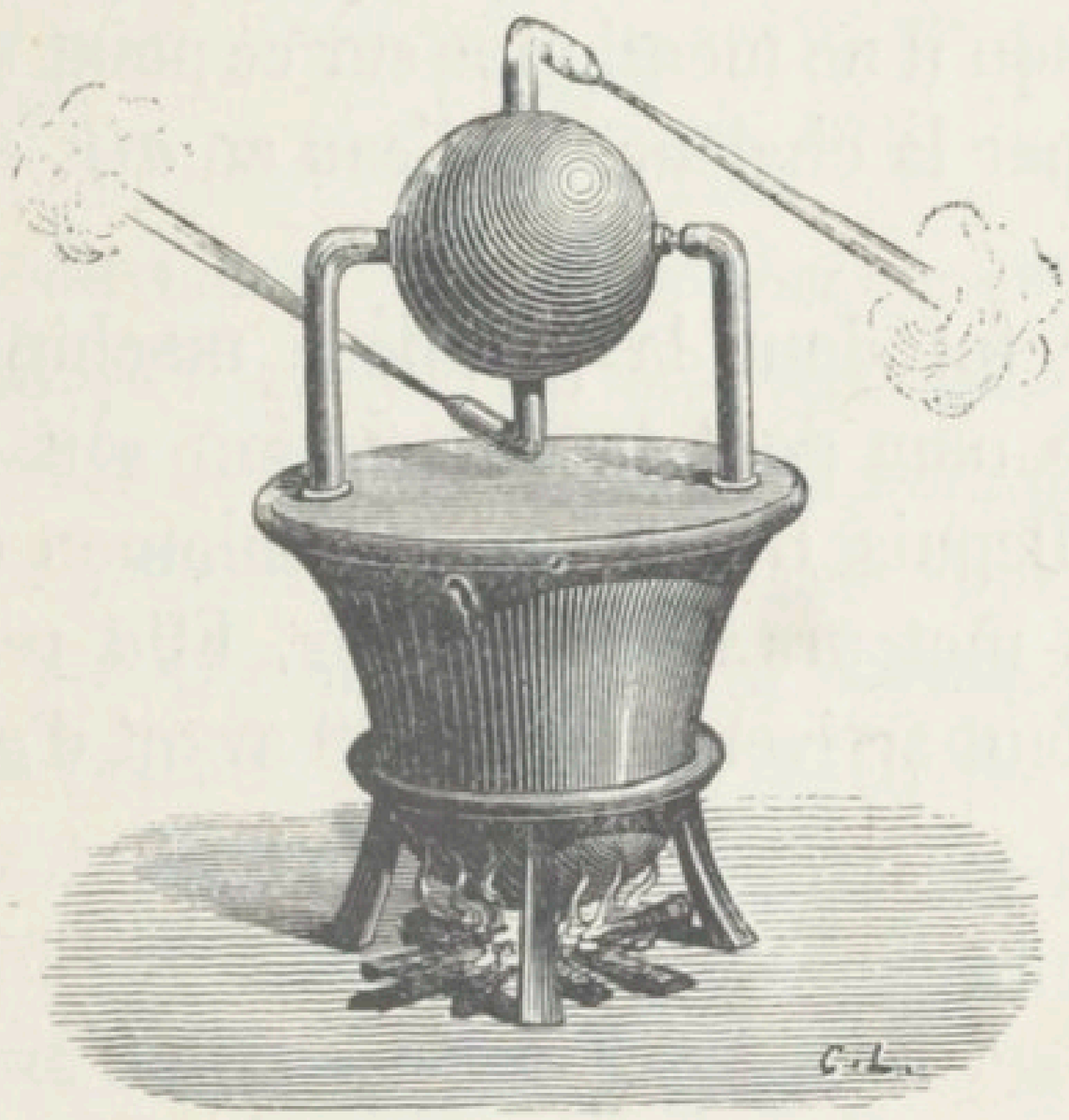


Fig. 35. — Éolipyle.

« dont l'extrémité pénètre dans la petite sphère creuse, « suivant un diamètre. A l'autre extrémité du même « diamètre, est placé le pivot qui est fixé sur le cou- « vercle au moyen de la tige pleine. De la sphère sortent « deux tubes, placés suivant un diamètre (à angle droit « sur le premier) et recourbés à angle droit, en sens in- « verse l'un de l'autre. Lorsque la marmite sera échauffée « la vapeur passera par le tube droit, dans la sphère, et, « sortant par les tubes infléchis à angle droit, fera tourner

« la sphère de la même manière que les automates qui « dansent en rond. »

Tel était l'appareil qui devait, après tant de siècles, se changer en moteur à vapeur, la plus merveilleuse invention des temps modernes.

Lorsque vivait le philosophe d'Alexandrie et même bien longtemps ensuite, la vapeur d'eau et la force qu'elle recélait demeurèrent ignorées. Robert Boyle, physicien célèbre, contemporain de Papin, ne la connaissait pas encore, puisqu'il ne mentionne sur ce point que la transformation, par la chaleur, de l'eau en *air*, sans en dire davantage.

L'éolipyle fut donc la première machine à vapeur digne de ce nom dont la description soit venue jus qu'à nous. Depuis Héron jusqu'à Salomon de Caux, la science des moteurs n'avança pas. Elle resta stationnaire, et il faut arriver à l'an 1650 avant d'en retrouver une trace.

II. LES MACHINES A VAPEUR

De Papin, Salomon de Caux, Newcome, Cawley, Savery

Salomon de Caux était à la fois ingénieur et architecte et, quoiqu'il n'ait rien fait pour cela, il a passé pour être le véritable inventeur de la machine à vapeur. Beaucoup de personnes croient encore aujourd'hui, que ce savant a été méconnu, humilié, persécuté même, et est mort en prison, victime de sa noble folie de recherches, et de la disgrâce du cardinal de Richelieu. Il n'en est point ainsi, et, quoi que ce conte ait été mainte et mainte fois reproduit par la plume ou le pinceau, il n'en est pas moins une œuvre de simple imagination [1].

Salomon de Caux, né en 1576, était ingénieur du roi Louis XIII. Après avoir longtemps voyagé, il s'était fixé à Paris où ce fut, vers 1620, qu'il publia son ouvrage : *Les Raisons des Forces mouvantes*, dans lequel se trouve le passage relatif à l'emploi de la vapeur d'eau, et la description de son appareil tant vanté, sur lequel on a fait reposer sa gloire.

[1] C'est en prenant au pied de la lettre un roman de M. Henry Berthoud, que l'idée de la folie et de la mort de Salomon de Caux s'est propagée et répandue dans le public.

Dans cette machine, représentée figure 36, l'eau à vaporiser était contenue dans un récipient sphérique A. Si, lorsque l'eau entrait en ébullition, on ouvrait le robinet B placé en haut de la sphère, elle s'échappait par le tuyau. Il n'avait inventé cet appareil que pour servir

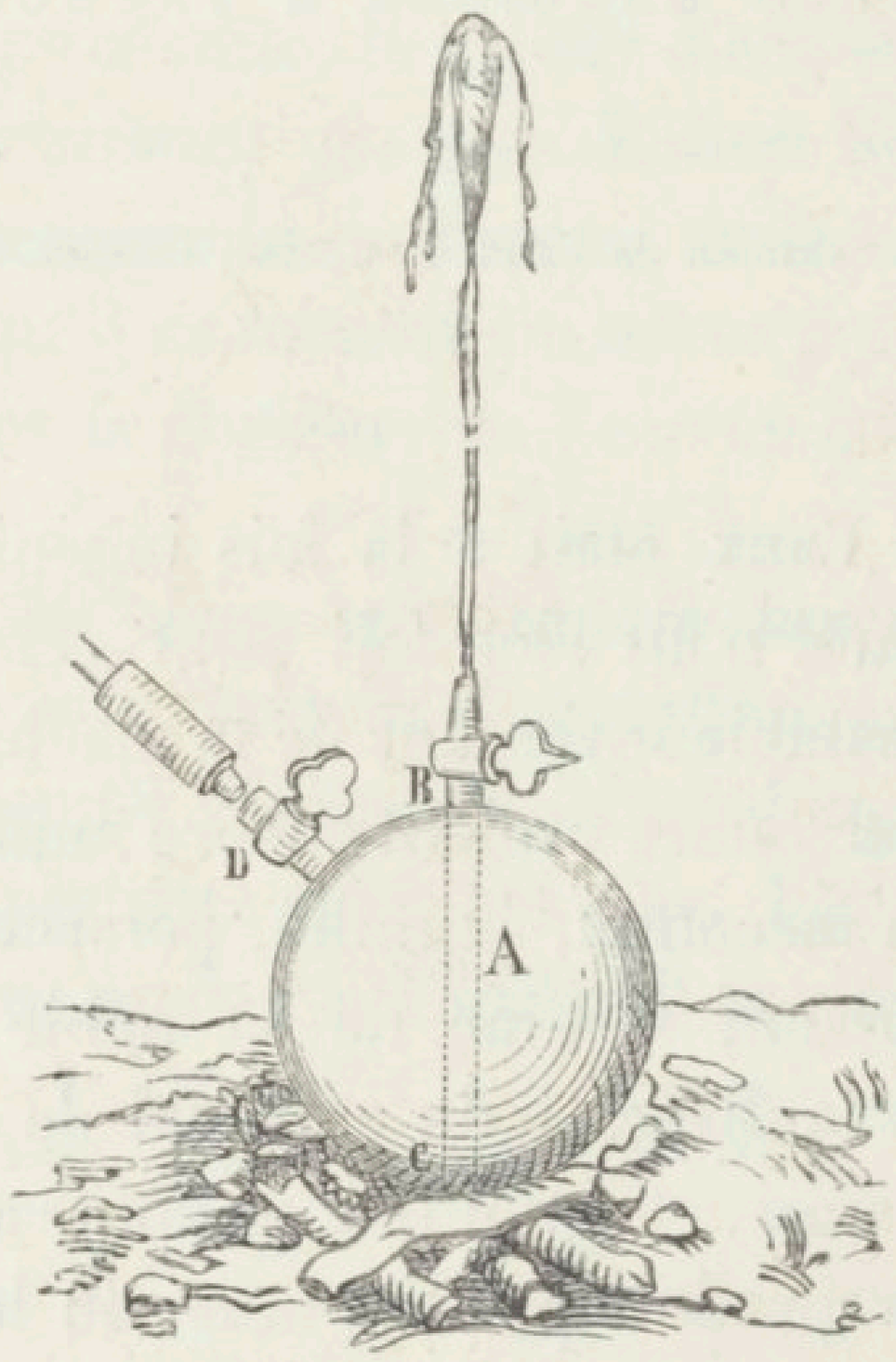


Fig. 36. — Machine de Salomon de Caux.

aux épuisements, en produisant, en quelque sorte, un vide artificiel.

Ce n'était donc pas, à proprement parler, une machine à vapeur, puisque l'inventeur lui-même ne connaissait pas la vapeur.

Le modeste ingénieur mourut, en 1625, en pleine activité de service, et son nom serait moins célèbre s'il n'avait servi aux fictions d'un romancier.

C'est, comme nous l'avons dit, au physicien de Blois, notre immortel Papin, que revient l'honneur d'avoir

compris le rôle immense de la vapeur dans la nature, et d'avoir cherché à en utiliser la prodigieuse force élastique.

Papin, qui fit de la vapeur d'eau le but de ses études, inventa trois machines, portant avec raison le titre de machines à vapeur.

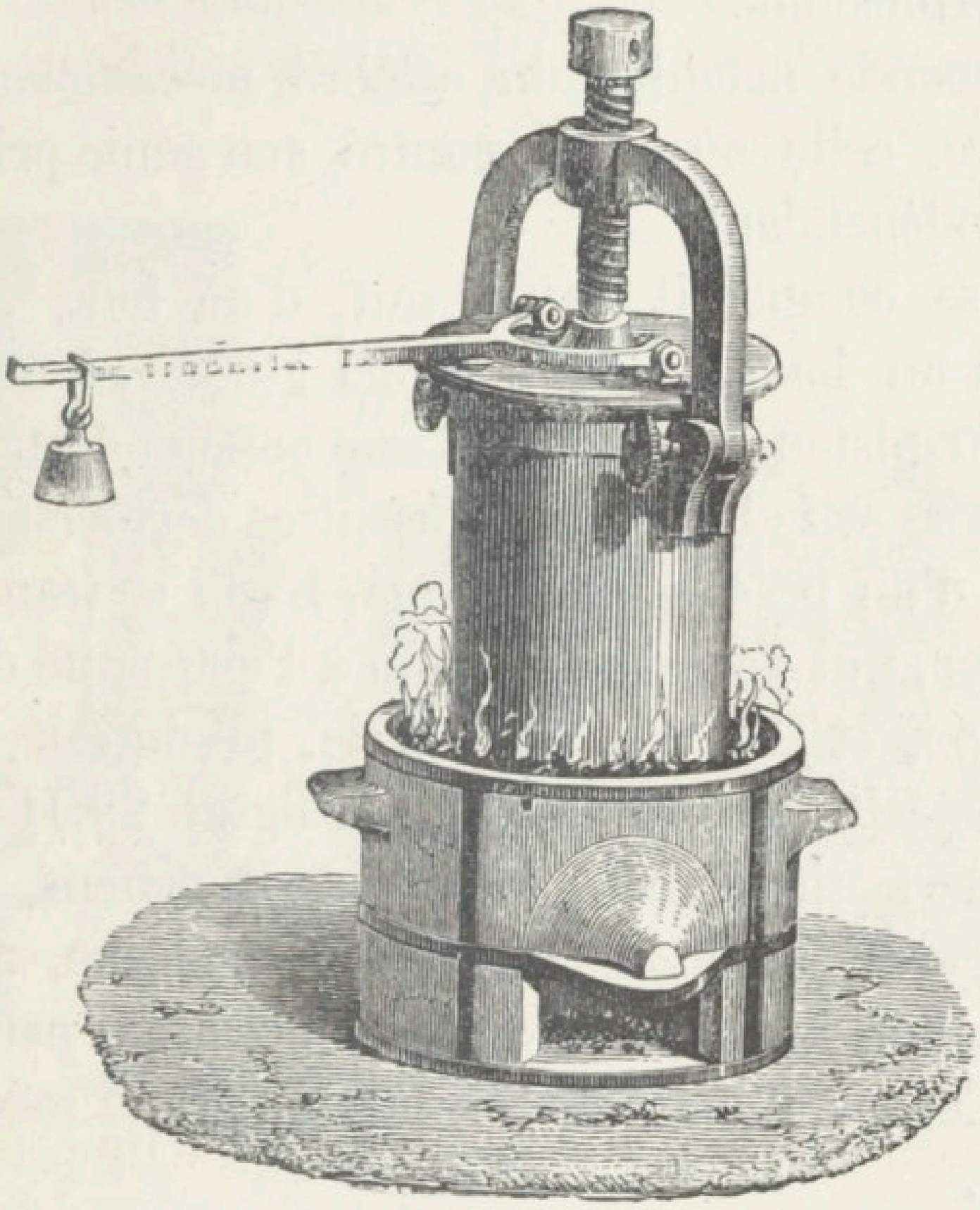


Fig. 37. — Le « New Digester » du docteur Papin.

La première, dont la description parut en anglais, vers 1621, s'appelait le *New Digester* ou nouveau digesteur (voir fig. 37).

Elle se composait essentiellement d'un vase, d'une marmite, en quelque sorte, où l'eau se trouvait renfermée. Par l'action du brasier, placé par-dessous, l'eau s'échauffait, entrait en ébullition, et, par la chaleur con-

sidérable de la vapeur qu'elle dégageait, elle dissolvait et séparait la gélatine des os. A vrai dire, ce n'était pas encore là une machine à vapeur, quoi que ce fût dans cet appareil, que l'on utilisa, pour la première fois, l'instrument appelé *soupape de sûreté* et que l'on trouve dans toutes les machines comme moyen préventif des explosions.

La seconde machine du célèbre mécanicien est sa meilleure, celle où s'est montré son génie prime-sautier et indépendant.

Elle se composait, on le sait, d'un long cylindre, ouvert à un bout, et dans lequel glissait, à frottement doux, un piston. On étendait une couche d'eau dans le fond de ce cylindre et on exposait ce dernier au rayonnement d'un brasier quelconque. L'eau se transformait en vapeur, qui poussait le piston à l'extrémité du corps de pompe, et une fois condensée, produisait un vide qui le faisait redescendre (voir la figure 29.) Ce n'était que le perfectionnement de celle de Huyghens, et pourtant le germe du moteur à vapeur moderne, moins la condensation instantanée, progrès accompli par Newcomen et Cawley, dignes successeurs du grand mécanicien français.

La troisième machine à vapeur de Papin différait absolument de la seconde. La chaudière était fixée à demeure, sur un fourneau en briques et la vapeur était fournie par l'eau de cette chaudière (voir fig. 38). Newcomen, Cawley et Savery copièrent cette disposition, en ajoutant la *soupape de sûreté*, employée par Papin dans son nouveau digesteur, et les robinets de *jauge* pour s'assurer de la hauteur de l'eau.

La vapeur, produite par l'eau de la chaudière, appuyait

sur une rondelle de bois mobile dans un cylindre où l'on introduisait de l'eau. En chassant cette rondelle la vapeur refoulait cette eau par un tube venant en dessous et, lorsqu'on ouvrait un robinet qui terminait ce tube, l'eau, violemment chassée, tombait sur une roue hydraulique et la faisait tourner avec une certaine rapidité, pendant tout le temps qu'il y avait de l'eau dans la chaudière et dans le cylindre. Le manque d'eau entraînait

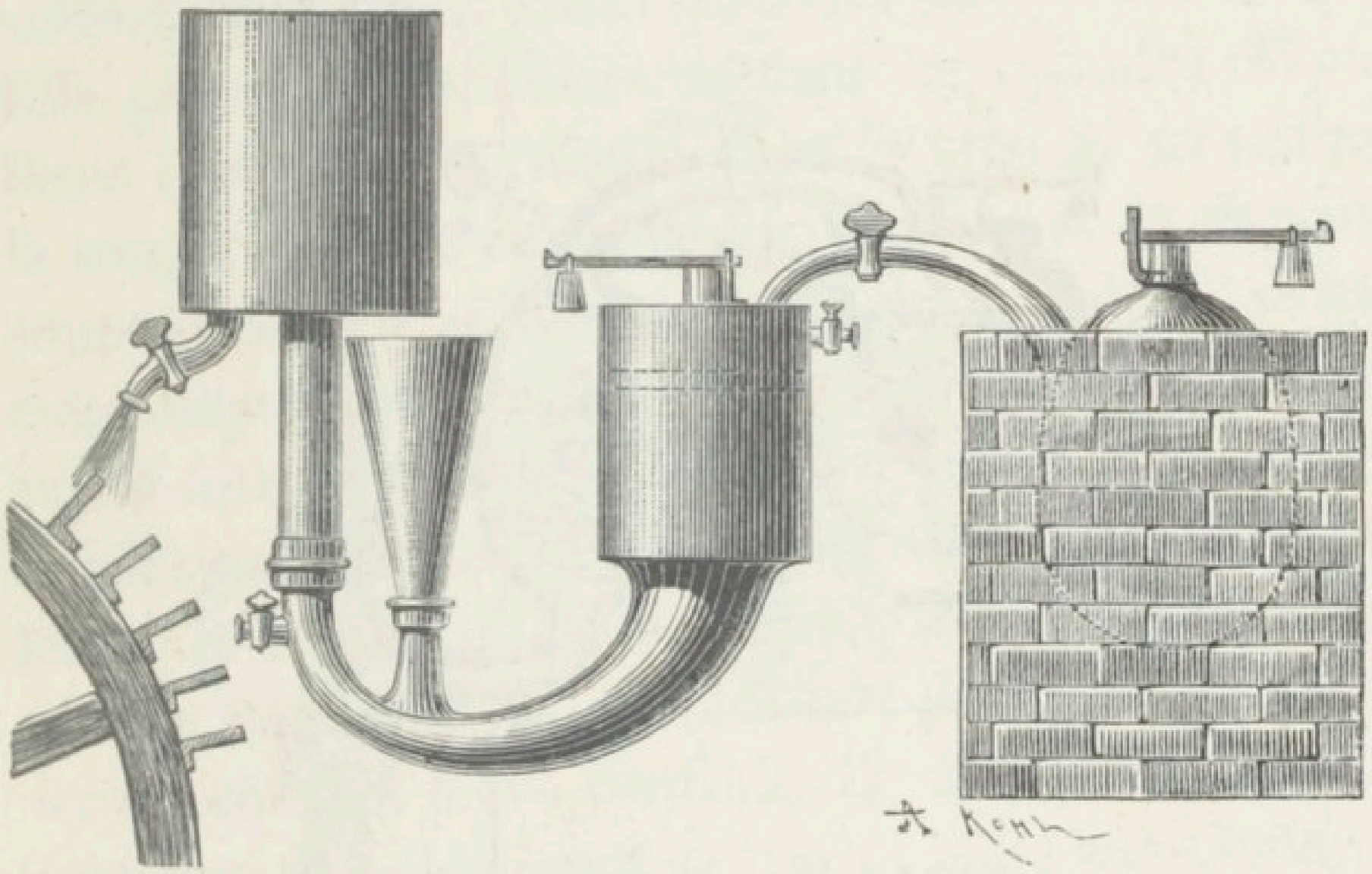


Fig. 38. — 2e Machine de Papin.

alors forcément une interruption de travail, pendant le temps qu'il fallait pour remplir à nouveau de liquide la chaudière.

Ce système était fort imparfait, comme on le voit, aussi fut-il abandonné, dans la suite, par son inventeur même, qui en revint à sa seconde machine.

Papin avait deviné la machine à vapeur en construisant ses appareils, mais il ne lui fut pas donné d'aller plus loin dans la voie de ces admirables découvertes.

Il était réservé à des Anglais, le capitaine Savery ou plutôt Newcomen et Cawley, de construire les premières machines à vapeur, véritablement dignes de ce nom et qui donnèrent une marche à peu près régulière.

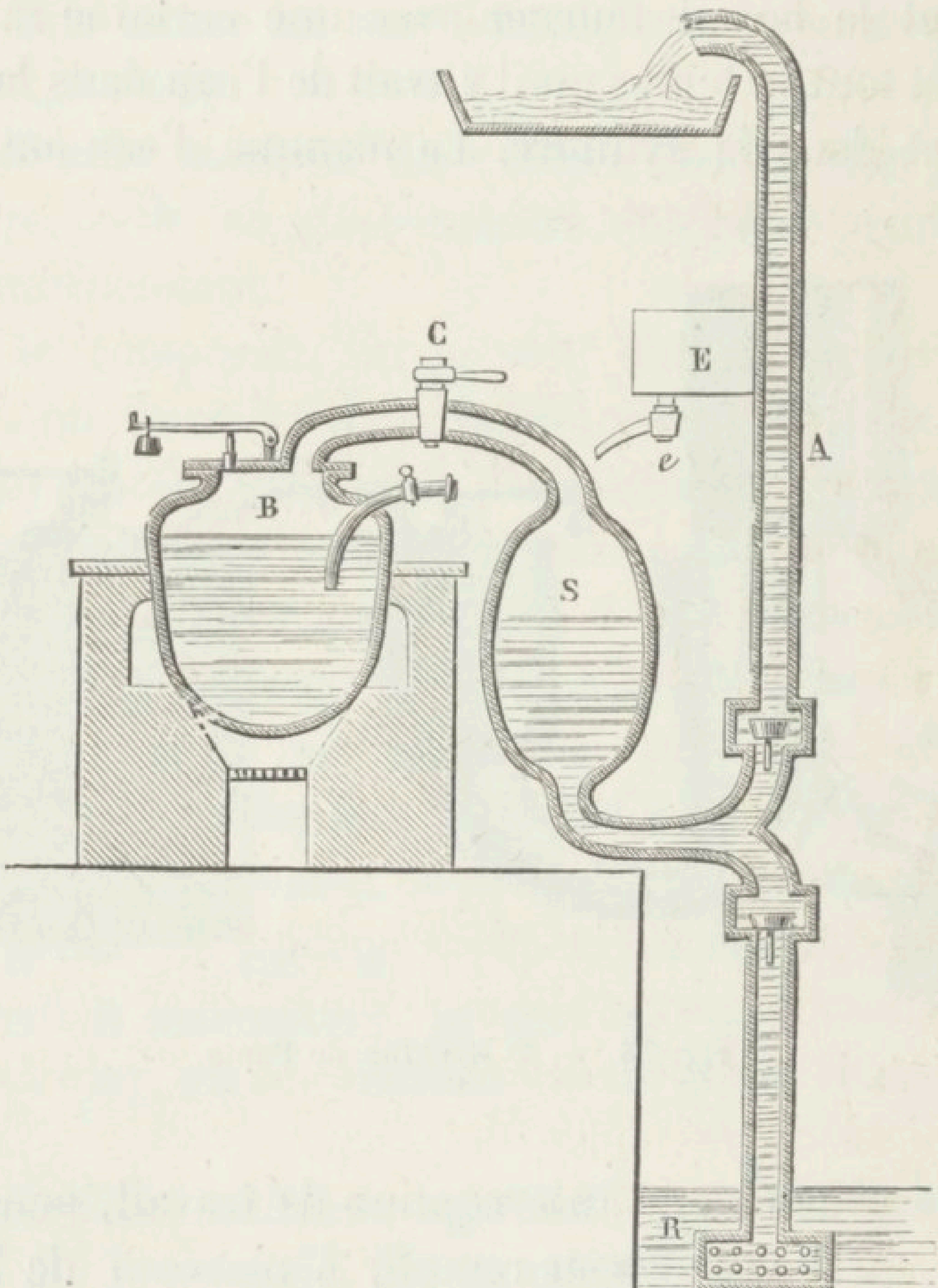


Fig. 39. — Machine de Savery.

Papin, mourut pauvre, après avoir langui pendant longtemps, dans la misère, hors de France, d'où la révocation de l'édit de Nantes l'avait exilé. On ne connaît même pas l'époque exacte de sa mort et l'endroit où reposent ses cendres.

Ce fut en 1698, du vivant de Papin, que Savery demanda un brevet pour l'exploitation de sa machine à élever l'eau et qu'il la fit fonctionner devant la *Société royale de Londres*.

Voici la description de cet appareil, que le capitaine Savery prétendit — chose difficile à croire — avoir inventé seul, sans avoir eu aucunement connaissance des travaux de son prédécesseur Papin (fig. 39).

La vapeur, fournie par la chaudière B, arrive, en traversant le tuyau C, dans l'intérieur du vase métallique S. Elle presse l'eau, contenue dans ce cylindre et, par sa force élastique, la refoule dans le tube A, en soulevant la soupape, qui s'ouvre de haut en bas et en fermant la soupape B, qui se ferme de bas en haut. Par suite de cette disposition, très simple, l'eau jaillit par l'extrémité supérieure du tube et s'écoule au dehors.

Lorsque le vase S s'est vidé de cette manière, on ferme le robinet C pour intercepter la communication avec la chaudière et, ouvrant le robinet D, on fait arriver un courant d'eau continu, du réservoir E. La vapeur contenue dans le vase S se trouve ainsi subitement condensée. Le vide se trouvant ainsi produit, par l'effet de la pression atmosphérique, l'eau monte et remplit ce vase. Si l'on fait alors, en ouvrant le robinet C, arriver un nouveau jet de vapeur dans le cylindre, il appuie sur l'eau et, la soupape A s'ouvrant, et la soupape B se refermant, l'eau est refoulée dans le tube A jusqu'à une hauteur de 55 pieds ($17^m,25$) et ainsi de suite.

Mais construite sur un principe vicieux, la machine de Savery ne pouvait pas donner de bons résultats. Ainsi, pour le bon fonctionnement de cette machine, il fallait refroidir et condenser la vapeur pour l'aspira-

tion, tandis que le refoulement ne s'opérait qu'à condition d'échauffer l'eau. Par conséquent il fallait perdre énormément de vapeur, donc un calorique précieux, l'âme de la machine.

La machine à vapeur de Newcomen et Cawley était meilleure, et dans la pratique elle donna des résultats inespérés. Ce fut pendant longtemps la seule employée pour l'épuisement de l'eau dans les mines, et c'est en la perfectionnant que Watt créa un véritable moteur applicable à un nombre incalculable d'usages différents.

Newcomen et Cawley étaient deux ouvriers de Darmouth en Angleterre. L'un était serrurier et l'autre vitrier. Newcomen était instruit et éclairé, et ce fut après avoir consciencieusement étudié la machine de Papin, qu'il se mit à construire un petit modèle de son invention, dans lequel la vapeur ayant poussé le piston jusqu'au haut de sa course, était instantanément refroidie par l'effet d'un courant d'eau froide aspergeant à ce moment précis l'extérieur du cylindre (fig. 40).

Mais Savery qui employait le même système pour la condensation immédiate de la vapeur, empêcha Newcomen et Cawley de prendre une patente et les menaça d'un procès. Que firent les deux inventeurs? Ils s'associèrent avec Savery et ce fut ensemble qu'ils contruisirent une machine dont la marche, quoique lente, était assez régulière. Les propriétaires de mines se hâtèrent alors de l'utiliser pour l'épuisement de l'eau, l'emploi de ce moteur étant moins coûteux que celui des chevaux.

Ce fut au hasard seul que les inventeurs durent d'ajouter un perfectionnement capital à leur machine. Jusqu'alors on s'était borné pour la condensation de la

vapeur à faire couler sur les parois du cylindre un filet d'eau froide. Or, un jour, les associés étant réunis, ils s'aperçurent que le balancier donnait un nombre de coups inusité à la minute. En ayant cherché la cause ils virent que le piston était percé en plusieurs places de trous imperceptibles, et que de l'eau froide tombant par ces interstices dans le sein de la vapeur la condensait instantanément. Au lieu alors de ne refroidir que la surface extérieure du cylindre moteur, ils lancèrent au moyen d'un robinet à pomme une pluie fine d'eau dans la masse de vapeur et ils obtinrent une marche, sinon rapide, au moins bien accélérée.

Seulement pour le bon fonctionnement de l'appareil de Newcomen, il fallait constamment une personne pour ouvrir et fermer les robinets d'introduction de vapeur et d'eau de condensation. Ce fut un enfant qui, par un trait, un éclair de génie, supprima cette sujétion, en ne songeant pourtant qu'à s'épargner à lui seulement, et pour un moment, cette besogne pénible et ennuyeuse.

Chacun sait comment Humphry Potter eut cette idée. Il était chargé de cette tâche fastidieuse dans une mine d'Angleterre. Les cris joyeux de ses camarades jouant à cinquante pas de lui, en dehors de l'atelier, retentissaient à ses oreilles, et il brûlait de l'envie d'aller les rejoindre. Mais son travail l'en empêche. Il doit rester à son poste. Alors, pour la première fois, il remarque des choses auxquelles on n'avait jamais prêté d'attention. Il s'aperçoit que les positions des robinets et du balancier sont en corrélation intime et que, quand le balancier commence sa course, un robinet doit s'ouvrir, et, lorsqu'il la finit, ce dernier doit se fermer. Au moyen

donc de deux ficelles attachées à des points déterminés du balancier, il voit les robinets s'ouvrir et se fermer automatiquement sans son aide et au moment voulu. Enchanté alors de son idée, le paresseux de génie aban-

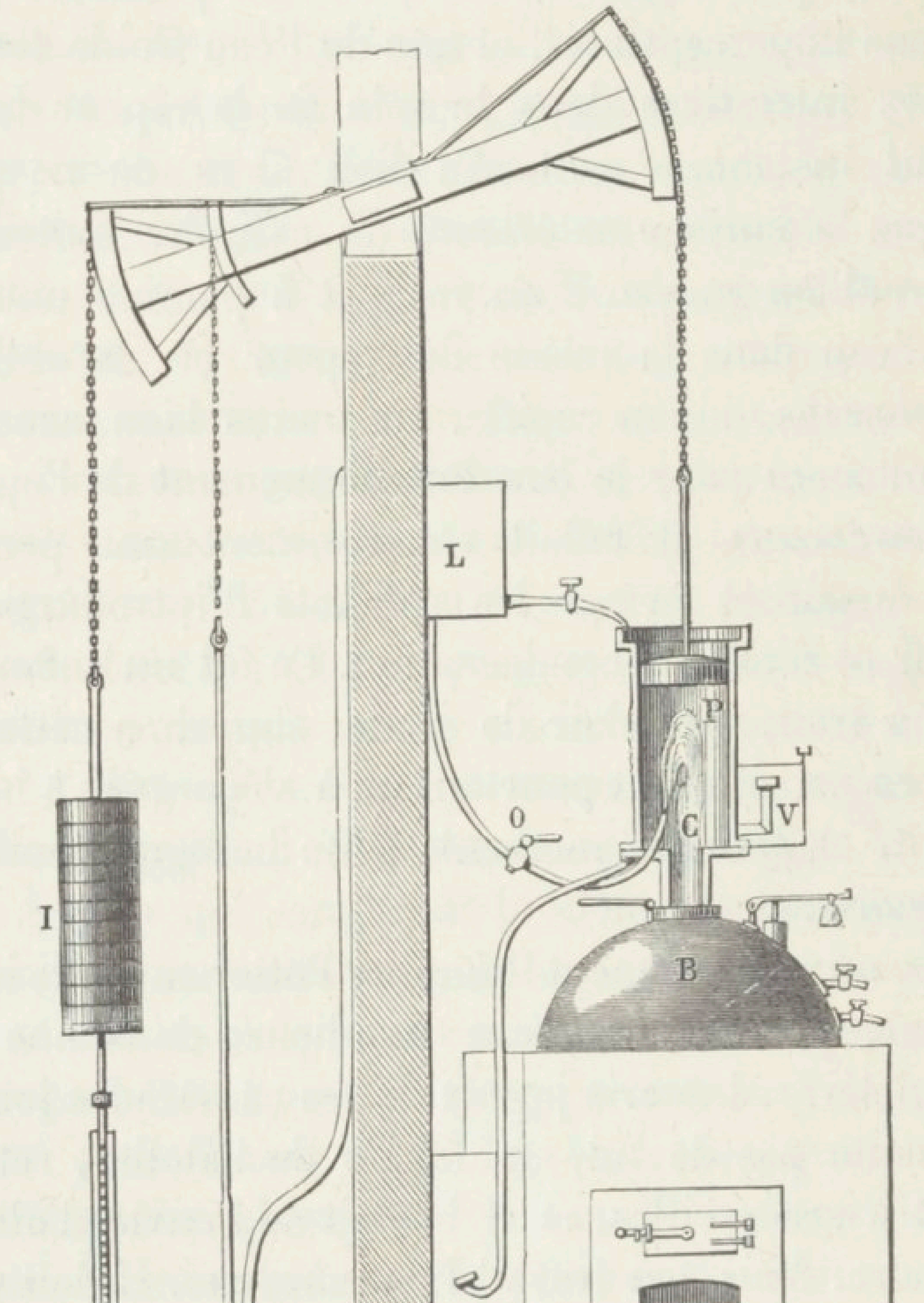


Fig. 40. — Machine de Newcomen.

donne sa machine, marchant maintenant toute seule, et il va rejoindre ses camarades sans se soucier, se douter même, du pas immense qu'il a fait faire à la machine à vapeur.

Ainsi agencée, la machine à vapeur était d'une conduite peu fatigante, et elle fut employée pendant longtemps de cette façon dans les mines de charbon de terre de la vieille Angleterre. Ce ne fut qu'en 1765 que le célèbre mécanicien, James Watt, la transforma d'une manière radicale, et changea ses organes de la manière la plus économique et la meilleure.

III. WATT ET SES SUCCESSEURS.

James Watt, l'un des plus grands ingénieurs dont l'Angletere s'honore, et à juste titre, naquit en 1736 à Greenock, petite ville d'Écosse, d'une ancienne et honorable famille ruinée par de mauvaises spéculations commerciales. Dès son enfance, il montra des dispositions extraordinaires que le manque absolu de fortune de ses parents l'empêcha de cultiver. Il fut mis en apprentissage à l'âge de seize ans chez un modeste fabricant où il apprit à construire de petites pièces mécaniques : des compas, des appareils de physique et de mathématiques. Dans cette humble position, il travailla avec énergie. Il suivit les cours professés à cette époque par Joseph Black, se perfectionna dans son métier, et en 1763 il ouvrit une petite boutique de constructeur dans un local dépendant de l'Université de Glascow. C'était là qu'attirée par l'esprit, les solides connaissances et les brillantes qualités du jeune mécanicien, se réunissait la haute société des gens les plus instruits de la ville. Un contemporain de Watt, le docteur Robison, cite des exemples de l'intelligence rare du célèbre inventeur. « Ayant besoin,
« dit-il, de connaître l'ouvrage de Leupolds sur les ma-
« chines, il apprit ausssitôt l'allemand pour pouvoir le

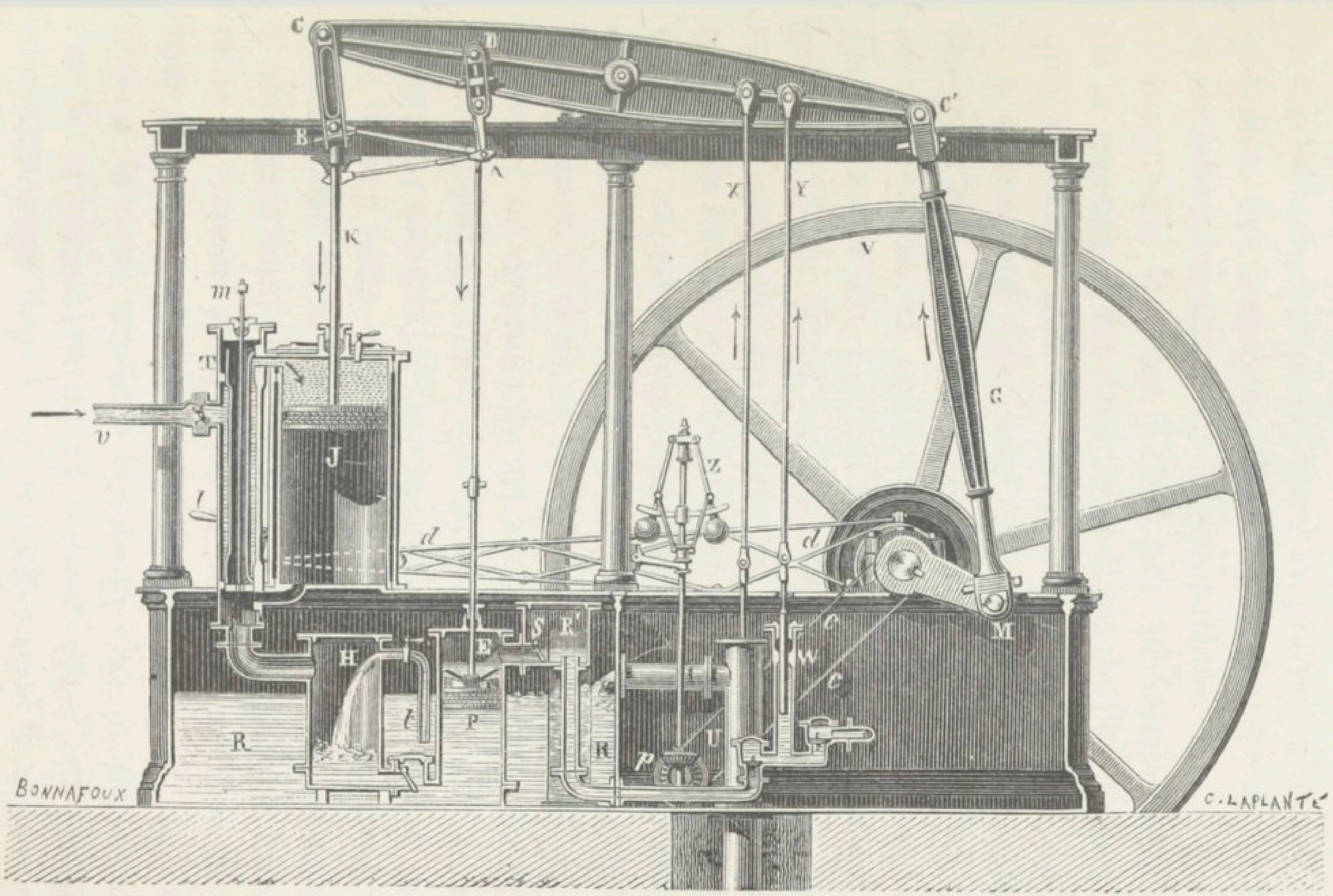


Fig. 41. — Machine de Watt.

« lire, et ce fut de la même façon qu'il apprit la langue « italienne. A chaque question, Watt avait une réponse, « sur quelque sujet que ce fût. Son esprit était une « véritable encyclopédie que l'on pouvait toujours con- « sulter. Ses manières affables, le charme de sa con- « versation lui attiraient les sympathies. »

Jusque-là, Watt ne s'était pas spécialement occupé de la vapeur; ce fut dans le courant de l'hiver de 1763 qu'il se trouva amené à en faire le sujet de ses études.

A ce moment déjà, pour mieux inculquer aux élèves les principes de la mécanique appliquée, on avait doté les Universités et collèges de modèles de machines. Un professeur de l'Université de Glascow envoya un petit spécimen de la machine de Newcomen au jeune constructeur, afin de la réparer, car ce modèle n'avait pu jamais fonctionner régulièrement. Watt, en recherchant les imperfections se demanda si, au lieu de refroidir le cylindre moteur même, on ne pourrait pas opérer la condensation dans un récepteur à part, séparé du cylindre, et ne communiquant avec lui que par un tube.

On conçoit en effet, que si, au moment où le corps de pompe est rempli de vapeur, on ouvre tout à coup une issue à cette vapeur, à l'aide d'un robinet qui lui donne accès dans un vase continuellement entretenu à une basse température par un courant d'eau froide, toute la vapeur se précipitera dans l'intérieur de ce vase en raison même de son expansibilité. Le vide sera obtenu de cette manière beaucoup plus promptement, car la condensation de la vapeur appellera presque instantanément dans le second vase toute la vapeur qui remplissait le corps de pompe. Ainsi, la condensation pourra s'opérer sans que jamais le cylindre soit refroidi;

une économie considérable de vapeur et par conséquent de combustible sera réalisée.

L'appareil qui remplit cette importante fonction porte le nom de *condenseur*.

En inventant le condenseur, James Watt avait ajouté une chose capitale à la machine à vapeur d'alors, et il venait d'entrer dans la voie si féconde des perfectionnements qui ont illustré son nom.

Watt ajouta successivement à sa machine la soupape de sûreté de Papin, le régulateur à force centrifuge, le parallélogramme articulé, et il perfectionna le cylindre moteur ainsi que le système de distribution de la vapeur.

Ce grand génie mourut le 25 août 1819, à l'âge de 83 ans, dans toute la plénitude de ses facultés intellectuelles. De toutes parts on lui éleva des statues, et le nom de James Watt est aussi populaire en Angleterre que chez nous, celui de son prédécesseur : Papin.

Les organes principaux de la machine à vapeur avaient été créés par Watt; il ne restait à ses successeurs, aux continuateurs de sa grande œuvre, qu'à améliorer, d'après les indications de la pratique, certains détails de construction qui lui avaient échappé.

Ce fut ainsi que Woolf inventa, dans le but de réduire la dépense de combustible, la *détente*, c'est-à-dire qu'au lieu d'envoyer de la vapeur dans le cylindre pendant toute la course du piston; de travailler, comme on dit, à pleine pression; d'interdire l'entrée de la vapeur dans le cylindre lorsque le piston est à la moitié ou aux deux tiers de sa course, on emploie deux ou trois fois moins de vapeur qu'avec la marche à pleine

pression, car la vapeur se détend et possède, néanmoins, assez de force pour pousser le piston jusqu'à la fin de sa course. On économise par là la vapeur et le combustible qui la produit.

Les derniers perfectionnements apportés à la construction de la détente, par MM. Clapeyron et Meyer en particulier, permettent de varier facilement le débit, et presque toutes les machines à vapeur modernes sont munies soit de la détente variable, soit du condenseur (fig. 42).

Leupold, mécanicien allemand, découvrit le principe

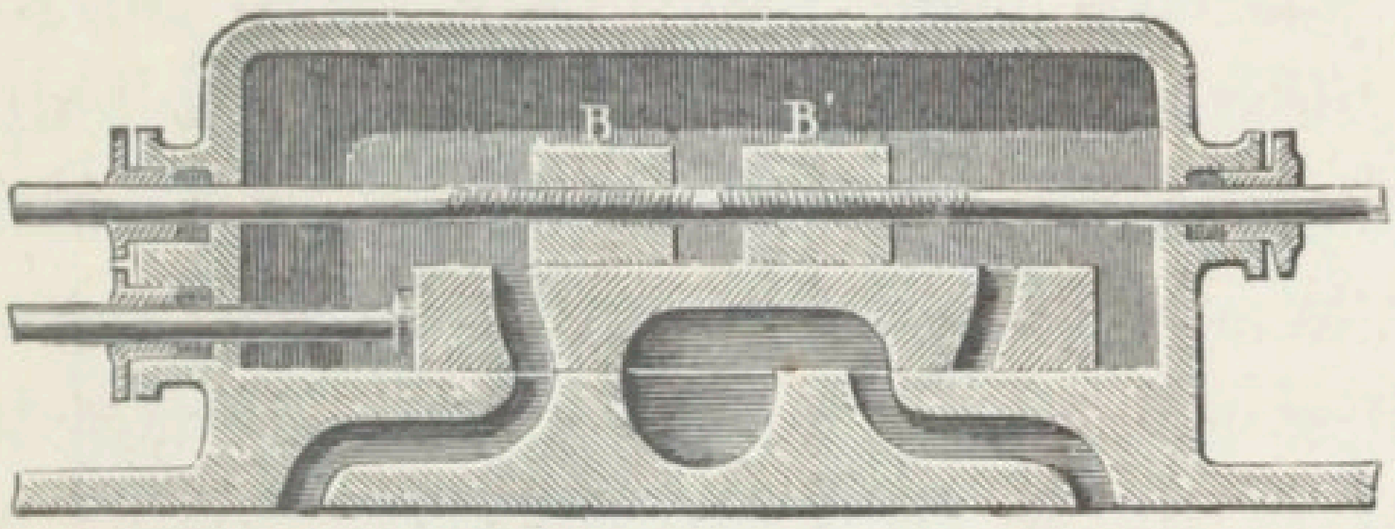


Fig. 42. — Détente Meyer.

théorique des machines à haute pression et le décrivit vers 1725 dans un recueil de mécanique publié en allemand. La marche à haute pression est utile parce qu'elle permet de supprimer le condenseur, en laissant échapper la vapeur dans l'atmosphère.

Dans la machine de Watt, on emploie la vapeur chauffée seulement à la température de l'ébullition de l'eau, sous une pression qui ne dépasse pas de beaucoup celle de l'atmosphère. La condensation alternative de cette vapeur, sous les deux faces du piston, détermine un vide qui permet à la vapeur de produire toute son action mécanique.

Dans les machines à haute pression, la vapeur agit à une tension de deux à trois fois supérieure à celle de l'atmosphère, sur les faces du piston et s'échappe ensuite à l'air libre.

Les machines verticales ou rotatives et les locomotives sont des machines à haute pression.

Olivier Evans, constructeur américain, a construit

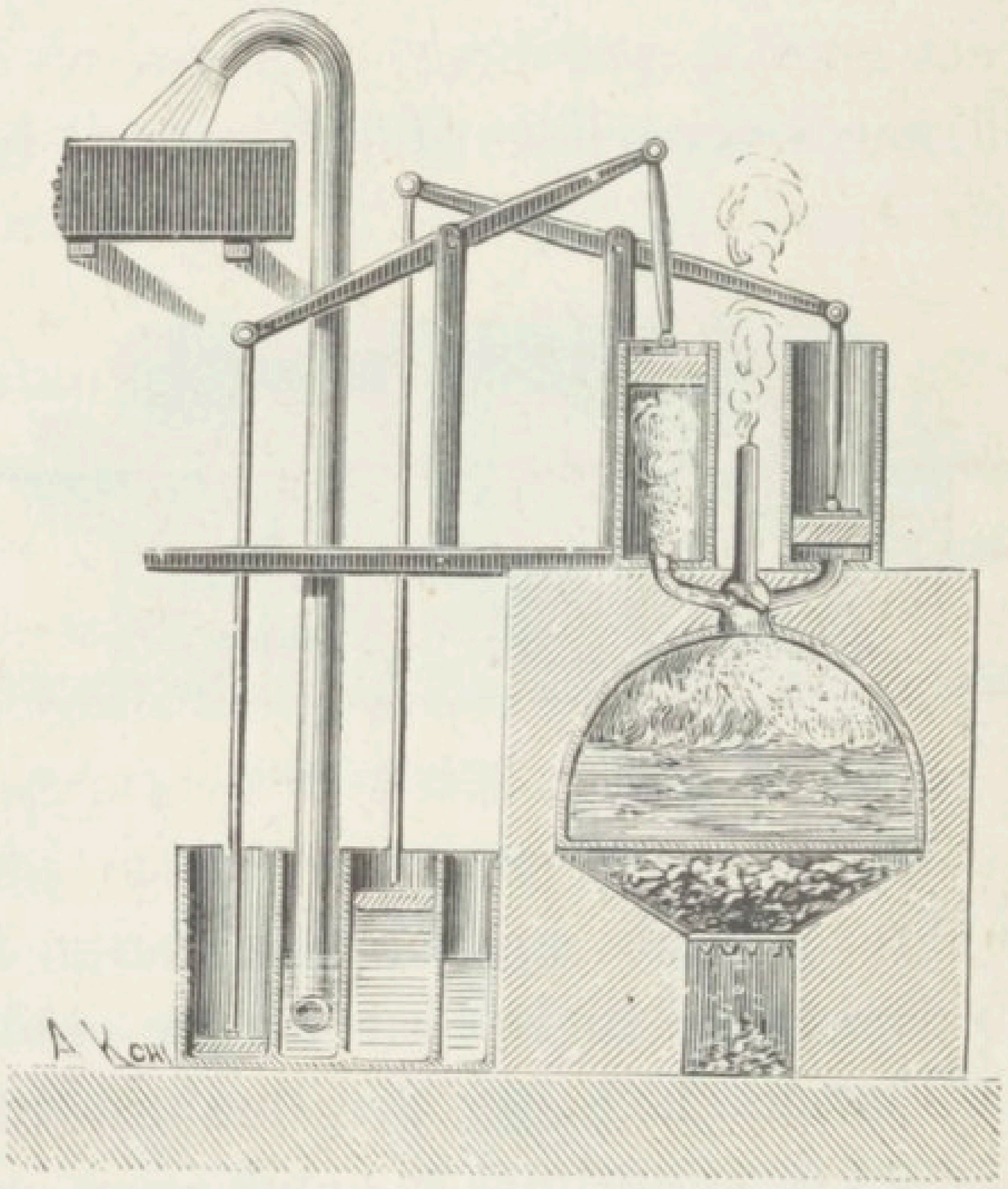


Fig. 43. — Machine de Leupold.

les premières machines à haute pression, et en a propagé l'emploi dans l'industrie.

Evans était ouvrier charron à Philadelphie. Ce fut après avoir longtemps observé l'effet de la vapeur d'eau dans les *canons de Noël* qu'il conçut l'idée des machines à haute pression

Voici ce qu'on appelait des *canons de Noël :*

C'étaient des tubes de métal plus ou moins longs, et que l'on bouchait solidement aux deux extrémités. A un certain endroit on laissait une lumière, par laquelle on introduisait l'eau dont on remplissait le canon. Ensuite on bouchait soigneusement et surtout solidement la lumière avec une petite cheville de bois. Cela terminé, on mettait l'extrémité du canon dans un feu violent et, au bout de quelque instants, le bouchon était chassé au dehors avec une violente détonation par l'expansion de la vapeur qui s'était formée.

Après avoir étudié ce phénomène, Olivier Evans comprit quelle était la puissance que la vapeur, élevée à un certain degré de température, était capable d'acquérir, et, au lieu de construire comme faisaient Watt et Boulton des machines marchant à une atmosphère et demie de pression, il en imagina, dont la pression ordinaire était quatre et cinq fois supérieure à celle de l'atmosphère. Trewitick et Vivian, en Angleterre, n'en édifièrent de nouvelles que longtemps après, vers 1825.

Les machines à haute pression offrent de très grands avantages sur la machine à condenseur de Watt, en ce qu'elles permettent de supprimer le lourd balancier de fonte de cette dernière en le remplaçant par une *bielle à tige articulée*, de rendre inutile le condenseur, et de régler à volonté la détente. Aussi, de nos jours, peu d'usines continuent à se servir de l'ancienne machine de Watt, ce moteur demandant beaucoup trop de place, et, sauf dans quelques mines, telles que celles du Cornouailles, les machines à haute pression, l'ont entièrement remplacé, avec un grand bénéfice sur le combustible.

IV. LES ORGANES DE LA MACHINE A VAPEUR ACTUELLE.

Dans les machines, quelles qu'elles soient, il y a deux sortes des pièces bien différentes : les organes de mouvement, chaudière, mécanisme moteur, et les appareils de sûreté.

Dans quelle machine à vapeur que ce soit, on trouvera toujours les mêmes pièces : la chaudière, les pistons,

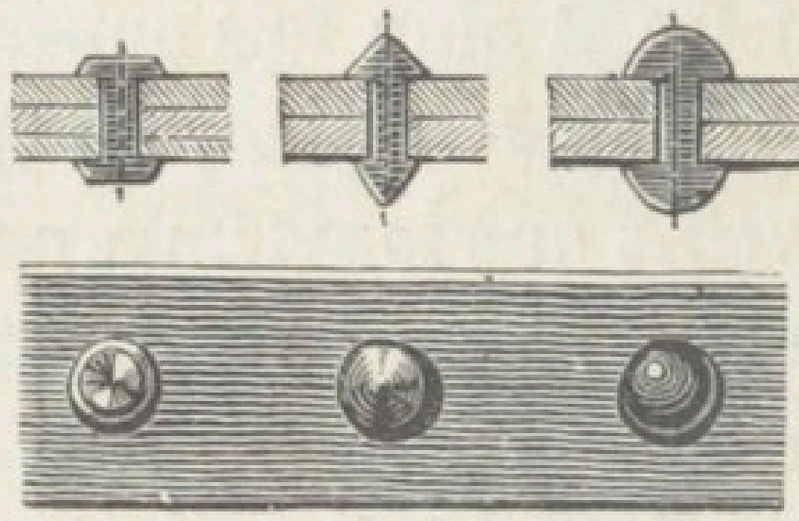


Fig. 44. — *Différentes sortes de rivures* : 1. Bouterolle. — 2. Pointe de diamant. — 3. Goutte de suif.

les volants et poulies de transmission, le régulateur à boules, les tiroirs, les excentriques, les bielles et enfin le bâti ; on trouvera aussi comme instruments de sûreté, les soupapes, le manomètre, le tube de niveau d'eau, les robinets de jauge, le sifflet d'alarme avec flotteur et quelquefois aussi les plaques fusibles. Aussi, comme nous l'avons déjà dit, une machine à vapeur ne change

pas, qu'elle soit verticale ou horizontale ; la disposition de ses organes seule varie.

La chaudière est ordinairement en tôle d'acier d'une grande épaisseur pour mieux résister aux pressions

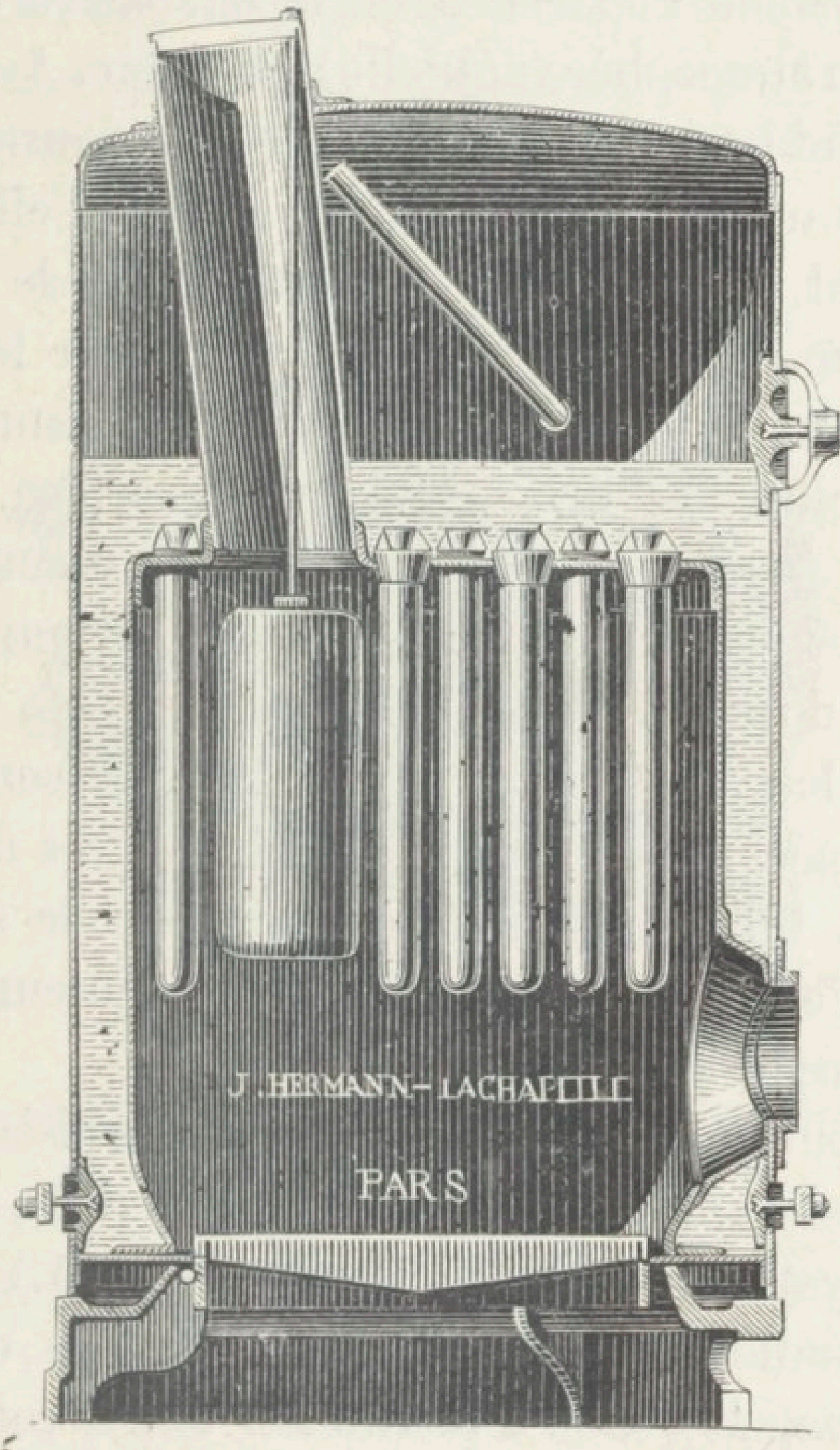


Fig. 45. — Coupe de la chaudière Field.

intérieures qu'elle a à subir. On la *rive* à chaud pour mieux réunir l'épaisseur des deux tôles et prévenir les fuites. Les rivures sont dites en *bouterolle* si la tête est plate, en *pointe de diamant* si elle est coni-

que et en *goutte de suif* si elle est hémisphérique (fig. 44). La forme la plus employée et la plus solide est la *goutte de suif*. Elle résiste mieux au *cisaillement*.

Une formule algébrique très simple permet de calculer facilement l'épaisseur de la chaudière d'après la pression en atmosphères qu'elle doit subir. Avant d'être livrée à l'industrie une chaudière est toujours essayée à froid, sous une pression triple de celle qu'elle doit régulièrement supporter, et ce, au moyen de la presse hydraulique. Le timbre en relief, placé sur le corps de la chaudière, indique ce chiffre en kilogrammes de pression, par chaque centimètre carré de surface.

C'est à Watt qu'on doit l'idée de recouvrir, afin d'éviter les pertes de chaleur par rayonnement, la chaudière d'une *chemise* en bois.

D'après leur destination, les chaudières sont diversement agencées. Par exemple, les chaudières de locomotives sont tubulaires, afin d'augmenter la surface de chauffe. C'est à M. Marc Séguin, ingénieur français, qu'on est redevable de cette invention.

Les locomobiles, fixes et demi-fixes, possèdent quelquefois également des chaudières tubulaires, ordinairement du système Field et Belleville (fig. 45.)

Les chaudières des machines verticales de M. Hermann-Lachapelle sont à bouilleurs entre-croisés; c'est-à-dire que le foyer intérieur, d'une vaste capacité, est traversé en tous sens de tubes énormes remplis d'eau et communiquant avec la chaudière. Par suite de la grande surface opposée à la flamme, la mise en pression est extrêmement rapide. Un avantage plus précieux est la combustion entière de tous les gaz de la fumée,

ce qui amène une économie notable de charbon. Dans les petites machines, les bouilleurs sont au nombre de deux; dans les grandes, il y en a quatre et quelquefois six (voir fig. 46).

Les générateurs de vapeur, pour machines fixes, présentent aussi une disposition particulière. Ils se composent de trois parties fixées dans un massif en briques ou en maçonnerie : les deux bouilleurs et la chaudière

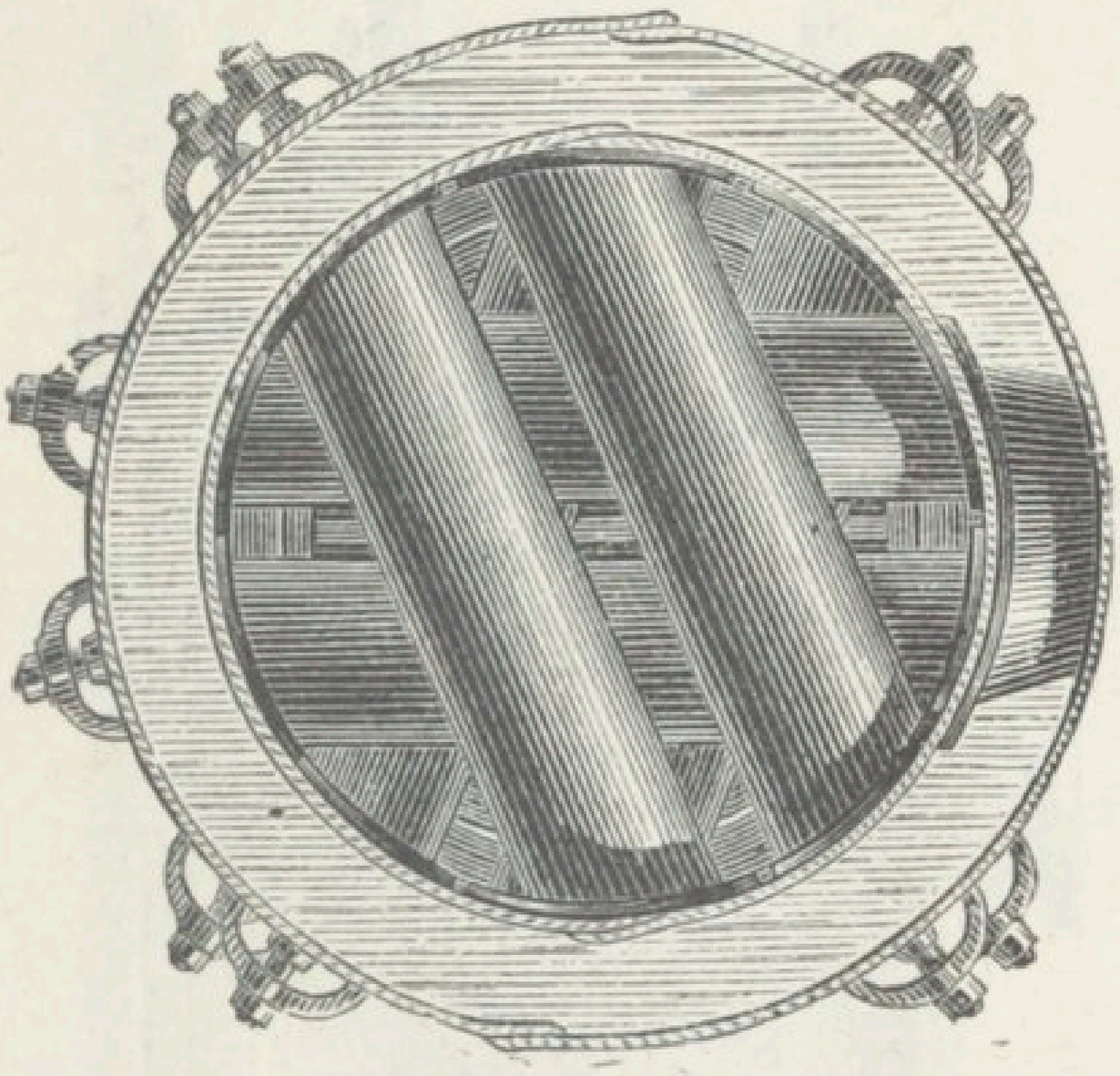


Fig. 46. — Coupe en plan de la chaudière à bouilleurs entre-croisés Hermann-Lachapelle.

proprement dite. C'est surtout dans les fortes machines à balancier, que sont ainsi disposés les générateurs[1].

Il y a aussi les *chaudières marines* à retour de flammes, dans lesquelles les tubes reviennent sur eux-mêmes de façon à faire retourner la flamme jusqu'au dessus du foyer. Enfin, on commence à se servir des chaudières dites en *serpentin*.

[1] Voir, pour plus de détails, le livre *La Vapeur* de M. Amédée Guillemin, Bibliothèque des Merveilles.

Les *tiroirs* et les *pistons*, parties essentielles du mécanisme, ont été souvent modifiés depuis leur invention. Pour bien comprendre le jeu d'une variété de tiroirs, dits à coquille, il est nécessaire de se reporter à la figure 47, où les flèches indiquent la marche suivie par la vapeur.

Lorsque la vapeur est admise et remplit la boîte

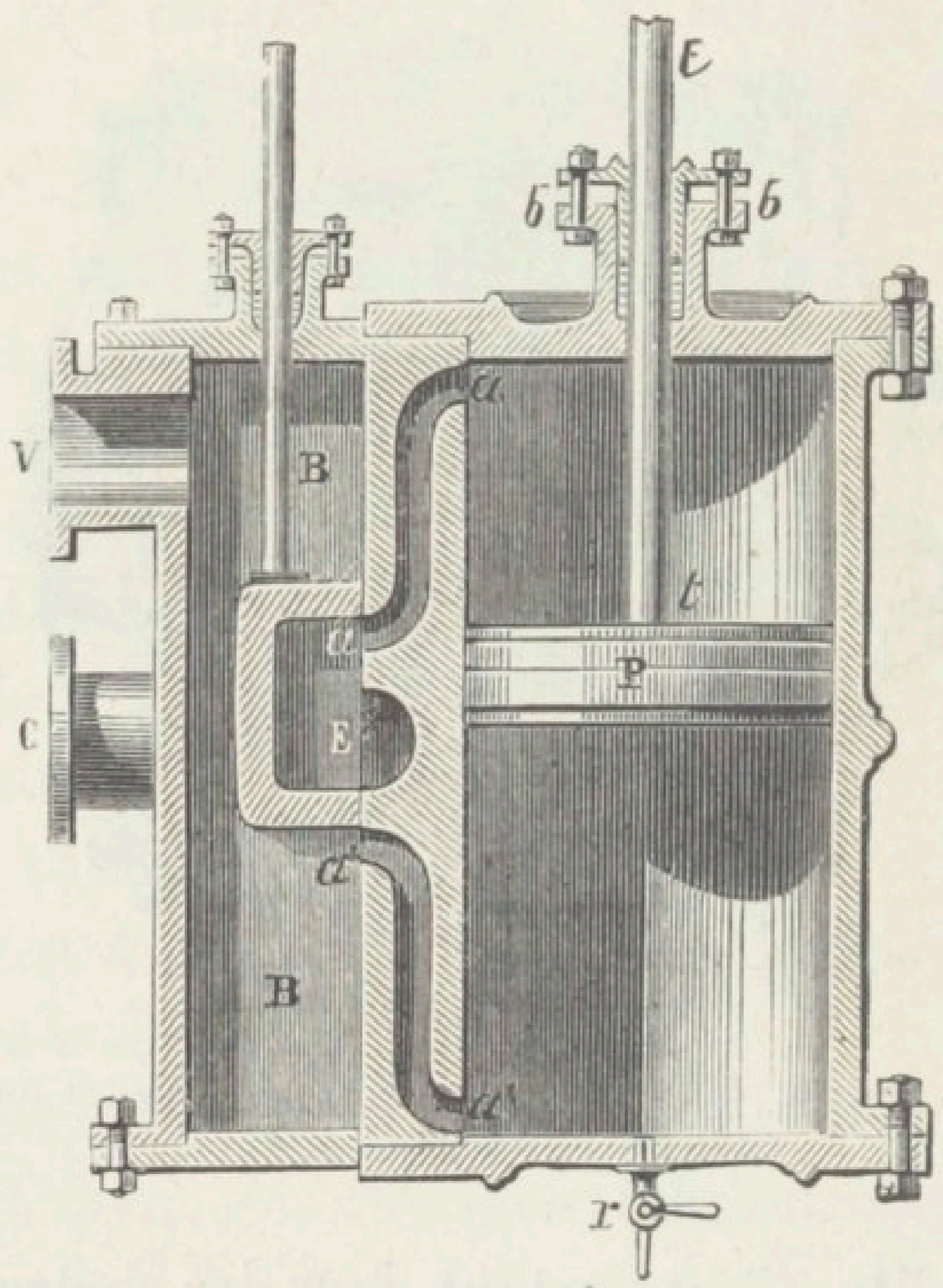


Fig. 47. -- Tiroir à coquille.

à vapeur B le tiroir débouche l'orifice supérieur A et la vapeur se précipitant dans le cylindre appuie sur a face du piston et le force à descendre. En même temps que le piston descend, l'arbre auquel il communique son mouvement par l'intermédiaire d'une bielle montée sur une manivelle, l'arbre tourne, et fait mouvoir l'excentrique relié à la tige du tiroir. A mesure donc

que le piston descend, le tiroir remonte et ferme l'orifice supérieur. C'est alors que la détente se produit et que la vapeur rend le reste de son effet utile et pousse le piston à fin de course. Quand ce dernier

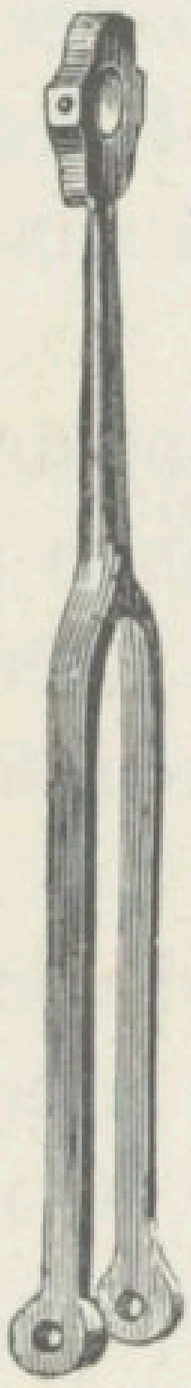


Fig. 48.
Bielle ordinaire.

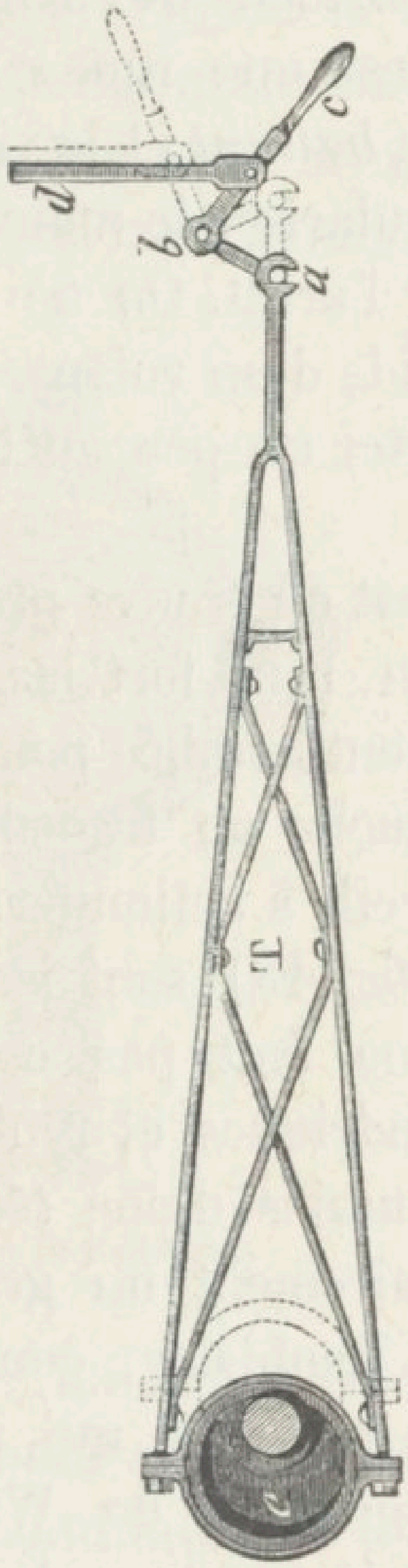


Fig. 49.
Tige-bielle d'excentrique.

effort est terminé, la fluide s'échappe par l'issue supérieure, passe par le tuyau d'échappement de vapeur et va enfin se perdre, soit à l'extérieur, soit dans un condenseur.

Quand ce fait se produit, la seconde ouverture est débouchée, la vapeur afflue sous l'autre face du piston qu'elle repousse à sa position première, puis la même chose se répétant, arrive à former un travail continu actionnant uniformément l'arbre moteur.

Le *volant*, est une roue, ordinairement en fonte servant par son *ballant* et la vitesse qu'elle acquiert en tournant, à régulariser le mouvement et éviter les chocs brusques pour l'arrêt. On ne peut calculer les dimensions ou le poids d'un volant, et on est forcé pour cela de s'en rapporter un peu au hasard et aux indications de la pratique.

Avec le volant on trouve presque toujours la poulie de transmission, roue fort large, en fonte polie ou en fer, et légèrement bombée pour mieux retenir la courroie, avec laquelle on transmet le mouvement circulaire aux appareils à actionner.

Les *bielles* (fig. 48) sont des pièces d'acier, larges et plates, qu'il ne faut pas confondre avec les *tiges* (fig. 49) cylindriques et renflées par le milieu. Les bielles sont munies d'une *tête* en cuivre poli, supportant ordinairement un graisseur pour éviter son échauffement. Mauldslay, constructeur anglais, a inventé la bielle articulée qui permet de supprimer le balancier encombrant de Watt et de le remplacer par deux glissières dans lesquelles monte et descend la bielle, avec un mouvement élégant.

Les *excentriques* (fig. 50) se composent du *collier*, et de l'*anneau*, emboîtés et tournant l'un dans l'autre. L'anneau est claveté sur l'arbre et la tige est fixée sur le *collier*.

Il y a des excentriques de toutes formes, à anneau

plein ou évidé. Dans tous, chose à observer, le graissage doit être excessivement régulier pour éviter le grippement des surfaces frottantes.

Toutes les pièces ont leur importance dans une machine à vapeur. Les grilles, les trous d'homme, les bagues, les presse-étoupes, l'injecteur, les pompes, les moindres boulons sont rigoureusement calculés et leur place en est déterminée avec la même justesse.

Dans les grilles il faut calculer l'intervalle à laisser

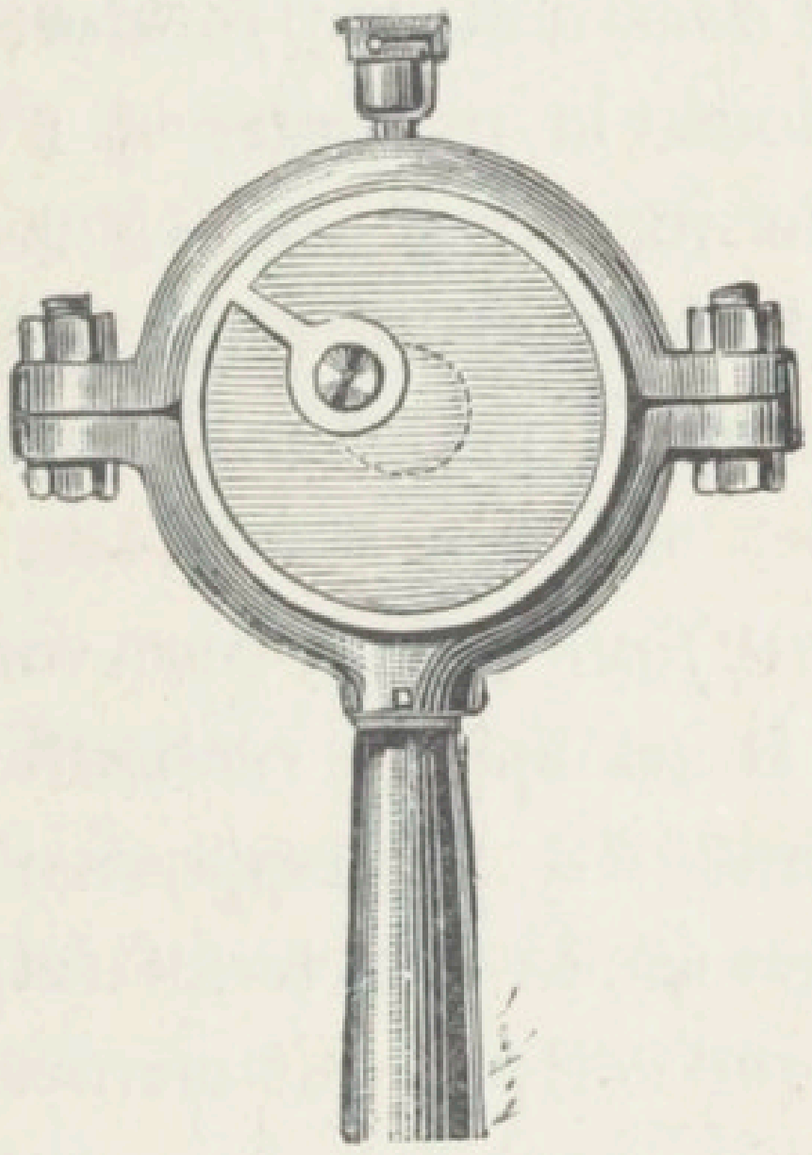


Fig. 50. — Excentrique.

entre les lames, pour avoir un tirage énergique, chose nécessaire dans les chaudières actuelles qu'il faut chauffer dans le plus petit minimum de temps.

Les *trous d'hommes* sont des ouvertures pratiqués dans la tôle de la chaudière pour faciliter son nettoyage intérieur. En effet, lorsque l'eau a bouilli longtemps, elle laisse par le fait de son évaporation un dépôt terreux et calcaire sur les parois. Ce sont les *incrustations* que l'on empêche de se former en mélangeant à

l'eau du générateur des râclures de pommes de terre, de l'argile délayée ou des fragments de métal.

Malgré cela, s'il reste une légère croûte à l'intérieur, le chauffeur dévisse le boulon, il enlève la plaque qui bouche l'ouverture, et, introduisant son bras par ce trou, il brosse et nettoie facilement les parois. Une fois cette opération achevée, il revisse la plaque et les fuites sont impossibles.

Les pièces secondaires sont en assez grand nombre. Néanmoins, passons-les en revue :

La *plaque d'assise* ou de *fondation* est en fonte. Elle supporte toute la machine et c'est elle que l'on boulonne sur le massif destiné à recevoir l'appareil.

Le *socle* est également en fonte, plein et coulé d'un seul bloc, ou creux et agrémenté de nervures et d'ouvertures.

Le *bac réchauffeur* est un réservoir contenant l'eau d'alimentation. Il est appelé réchauffeur, parce que la vapeur provenant de l'échappement passe dans sa double enveloppe et élève la température de l'eau qu'il contient avant que celle-ci soit envoyée à la chaudière.

Les *tuyaux d'amenée de vapeur* sont quelquefois en cuivre, mais le plus souvent en fonte. Ils sont alors entourés d'une épaisse gaîne de chanvre, parfois d'une simple corde roulée en anneaux serrés, afin de s'opposer aux déperditions de chaleur.

Les *registres*, munis d'une *clef* se manœuvrant de l'extérieur, sont disposés à l'intérieur des cheminées. Ils servent à modérer le tirage ou à l'augmenter. Les locomotives en possèdent deux ; un à l'intérieur du tuyau, l'autre au sommet.

La coulisse de Stephenson, ainsi appelée du nom

de son inventeur, est l'appareil qui sert à changer, à intervertir le sens de rotation du volant de la machine fixe ou de la roue de la locomotive. Ce fait s'opère par suite du changement de position des excentriques des tiroirs, et du sens de la distribution de vapeur. La coulisse de Stephenson se manœuvre, dans les machines fixes, au moyen d'un levier, dans les locomotives, avec un volant. Elle est remplacée, dans les bateaux à vapeur, par *l'embrayage*.

On appelle *régulateur* dans les locomotives, la *valve* qui donne accès à la vapeur dans les cylindres. Il a la forme circulaire ou encore en étoile. Dans ce dernier cas, il est dit *à papillon*. Le régulateur se manœuvre par l'intermédiaire d'une tige et d'un levier, ou tout simplement d'une *manette*.

La *crosse* du piston est la partie articulée qui frotte sur les glissières.

Les *ringards* sont les longues tiges de fer droites au moyen desquelles le chauffeur tisonne le feu.

Les *paliers* sont les supports qui soutiennent l'arbre de transmission. Ils se composent du *corps* du *chapeau*, boulonné par-dessus et des coussinets en bronze qui soutiennent l'arbre. Les paliers sont en fonte et munis de deux écrous et d'un godet graisseur. Ils sont soutenus par les *chaises*.

Les *arbres* sont en acier, quelquefois en fer. Ce sont eux qui transmettent le mouvement aux appareils à actionner. Ils supportent les *poulies* et les *volants*.

Les arbres sont quelquefois coudés, et c'est sur ces *coudes* que s'articulent les têtes de bielles. D'autres fois ils reçoivent le mouvement par l'action d'une *manivelle* qui fait corps avec eux. Alors c'est sur le

bouton de la manivelle que pivote la bielle et que s'exerce tout l'effort.

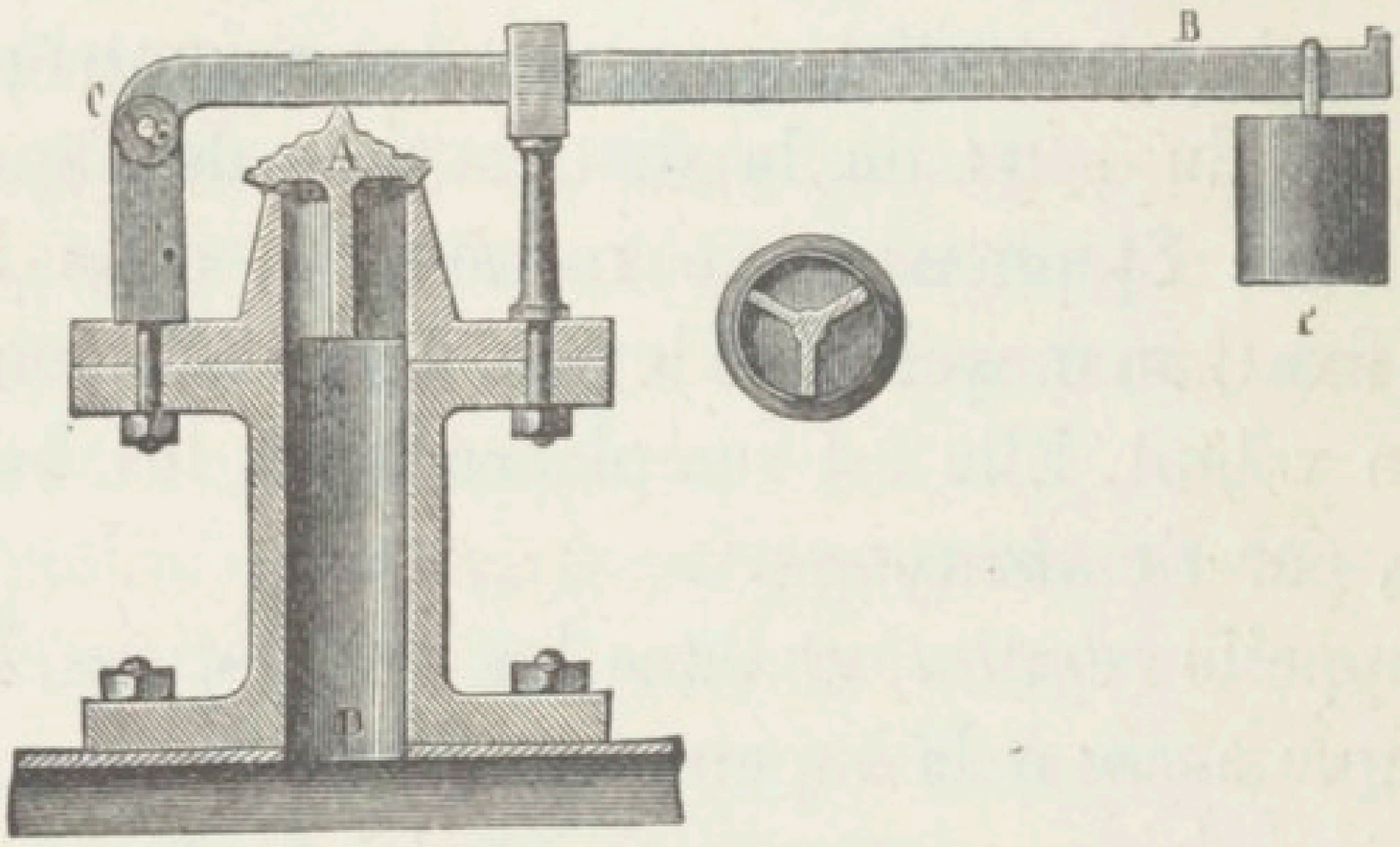


Fig. 51. — Soupape de Papin.

Les *graisseurs* sont de formes et de dispositions

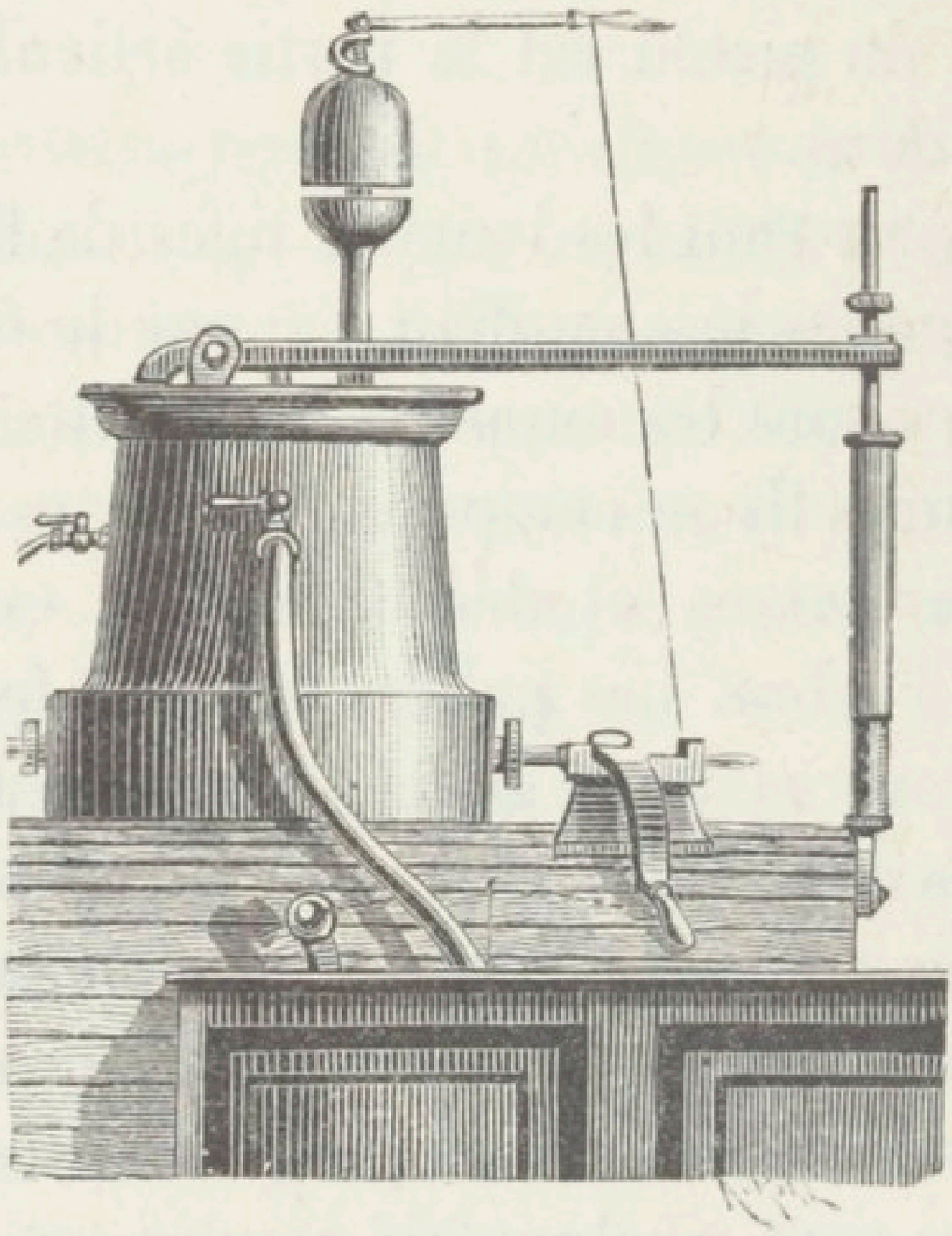


Fig. 52. — Arrière d'une locomotive, soupape, balance et sifflet.

infinies. Les principaux sont les *graisseur à boules*. On introduit l'huile dans la boule supérieure et elle

arrive en passant par les deux autres sphères au piston à lubrifier. Il y a le *graisseur à chapeau*, celui à ressort, à vis, etc., etc. Les variétés en sont innombrables.

Les *presse-étoupes* et leurs *garnitures* sont destinés à prévenir les fuites de vapeur par le trou de la tige du tiroir. Les pompes sont également pourvues de presse-étoupes.

Les *boulons* se vissent sur les parties filetées des écrous qu'ils servent à rapprocher et à serrer. Les écrous à six pans sont dits à chapeau et sont quelquefois munis d'une clavette. Il y a des *écrous à oreilles* et d'autres à *entailles*. Enfin ils se vissent et se dévissent au moyen d'une *clé anglaise*, soit à vis et à marteau, soit à levier.

Passons aux appareils de sûreté : la *soupape* (fig. 51) fut inventée par Papin qui l'utilisa dans son digesteur pour connaître la force de la vapeur à l'intérieur de sa marmite. Sa construction n'a pas changé et elle est employée surtout dans les bateaux à vapeur et les machines fixes. Pour les locomotives et les machines verticales on se sert de la *balance* (fig 52), ou soupape à ressort. La première se règle en avançant plus ou moins le poids le long de la tige du levier; la seconde en serrant plus ou moins la vis qui appuie sur la branche. Lorsque la pression de la vapeur devient trop forte, le ressort cède, le levier se soulève, la quantité superflue de vapeur s'échappe et, aussitôt que la pression décroît, le levier retombe et la soupape se referme.

La *plaque fusible* n'a pas cet avantage; lorsque par l'action d'un feu trop violent elle fond, l'eau de la chaudière tombe sur le feu et l'éteint. Il faut alors

remplacer la plaque, rallumer le feu, et remplir de nouveau la chaudière. C'est une perte de temps quelquefois grave. Pour un navire qui va entrer dans le port, par exemple, quel dommage n'éprouverait-il pas s'il était subitement privé de son moteur ! Aussi la plaque ou rondelle fusible est-elle abandonnée partout maintenant et en est-on revenu à la soupape de sûreté.

Un appareil indispensable et que possèdent toutes les machines à vapeur est le *manomètre*. Dans les pre-

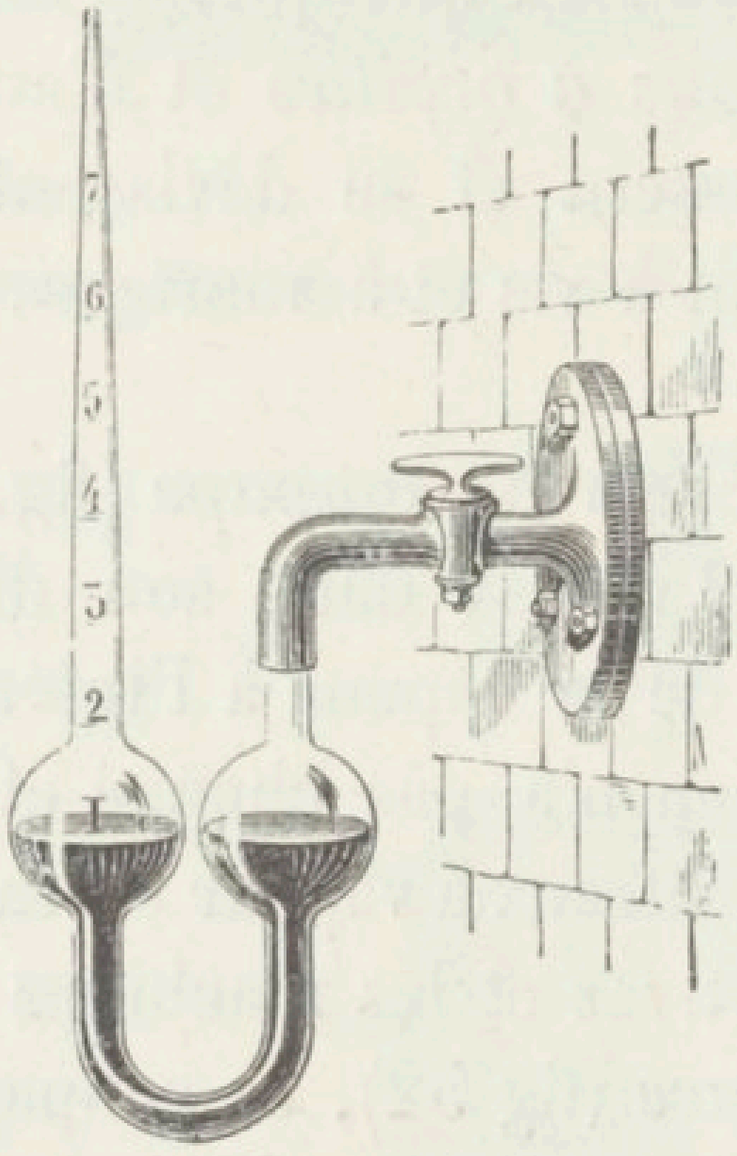


Fig. 53. — Manomètre à air comprimé.

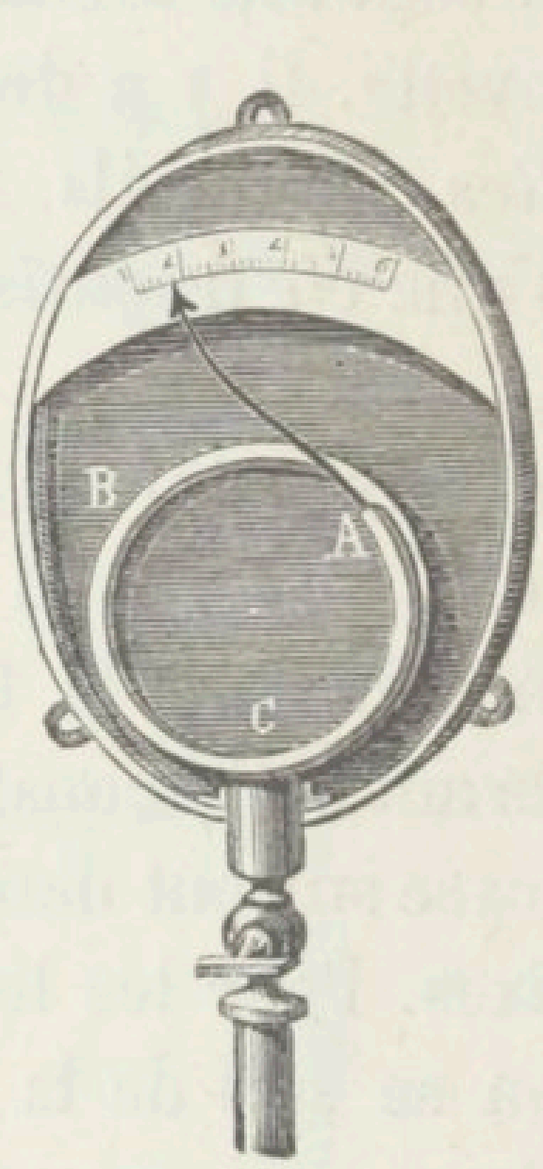


Fig. 54. — Manomètre métallique Bourdon.

miers temps on se servait de manomètres à mercure. mais aujourd'hui on ne voit plus, dans toutes les machines, que le manomètre métallique. Le manomètre à mercure était dit à air libre lorsque le tube était ouvert à son extrémité, et à air comprimé (fig. 53) lorsque l'extrémité en était fermée. Lorsqu'on mettait la vapeur de la chaudière en communication avec ce tube à moitié plein de mercure; elle soulevait le métal et d'après

sa hauteur on jugeait de la pression. Cette pression était calculée en atmosphères.

On sait ce que c'est qu'une *atmosphère*. C'est le poids d'une colonne d'air de *un centimètre carré* de base, environ 1 kilogramme 33 grammes. Si l'on dit

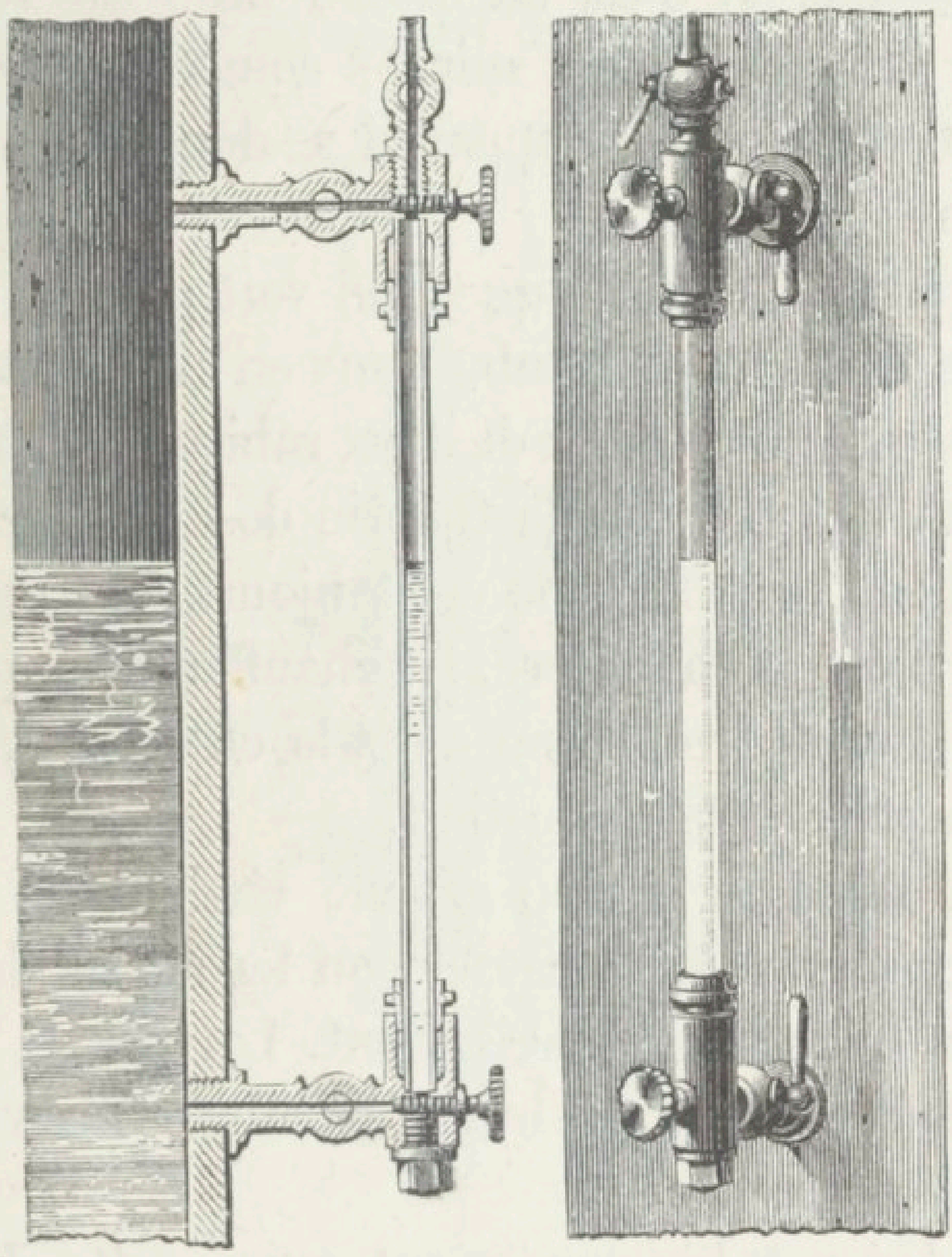


Fig. 55. — Tube de niveau d'eau.

qu'une machine marche à cinq atmosphères, la pression de la vapeur sur les parois intérieures du générateur est de cinq fois le poids de l'atmosphère ou de 6 kilogrammes 75 par centimètre carré de surface.

Les manomètres métalliques principalement usités sont ceux de MM. Bourdon (fig. 54), Ducomet et Desbordes. Dans ces systèmes, la vapeur arrivant par le

tuyau appuie sur un ressort communiquant avec une aiguille indicatrice. D'après l'effort exercé par la vapeur, le ressort cède plus ou moins et l'aiguille dévie dans le sens de la verticale.

M. Cailletet, savant chimiste, a construit un manomètre destiné à mesurer les fortes pressions de 100 à 500 atmosphères. C'est un mince tube de verre, très élastique et enroulé en spirale comme un ressort de montre. Cet ingénieux appareil a donné des résultats satisfaisants.

Un appareil de sûreté que l'on voit partout est le *niveau d'eau* (fig. 55). Un tube creux en cristal, serré entre deux presse-étoupes muni de deux robinets, est fixé sur la chaudière. Par suite de la théorie des vases communiquants, l'eau dans le tube est toujours à la même hauteur que dans la chaudière. Le chauffeur voit par là s'il y a trop peu ou trop d'eau dans la chaudière, et il alimente d'après cette indication.

Si, par suite de la trop grande chaleur de l'eau, le tube de cristal vient à casser, on ferme les deux robinets et on le remplace facilement. Lorsque la machine cesse de fonctionner, on ouvre le robinet de vidange et l'eau s'échappe.

Pour obvier à l'inconvénient qui résulte de la rupture du tube, un ingénieur français, M. Damourette, a inventé le porte-tube séparateur (fig. 56) perfectionnement de la clarinette de niveau d'eau.

Dans ce système, l'eau bouillante remplit un côté du gros tube de bronze, et la vapeur l'autre côté, de façon que lorsque les fluides arrivent dans le tube de cristal ils sont beaucoup refroidis, et dans aucun cas ne peuvent provoquer sa rupture Les robinets placés sur le

côté de la clarinette permettent de connaître à tout moment la hauteur de l'eau à l'intérieur du générateur.

A mesure que par l'action du feu, l'eau se vaporise, elle s'épuise et il faut la remplacer. Aussi est-il juste de dire quelques mots des principaux modes d'alimentation.

Le plus souvent on se sert des *pompes alimentaires*.

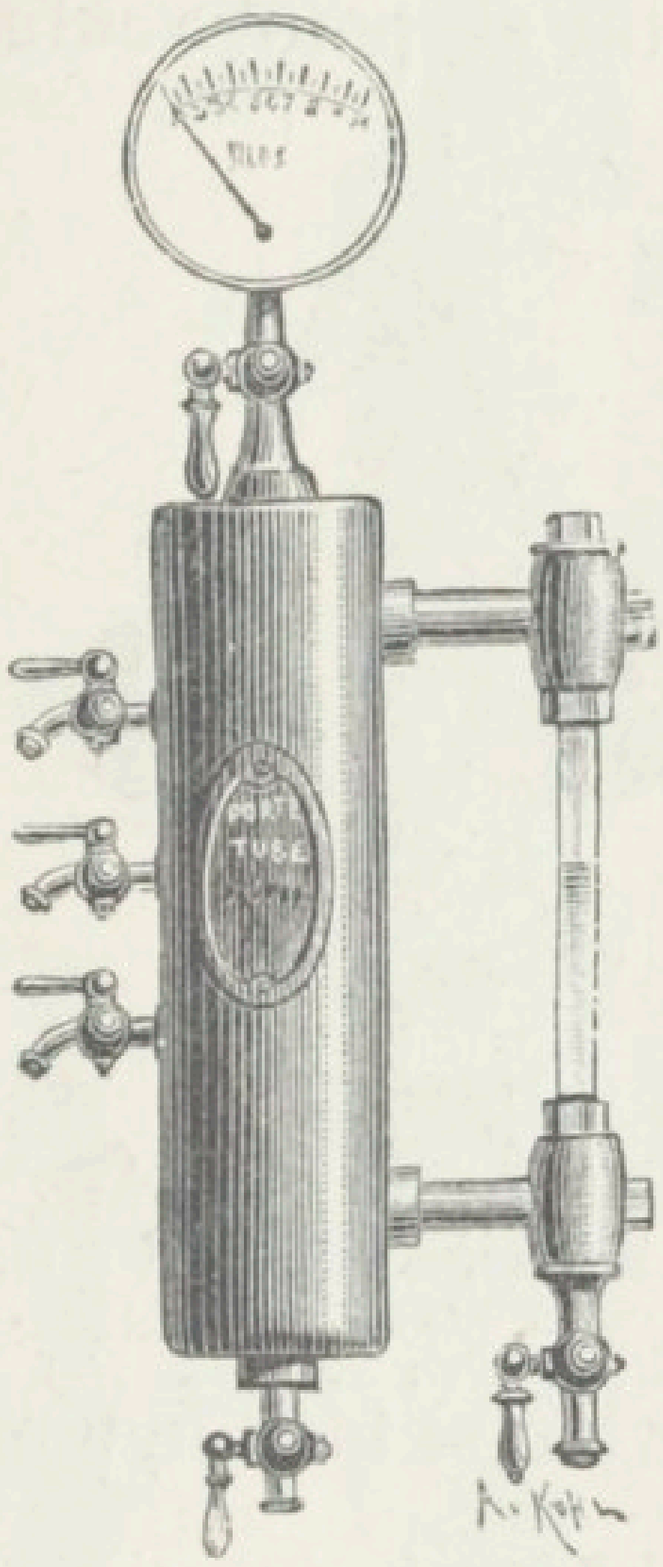


Fig. 56. — Porte-tube séparateur Damourette.

Ce sont de simples pompes aspirantes et foulantes aspirant l'eau du bac réchauffeur et la refoulant dans la chaudière malgré la pression intérieure de la vapeur. Les pompes alimentaires sont au nombre de deux, outre le Giffard, dans les locomotives. Dans les locomobiles et les machines fixes il y en a une seule, mise en action par la tige d'un excentrique monté sur l'arbre de couche.

Le robinet avec flotteur n'existe plus guère. Le jeu de cet appareil était fort bien imaginé. C'était un simple robinet placé à l'extrémité du tube d'amenée d'eau, et qui s'ouvrait et se fermait plus ou moins par l'action du flotteur, demi-sphère en zinc placée à la surface de l'eau. Lorsque le niveau du liquide baissait, le flotteur descendait et faisait ouvrir le robinet. Alors l'eau coulait, le niveau remontait, le flotteur avec lui; quand il était revenu au point voulu, le robinet se fer-

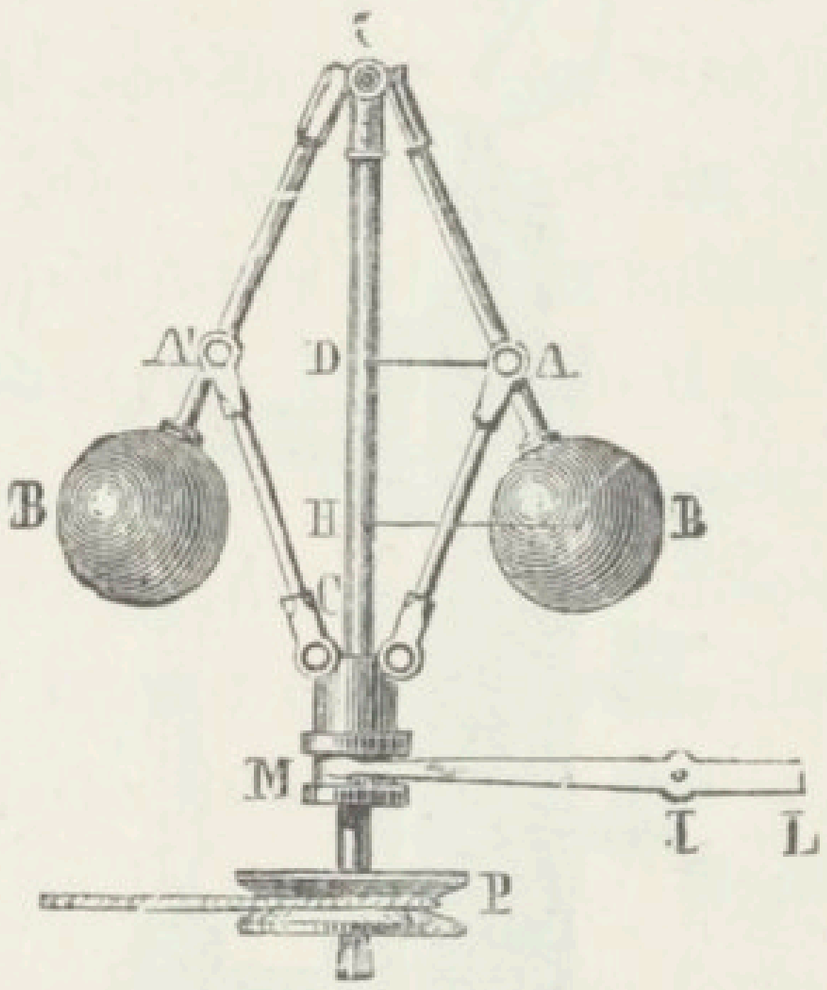


Fig. 57. — Modérateur de Watt à force centrifuge.

mait, et il en était ainsi tout le temps du travail de la machine.

L'alimentateur automatique de MM. Fromentin et Cie doit être aussi mentionné; il est ingénieusement combiné et son seul défaut est de ne guère pouvoir être employé que pour les fortes machines fixes ou marines. Il n'a pas la simplicité ni la marche agréable de l'injecteur. C'est là le seul reproche qu'on puisse faire à cet appareil pourtant fort utile dans un grand nombre de cas.

C'est à un savant ingénieur, M. Henri Giffard, que

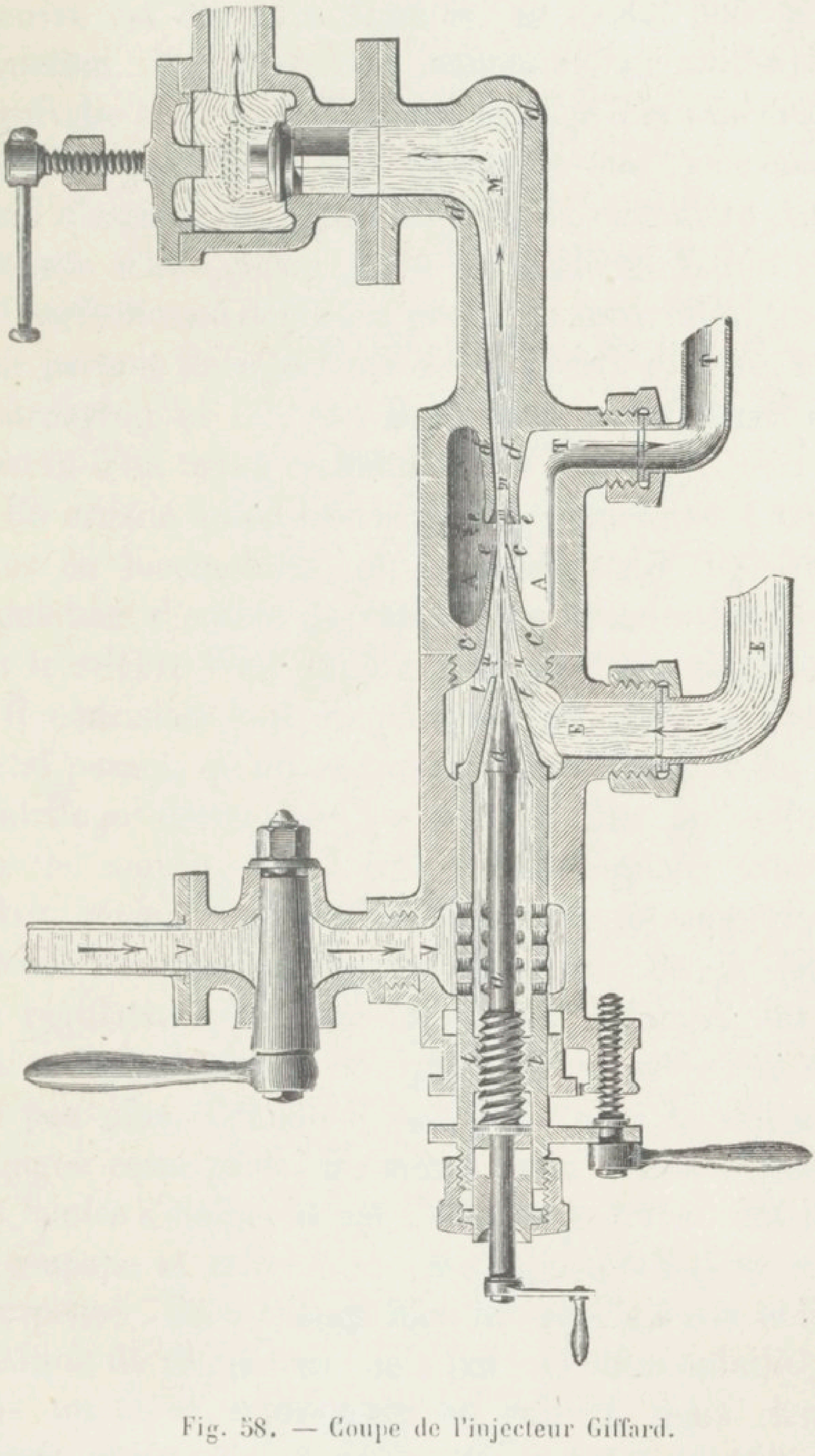


Fig. 58. — Coupe de l'injecteur Giffard.

la mécanique doit l'*injecteur* (fig. 58), dont la manœuvre est des plus simples, de même que la construction. Une tuyère se manœuvre au moyen d'une manivelle et lorsqu'elle donne passage à la vapeur, cette dernière produit un vide énergique que vient combler l'eau d'aspiration, pénétrant dans la chaudière par une soupape d'une construction particulière. L'injecteur a été perfectionné depuis sa première apparition. On peut voir partout les injecteurs Vabe, Koerting, Moret et Cie, Fourneyron et Cie, etc. Dans quelques systèmes il est pourvu d'un tuyau réchauffeur.

Un organe qu'on trouve dans les machines à vapeur, fixes ou locomobiles, est le *modérateur* (fig. 58) ou régulateur d'entrée de vapeur. Le premier fut inventé par le célèbre Watt qui le construisait très simplement.

Il consistait tout simplement en deux boules de métal pesant, qu'un engrenage faisait tourner. La force centrifuge développée les écartait plus ou moins et, par le moyen d'une tige, communiquant avec une valve, réglait l'entrée de la vapeur et empêchait la vitesse d'augmenter ou de diminuer. De là le nom de régulateur. Lorsque la vitesse diminue, les boules se rapprochent, la valve ou clapet s'entr'ouvre un peu plus. Comme il sort alors plus de vapeur, on regagne cette perte. De même si la vitesse s'accélère, les boules s'éloignent par l'effet de la force centrifuge, la soupape se referme et cette augmentation se trouve compensée. On a changé bien des fois la forme et la disposition du régulateur ; on a fait les boules aplaties, on a mis un lourd contrepoids au milieu, mais rien n'a donné la marche régulière du premier régulateur de Watt, à force centrifuge.

Pour prévenir les accidents lorsque l'eau manque dans la chaudière et que le mécanicien occupé ailleurs ne voit pas le danger, quelques usines emploient le *flotteur à sifflet d'alarme*. Dans cet appareil, lorsque l'eau baisse, le flotteur descend avec elle et débouche l'entrée du sifflet. La vapeur s'échappe aussitôt, et rencontrant le bord tranchant de la coupe supérieure, la fait vibrer avec un bruit aigu qui appelle aussitôt l'attention du chauffeur sur le manque d'eau.

Dans les machines dont nous allons étudier la construction, nous rencontrerons à chaque pas ces divers organes, arrangés différemment pour le meilleur rendement de travail et la plus grande économie de combustible. Il était donc nécessaire de connaître ces pièces une à une avant d'étudier l'ensemble de leur jeu.

V. LES MACHINES MODERNES

I. Machines horizontales

Les dispositions du mécanisme moteur dans les machines à vapeur, varient d'après la destination de chacune d'elles.

C'est ainsi que la disposition horizontale a été adoptée

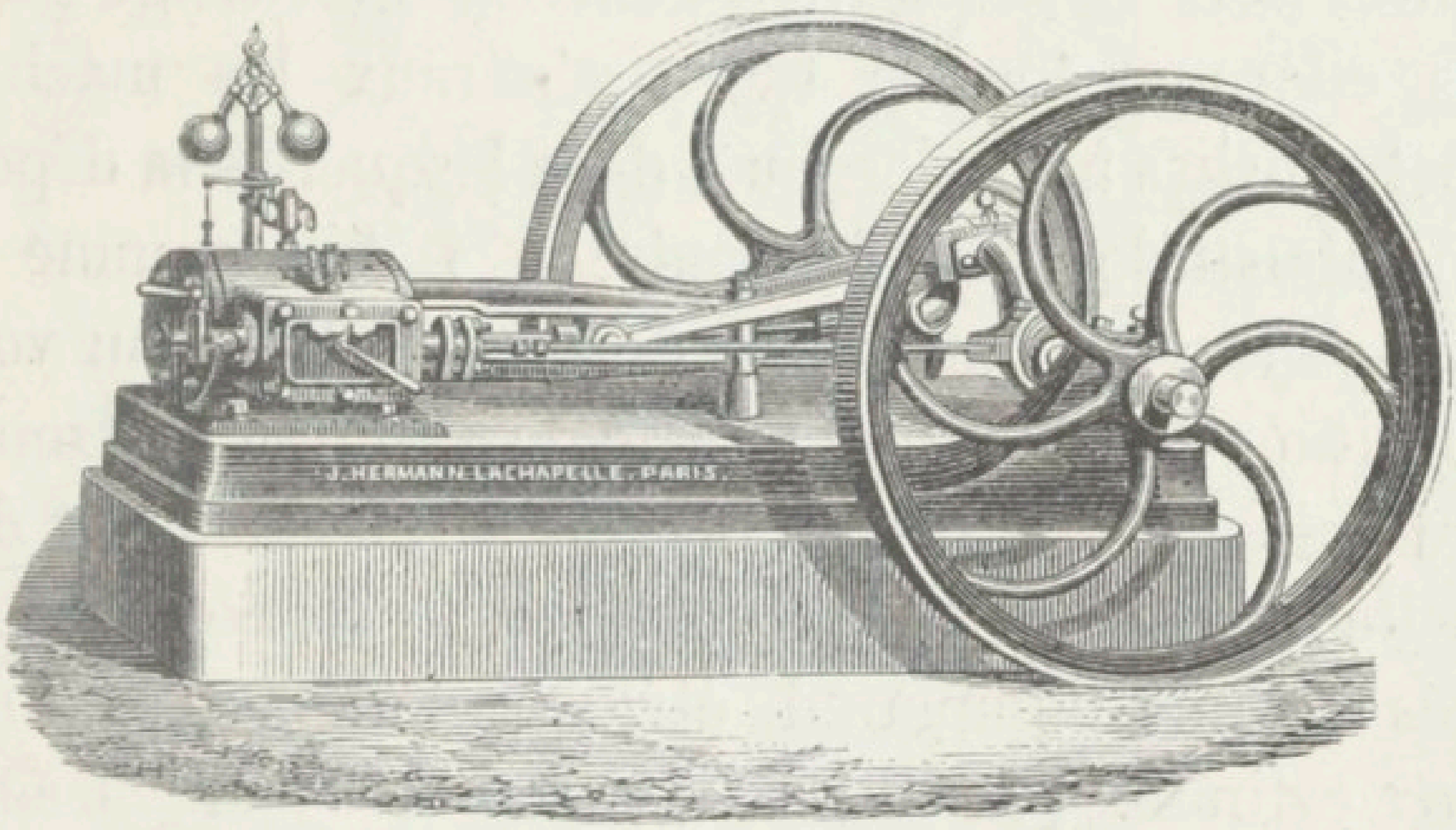


Fig. 59. — Machine horizontale à deux volants.

pour les machines fixes puissantes, celles d'usines importantes où la force à transmettre n'est pas moindre de deux cents chevaux-vapeur. Pour les petites industries, n'ayant besoin que de cinq à vingt-cinq chevaux on préfère la machine verticale. Pour les grandes vitesses

exigées par les ventilateurs, les pompes rotatives, essoreuses, etc., on se sert plutôt de la machine rotative. Enfin dans quelques cas particuliers, on a recours à d'autres dispositions spéciales, que nous étudierons au fur et à mesure.

Dans tous les systèmes où le moteur est horizontal, le générateur est à part. Le fluide arrive par un tube muni d'une valve d'introduction, au mécanisme moteur. Le tiroir agit horizontalement, le piston de même, le volant tourne et la transmission est directe. La forme d'une machine horizontale varie peu. Le socle en fonte est à jour quelquefois, plein et agrémenté de nervures le plus souvent. La valve se manœuvre dans quelques machines au moyen d'un petit volant et quelques-unes ont des condenseurs. Tous ces systèmes marchent avec détente. Mais la disposition générale ne change guère. Nous citerons comme types généraux les machines Farcot, Corliss à condenseur, dans lesquelles la dépense de combustible peut descendre à 1 kilogramme par cheval-vapeur et par heure de travail. On a pu voir à l'exposition de 1867, une variété de machine horizontale d'une puissance de 6 chevaux, du système May, et dans laquelle les principes qui ont fait le succès des machines marines Compound, étaient appliqués. Elle était à deux cylindres; la vapeur agissait directement sur le volant, en passant alternativement dans les deux cylindres, communiquant par un tuyau réchauffeur. Elle a été adoptée pendant quelque temps, mais la pratique n'ayant pas répondu, comme il arrive parfois, à la théorie, ce système a été entièrement rejeté, et c'est à peine si l'on en voit quelques rares spécimens chez les mécaniciens-constructeurs.

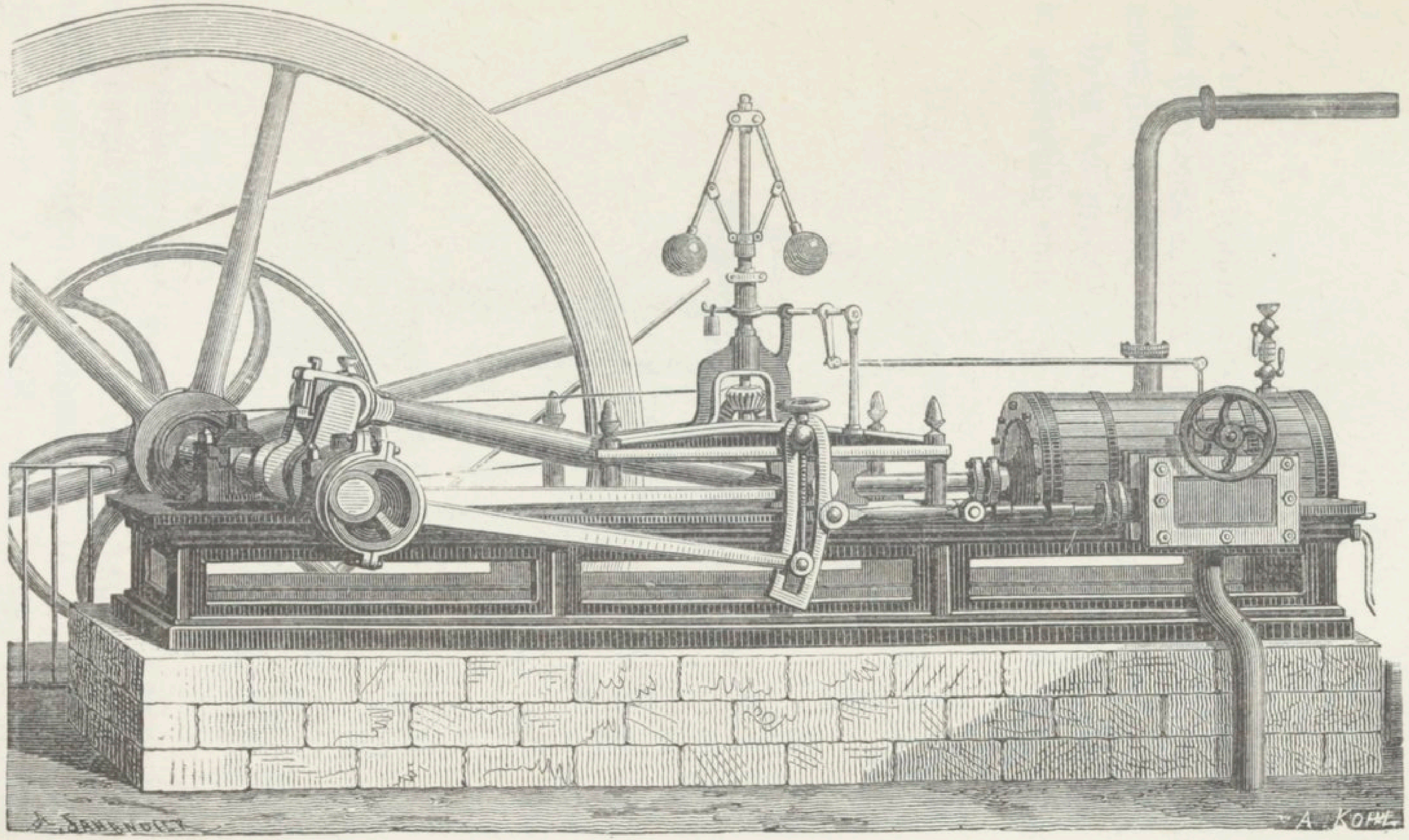


Fig. 69. — Machine à vapeur horizontale munie de la coulisse de Stephenson.

II. Machines verticales

C'est bien plutôt dans les moteurs à vapeur verticaux que les constructeurs ont varié les détails de l'agencement des diverses pièces les composant.

Dans les premières machines verticales construites, le générateur était à part et le mécanisme était monté

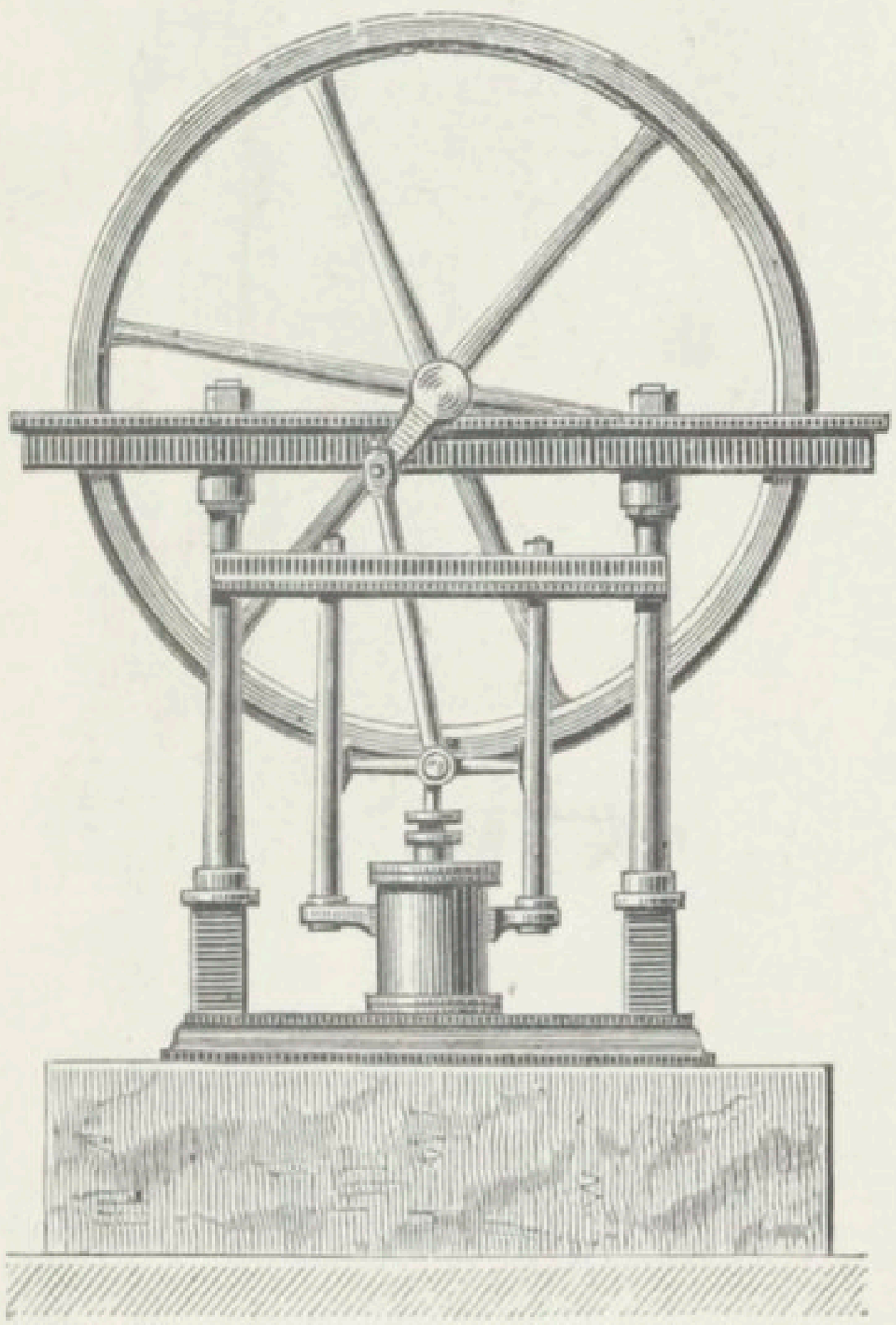


Fig. 61. — Machine verticale.

sur un socle de pierre de taille. Cette fâcheuse disposition qui séparait les deux parties de la machine a pu être abandonnée depuis et aujourd'hui le mécanisme moteur est réuni à la chaudière, parfois même fixé sur elle.

Les premières machines verticales furent importées

d'Angleterre où elles étaient construites par l'ingénieur Fairbairn. Sur le piédestal, en maçonnerie, sont fixées deux colonnes supportant l'entablement (fig. 61). L'arbre du volant est soutenu à ses extrémités par deux paliers dans lesquels il tourne. Le piston donne le mouvement directement au coude de l'arbre, au moyen de la tige

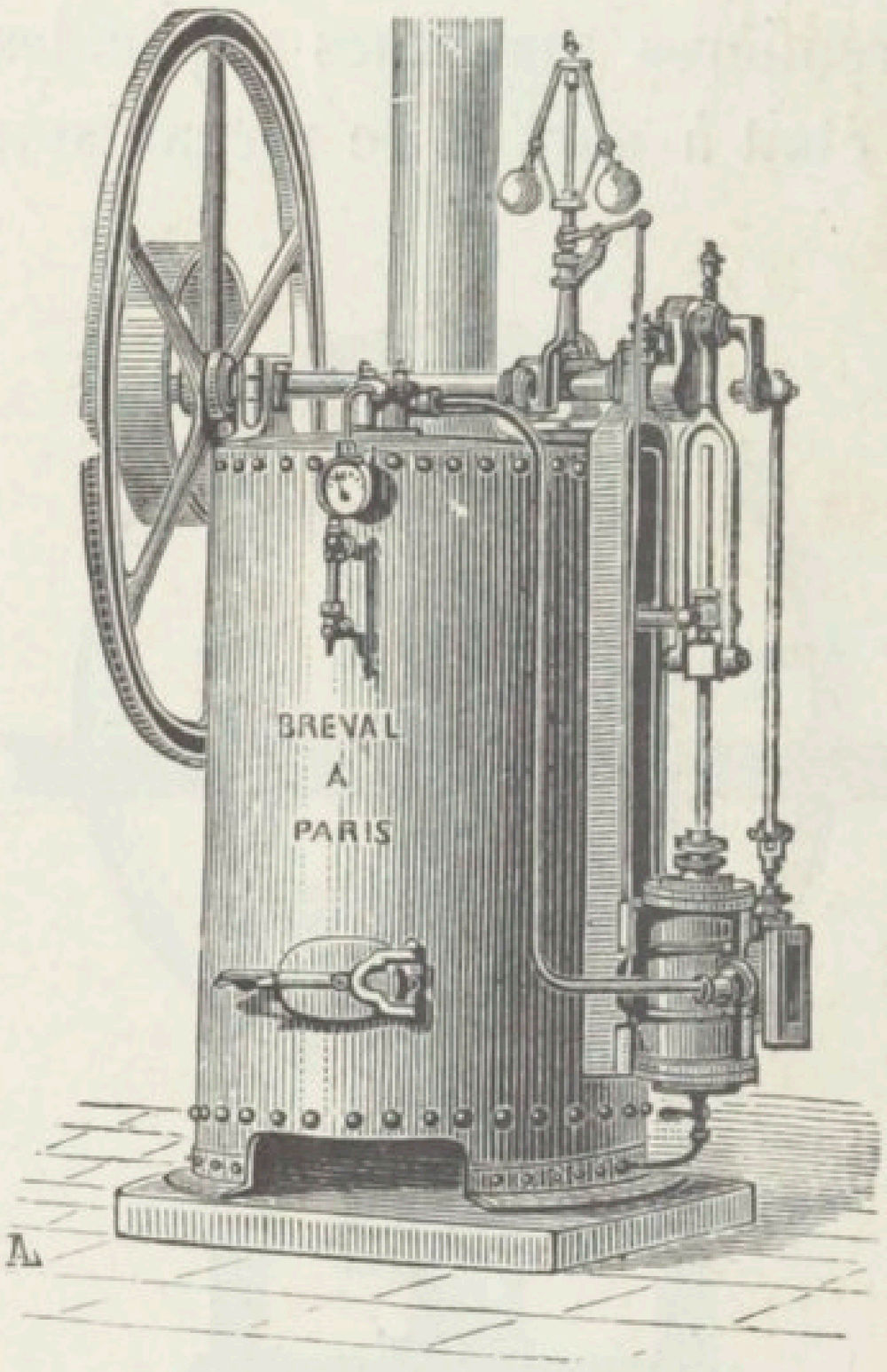


Fig. 62. — Machine Bréval.

articulée. Le modérateur à boules reçoit son mouvement de deux engrenages d'angle et agit sur la tige communiquant avec la valve d'entrée de vapeur. Ces machines admettent la détente variable. Leur seul inconvénient est d'être séparées du générateur, et de causer des pertes de fluide dans le tuyau d'amenée de vapeur.

Dans les machines verticales actuelles, systèmes Her-

mann-Lachapelle, Bréval (fig. 62), Beaume, le cylindre, avec son tiroir, les paliers, le régulateur à force centri-

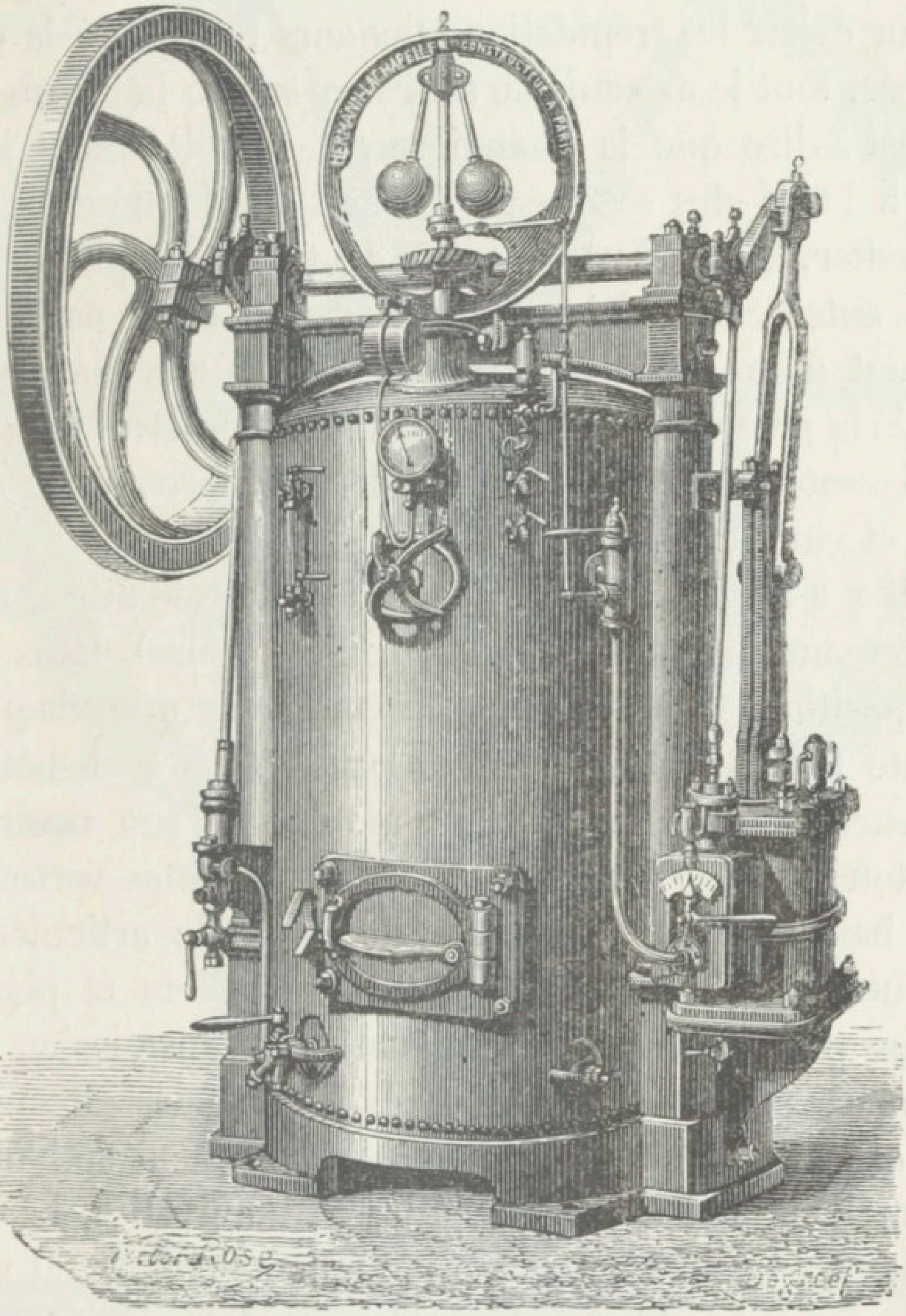


Fig. 63. — Machine verticale de Hermann-Lachapelle.

fuge, le volant sont placés sur le corps même de la chaudière.

Les dispositions générales varient peu, sauf dans quelques-unes, celles de MM. Moret et Broquet et Chau-

dré, où le mécanisme de transmission est placé sur le socle de fonte qui supporte le générateur.

Dans la machine de M. Hermann-Lachapelle (fig. 63), pour éviter les trépidations toujours funestes à la chaudière, tout le mécanisme se trouve sur un bâti isolateur. C'est-à-dire que la chaudière est complètement isolée et à l'abri des secousses. Ce bâti qui l'entoure sans la toucher, est en fonte, ce sont deux simples piliers avec un entablement faisant corps avec le socle par conséquent d'une rigidité parfaite. C'est sur ce bâti qu'est fixée la pompe d'alimentation. On ne construit jamais de puissantes machines verticales, leur force varie entre un et vingt-cinq chevaux, jamais plus.

Il y a aussi le type de machine verticale dite *à pilon* (Hermann-Lachapelle et Cie, constructeurs). Dans cette disposition, la chaudière est montée sur une plaque de fonte formant assise. Sur sa paroi, sans socle-bâti-isolateur, est fixé le cylindre moteur et son tiroir. Le piston joue, à l'inverse des autres machines verticales, de haut en bas, et la tête de la bielle articulée est montée à pivot sur un petit volant plein et plat, en acier poli. L'arbre et le volant de transmission sont supportés par deux paliers fixés sur l'assise elle-même, ce qui permet de transmettre le mouvement de haut en bas. Comme il n'y a ni coudes ni manivelles, le mouvement du volant est exceptionnellement doux et régulier, ce qui est absolument nécessaire pour le bon fonctionnement de plusieurs appareils.

La disposition verticale à pilon est utile, parce que c'est une machine essentiellement mobile, transportable et portative. Elle se boulonne instantanément à son arrivée à l'atelier où elle doit travailler.

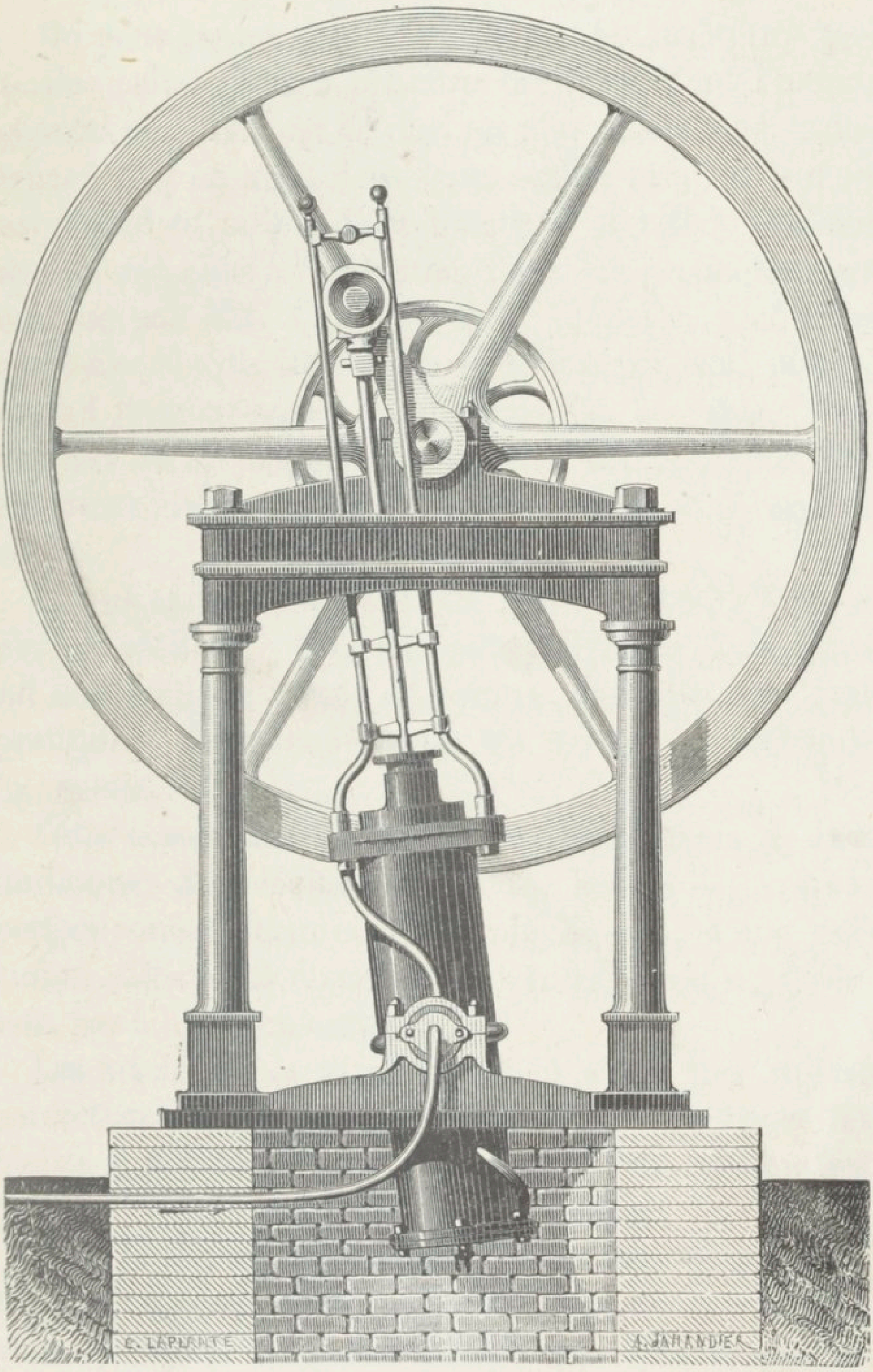


Fig. 64. — Machine à cylindre oscillant Cavé.

On peut ranger dans la catégorie des machines verticales celles dites à cylindre oscillant, dont l'usage, général en 1840, est de plus en plus abandonné maintenant. Il y en avait deux types; celles oscillant sur un axe placé au milieu de la longueur et celles oscillant sur un axe situé à l'extrémité. Dans les premières construites par MM. Cavé (fig. 64), Tamisier, Kientzy et Stolz fils, le cylindre, retenu au milieu par deux pivots, suivait le mouvement de la manivelle. La vapeur arrivait par un de ces pivots et agissait sur le piston. Ces machines étaient toutes à détente variable et à condensation.

Les secondes, des systèmes Fèvre, Leloup, Frey et Farcot, oscillent à leur extrémité inférieure. Leur pivot est une sorte de rotule sphérique, dans laquelle sont pratiquées deux lumières par où arrive et s'échappe la vapeur.

Cette construction a été perfectionnée, mais au lieu de donner des résultats meilleurs, les rotules ensuite perfectionnées devinrent trop compliquées, d'une exécution difficile et d'une usure rapide. Aussi ne tarda-t-on pas à les abandonner.

Les machines oscillantes étaient alors très utiles, permettant, comme elles le faisaient, de supprimer les bielles et le balancier. La transmission était absolument directe, c'était là leur principal avantage.

Dans la marine, on emploie quelquefois les machines oscillantes Compound, autre variété, mais ce n'est que dans quelques cas peu fréquents que leur emploi se présente.

Pour la navigation on commence à adopter les machines à pilon. Le cylindre est disposé verticalement,

et le piston transmet son mouvement au moyen d'une tige-bielle, qui manœuvre entre deux glissières, à la manivelle de l'arbre. Les bateaux de la Seine, à un seul cylindre moteur, sont du système à pilon. Dans la marine marchande les machines à pilon sont assez répandues, grâce à leur peu de volume qui permet de les caser dans le milieu du navire.

Elles diffèrent des machines verticales également dites à pilon, en ce qu'elles ne font pas corps avec leur chaudière. Cette dernière est à distance et envoie sa vapeur au cylindre par un tuyau d'amenée de fluide muni d'un robinet. Le cylindre et le tiroir sont soutenus par deux montants de fonte, dont les parties intérieures servent de glissières à la tige du piston, laquelle est munie d'une crosse.

La tête de la bielle est montée à pivot sur le bouton de la manivelle et communique directement son mouvement à l'arbre de l'hélice.

On voit aussi des machines doubles à pilons, surtout quand les roues à palettes sont le moyen de propulsion adopté; seulement, elles sont plus rares que les premières.

Comme on le voit, la disposition verticale a engendré bien des variétés de machines. Aussi trouve-t-on plus de machines verticales de petite puissance, que de machines horizontales. Cela tient au peu de dépense de consommation de ce genre de moteurs et aussi à leur emploi facile, ainsi qu'à leur marche toujours sûre et régulière.

III. Machines rotatives.

Les machines rotatives, tout à fait différentes des autres, comme marche et construction, sont basées sur la puissance de la vapeur à haute tension. Plus la pression de cette dernière est forte et plus la vitesse de la machine est grande.

La première idée des machines rotatives à vapeur est due à M. Pecqueur, mécanicien français. Perfectionnées ensuite, les machines de MM. Uhler fils, Behrens, Braconier, ont donné d'excellents résultats pratiques quoique leur emploi ne se soit répandu que dans quelques branches de l'industrie.

En France, après M. Pecqueur, ce sont MM. Péron, constructeur mécanicien, Bisschop et Rennie, Gray, et enfin M. Galy-Cazalat qui ont imaginé les meilleures machines rotatives.

La construction de ces différents appareils diffèrent naturellement un peu. La machine de M. Gray est dite à *plateau* et celle de MM. Bisschop et Rennie machine à disque (*disc-engine*).

Prenant pour exemple la plus simple des machines rotatives, la machine de M. Uhler fils (fig. 62), nous allons expliquer la marche de ces sortes de moteurs :

Sur l'arbre tournant est claveté un tambour circulaire monté excentriquement; le seul point de sa circonférence où il touche le bord du cylindre intérieur, est percé d'un tube qui sert d'issue à la vapeur. A chaque révolution du tambour, la soupape est soulevée; une certaine quantité de vapeur, entre, en rai-

son même de son expansibilité, produit son effet utile en poussant le tambour qui accomplit une demi-révolution, puis elle termine son effet en poussant celui-ci à fin de course par sa détente successive. A ce moment l'issue d'échappement est ouverte et la vapeur, complétement détendue, s'échappe à l'extérieur. Peu après la soupape se relève, une nouvelle quantité de fluide s'introduit et contribue à la continuité du mouvement.

La machine de M. Behrens, dont nous donnons la reproduction (fig. 65), est double. Elle possède deux tambours découpés et dont la marche est différente de la précédente, un volant, qui sert en même temps de poulie de transmission, un modérateur-régulateur à boules et quelques appareils spéciaux. On l'a surtout accouplée avec une pompe rotative dont la construction est absolument semblable à la sienne. Cette application a eu le plus grand succès en Amérique.

A vrai dire le moteur hydraulique Dufort est une machine rotative. La vapeur appuie sur les ailettes et, par sa pression, les fait tourner. Dans les systèmes de MM. Pecqueur, Uhler, etc., cette pression s'exerce sur un tambour excentré, claveté sur l'arbre tournant.

Un grand inconvénient de ces sortes de machines est leur usure relativement plus rapide que celle qui a lieu dans toute autre disposition. A chaque révolution du tambour, les soupapes sont soulevées; lorsque la vitesse est de 1,500 tours à la minute, le frottement devient presque continu, les parties s'échauffent et, si l'on n'a pas soin de lubrifier constamment le tambour, les soupapes s'échauffent, se grippent, se déforment, et l'usure est excessivement rapide.

Il existe aussi une sorte de machines se rapprochant

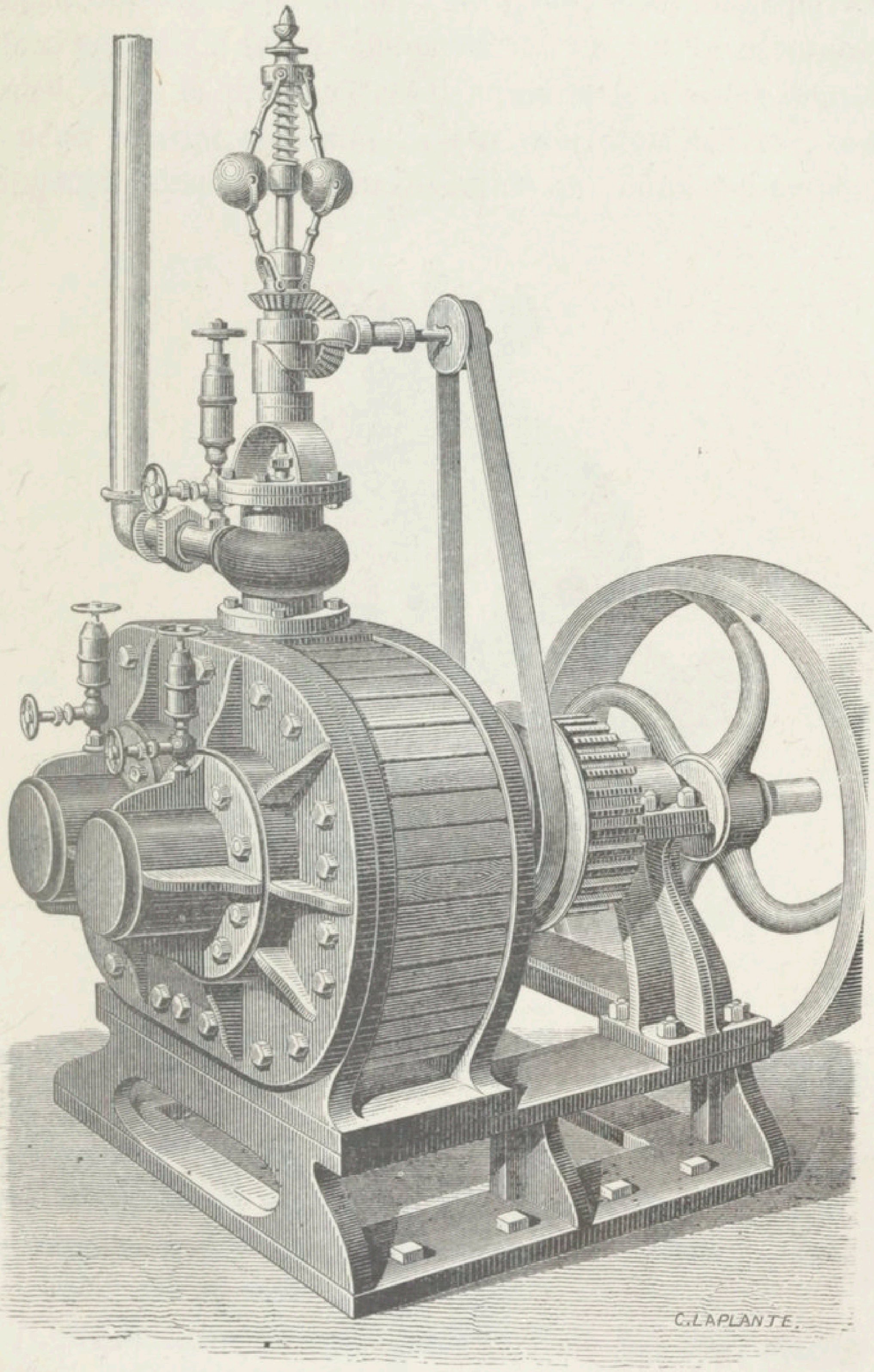


Fig. 65. — Machine à vapeur rotative de M. Behrens.

beaucoup des précédentes; elles sont dites à *cylindres tournants*. Ce fut M. Romancé qui en eut la première idée. Mais la première qu'il construisit n'ayant donné aucun résultat pratique, vu son exécution délicate, cet ingénieur abandonna son invention qui, convenablement

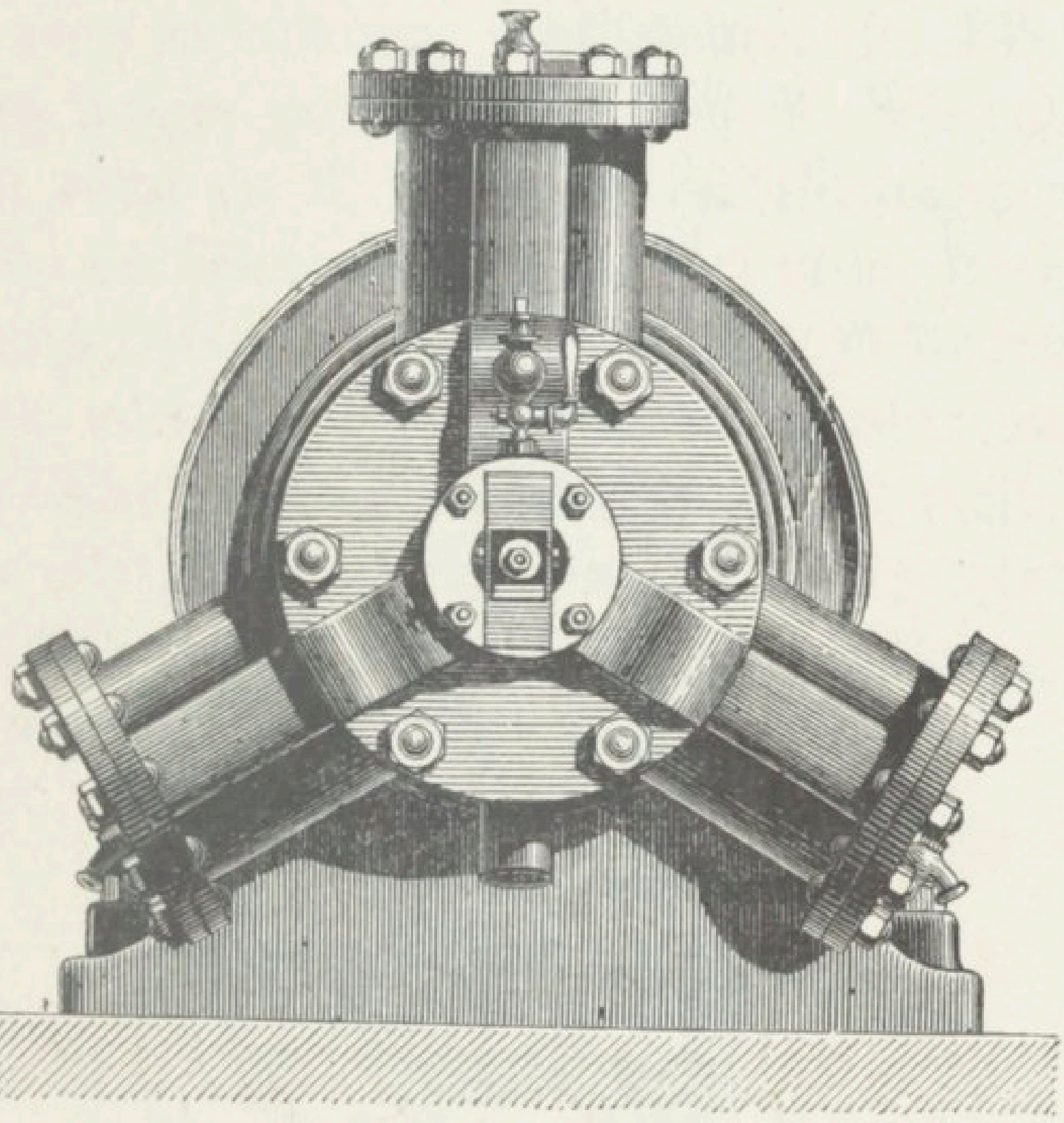


Fig. 66. — Machine Broterhood.

appliquée, aurait pu rendre quelques services en certains cas.

Quelques années après, M. Broterhood, s'appuyant sur ces premiers essais, inventa une machine à pistons, se rapprochant beaucoup d'une machine rotative, sans en avoir les inconvénients.

Cette machine a trois cylindres (voir fig. 66), placés à des angles de 120 degrés les uns des autres et en communication avec une chambre centrale. Les tiges

de piston servent de bielles et sont attachées toutes trois sur le bouton de manivelle, dont l'extrémité est fixée sur un disque servant de tiroir. Les ouvertures d'introduction et d'échappement de ce tiroir sont, par suite de ce mouvement de rotation, mises successivement en communication avec les conduits de vapeur de

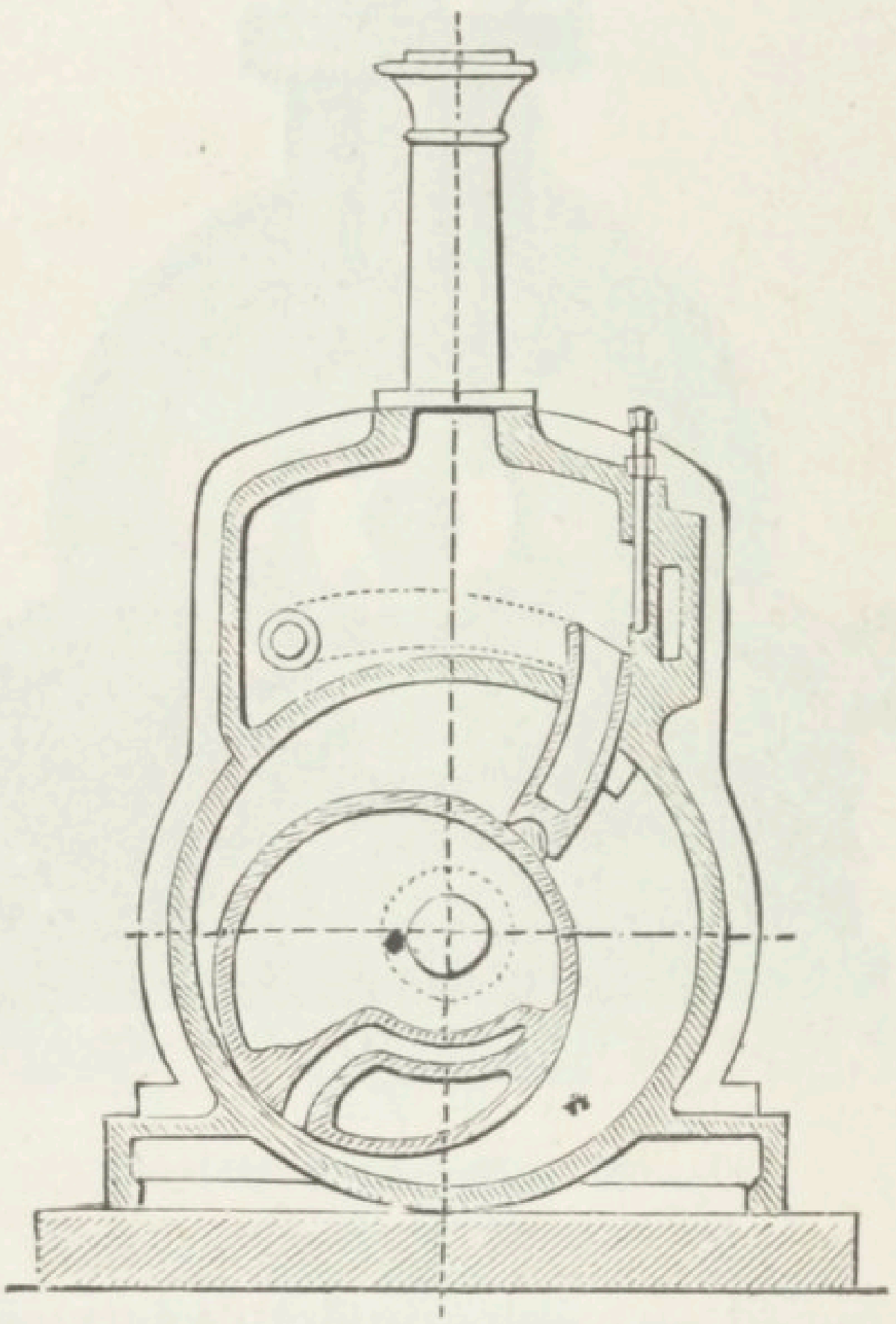


Fig. 67. — Machine rotative Uhler.

chacun des cylindres. C'est d'après cette disposition si simple qu'est construite la machine.

Lorsque ce système est bien équilibré, la vitesse peut atteindre 2000 tours par minute; seulement, les vibrations sont si intenses qu'elles produisent un son prolongé pendant la marche. La puissance de ces ma-

hines, pour un petit volume, est très considérable. eur avantage porte sur la suppression absolue de tout rgane embarrassant : volant, balancier, bielle, modéra- ur, etc.

C'est la plus simple des machines à pistons et celle ui permet le mieux les grandes vitesses.

En Angleterre on l'a appliquée aux essoreuses, pompes otatives, scies circulaires, ventilateurs, etc. Elle sert ix mêmes usages que le système de M. Behrens aux tats-Unis, celui de M. Uhler fils en Allemagne et de . Taverdon en Belgique. Elle est fort utile, lorsqu'on ut obtenir à faible prix et sans embarras de fondations, s grandes vitesses, toujours fort coûteuses dans les tres dispositions, et en même temps d'une réelle éco- mie, car elle admet facilement la détente, avantage e ne possède aucune machine rotative. C'est ce qui stifie sa propagation rapide à l'étranger.

VI. MOTEURS A FAIBLE PUISSANCE

Moteurs domestiques.

Pendant longtemps la petite industrie demeura dé-
pourvue de tout moteur remplissant le triple but proposé :
petite force, faible poids, prix mimine. Aussi beaucoup
de constructeurs se sont-ils efforcés de perfectionner
dans ce sens la machine à vapeur, sans pourtant arriver
aux résultats économiques atteints ces dernières années
par les moteurs à gaz.

M. Isoard, ingénieur français, est le premier qui ait
eu l'idée de substituer un tube roulé en serpentin aux
chaudières et générateurs tubulaires.

Ce tube contient l'eau à vaporiser. L'alimentation se
fait au moyen d'une pompe foulante, lançant une cer-
taine quantité d'eau, rigoureusement mesurée, et qui
se vaporise presque instantanément, le tube étant direc-
tement exposé à la chaleur du foyer.

De la chaudière cette vapeur surchauffée et à haute
tension passe dans le cylindre moteur, disposé vertica-
lement et jouant de haut en bas, contrairement à l'usage
ordinaire. Le foyer, dans ce système, était du coke brû-
lant sur une grille en fer. Les moteurs qui vinrent après
furent chauffés au gaz, ce qui était déjà un progrès.

Le grand avantage du générateur de M. Isoard était l'immense surface de chauffe placée sous l'action des flammes et la prodigieuse pression de la vapeur ainsi obtenue.

Ainsi, sans que la marche du mécanisme moteur en fût troublée, la pression a pu être amenée jusqu'à 50 atmosphères 50 kilogrammes par centimètre carré de surface; seule la vitesse de rotation fut augmentée

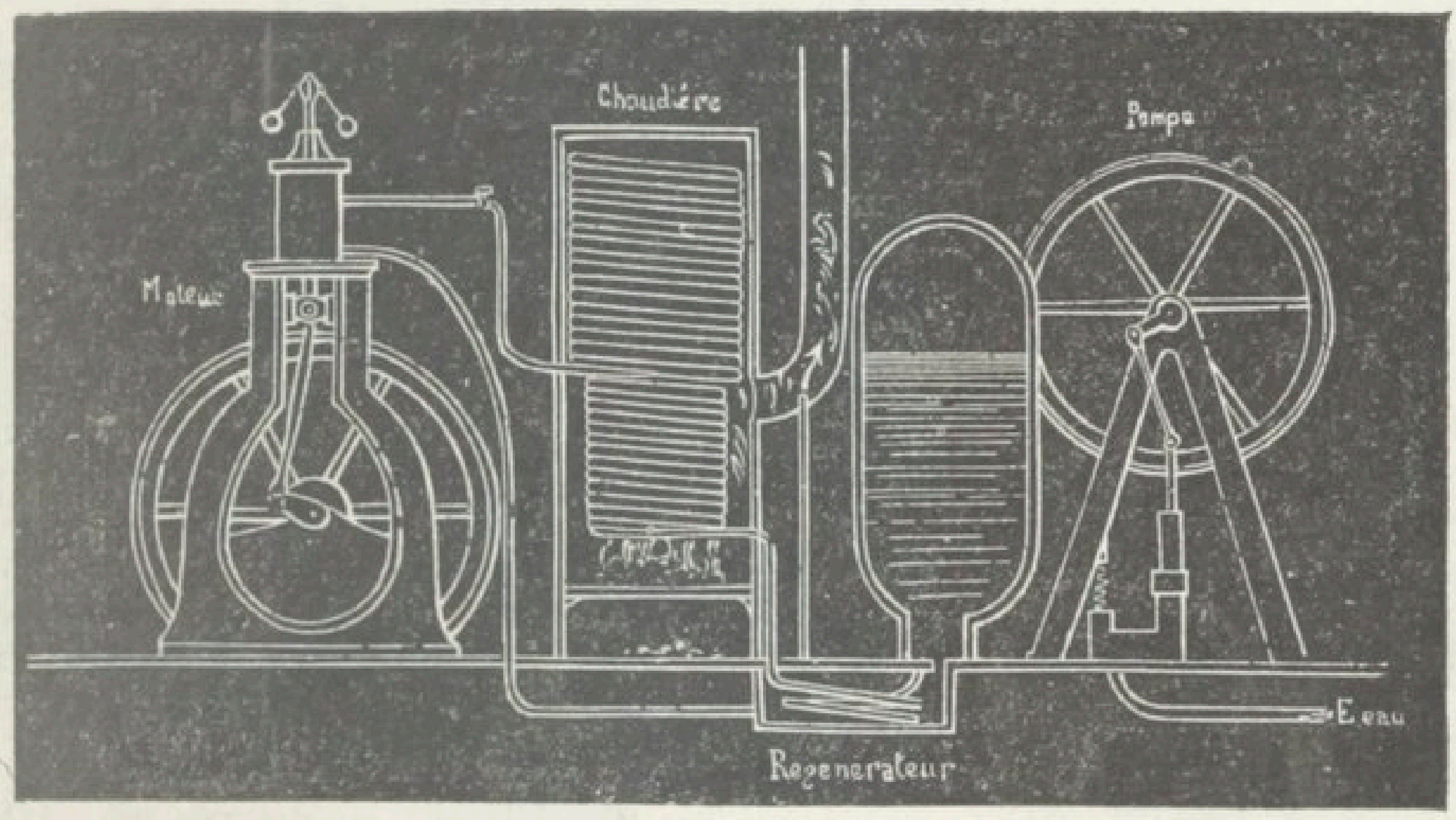


Fig. 68. — Diagramme du moteur Tyson.

jusqu'au triple du nombre de tours ordinairement faits dans le même temps.

Dans les machines à vapeur simples, on ne saurait dépasser une certaine pression sous peine de voir éclater la chaudière, ce qui peut causer des catastrophes épouvantables. Dans le générateur Isoard, ces accidents perdent beaucoup de leur importance, car, en admettant que le serpentin se rompe sous l'excès de la pression, l'effet serait insignifiant, la vapeur étant en très petite quantité dans le tube. Ce fait, d'ailleurs, ne se pourrait produire que dans un cas

exceptionnel, par suite de la mauvaise qualité du métal; la section, l'épaisseur du tube étant calculée pour résister à une pression de 70 atmosphères.

Après l'inventeur français, M. Tyson a imaginé un petit moteur chauffé aux huiles minérales et dont les

Fig. 69. — Moteur Tyson faisant manœuvrer un *punkhas* ou ventilateur.

organes sont fort ingénieusement disposés. Le tube dans lequel l'eau se trouve vaporisée, enroulé deux fois sur lui-même est en cuivre, d'une longueur totale de 150 mètres et de 0 15 millimètres de diamètre. Le cylindre moteur est du type oscillant, c'est-à-dire qu'il

est monté sur deux pivots. L'un est en acier et en cône tronqué, l'autre est le tube d'arrivée de vapeur. La transmission se fait donc directement sans balancier ni bielles; la tige du piston seule sert de guide (fig. 68).

Toutes les pièces composant ce petit moteur étant légères, quoique solides, son poids est faible relativement à sa puissance. Il pèse 17 kilos, sa force dynamométrique est de 2 kilogrammètres 3 par seconde, effort plus que suffisant pour actionner des machines à coudre, et des *punkhas* ou ventilateurs (fig. 69).

Puisque nous parlons de *kilogrammètre*, nous saisissons l'occasion qui nous vient d'expliquer ce que ce terme signifie.

Le *kilogrammètre* est, en mécanique, l'unité de travail, comme la *calorie* est l'unité de chaleur. Produire un effort de 1 kilogrammètre, c'est soulever en une seconde, un kilogramme de 1 mètre de hauteur. Pour déterminer la puissance d'un moteur, on se sert du terme cheval-vapeur qui veut dire, force de 75 kilogrammètres par seconde. Une machine de 10 chevaux dépense donc par seconde de temps 750 kilogrammètres, ce qui correspond à l'effort à déployer pour enlever 750 kilos à 1 mètre ou 75 kilos à 10 mètres. Le cheval-vapeur est le point de départ pour compter la puissance. Il n'a aucun rapport avec le cheval vivant dont la force n'est que de 40 kilogrammètres en moyenne.

Le moteur Tyson, est d'une force de 1/25 de cheval-vapeur. C'est peu, mais suffisant pour son travail.

MM. Moret et Broquet, constructeurs parisiens, ont changé radicalement dans leur machine verticale, le mécanisme moteur (voir fig. 70). Il est d'abord placé

sur le socle de fonte sur lequel repose la chaudière. Cette disposition permet d'éviter les trépidations à cette dernière, ce qui prévient les dislocations de la tôle. La chaudière n'offre rien de remarquable; il n'y a que les pistons, dont la structure est toute différente de celle des pistons ordinaires. Ils sont dits conjugués.

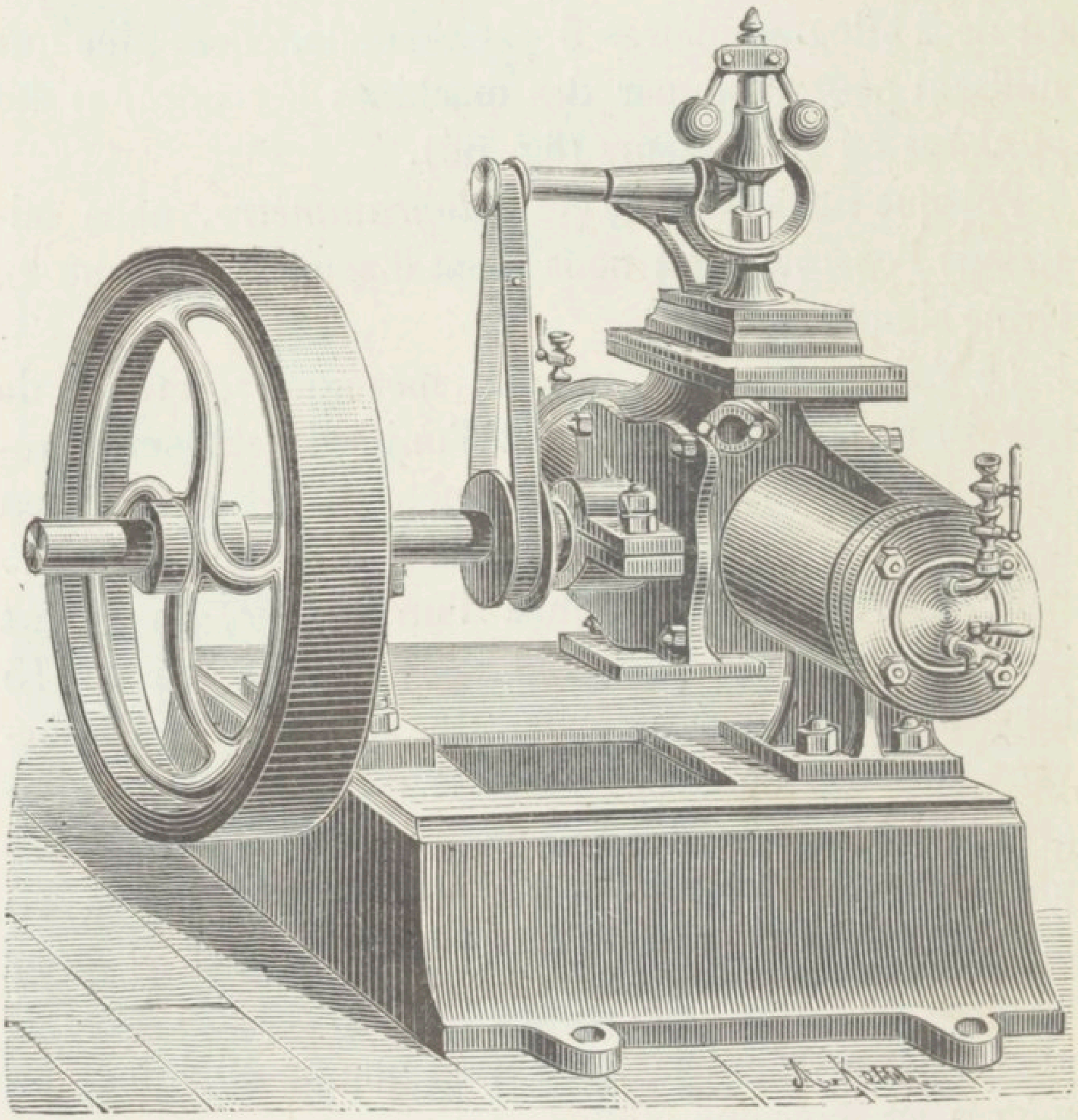


Fig. 70. — Moteur *rationnel*.

Leur mouvement se transmet directement à l'arbre coudé du volant. La marche de ce moteur, *Rationnel* comme disent les inventeurs, est fort douce, sans chocs, voulons-nous dire. Son chauffage est le coke, différent

en cela du moteur Tyson dont le foyer est une lampe à pétrole ou à essence.

Si le moteur Tyson est chauffé aux huiles minérales, pétrole, gazoline, soléine, le moteur Jullien a un avantage, celui d'être chauffé au gaz d'éclairage. Pour sa marche on établit un tuyau de caoutchouc sur un robinet, on allume le gaz et cinq minutes après il est en pression. Il ne contient que 250 grammes d'eau, laquelle à mesure que la vaporisation s'opère, est remplacée par le jeu d'un injecteur spécial à la machine. Ce système de chauffage est plus économique que la houille. Tout en dépensant une force d'un 1/2 à un cheval-vapeur, le moteur Jullien ne consomme que 15 à 1800 litres de gaz par heure. Il est moins sujet aussi, que les machines à vapeur ordinaires, à s'encrasser. Il donne peu de fumée, sa marche est silencieuse, le bruit de crachement produit par l'échappement de la vapeur est beaucoup atténué, son volume est minime, enfin toutes ces causes réunies assurent à ce moteur, un grand succès chez les industriels. M. Berthier, l'un des concessionnaires du brevet, fonde, avec juste raison, beaucoup d'espoir sur ce nouveau système.

MM. Mignon et Rouart constructeurs, fabriquant le moteur à gaz Bisschop, possèdent aussi un type de petit moteur qu'ils ont nommé *moteur domestique* (M. H. Fontaine, inventeur). C'est une chaudière à bouilleurs intérieurs, cylindrique et montée sur trois pieds. Ses constructeurs se sont efforcés de la rendre inexplosible, en l'entourant d'une épaisse chemise en bois retenue par de forts cercles de cuivre. Le mécanisme de transmission, presque imperceptible, est fixé sur le *ciel* ou partie supérieure de la chaudière. Il se

compose d'un piston avec cylindre oscillant, d'une petite roue pleine servant de volant et de poulie; la tige du piston est fixé directement sur l'arbre tournant. Comme autres dispositions, ce système n'offre rien de particulier.

Deux autres personnes, MM. Abel Pifre et Mouchot, ont tenté une curieuse expérience : l'utilisation des

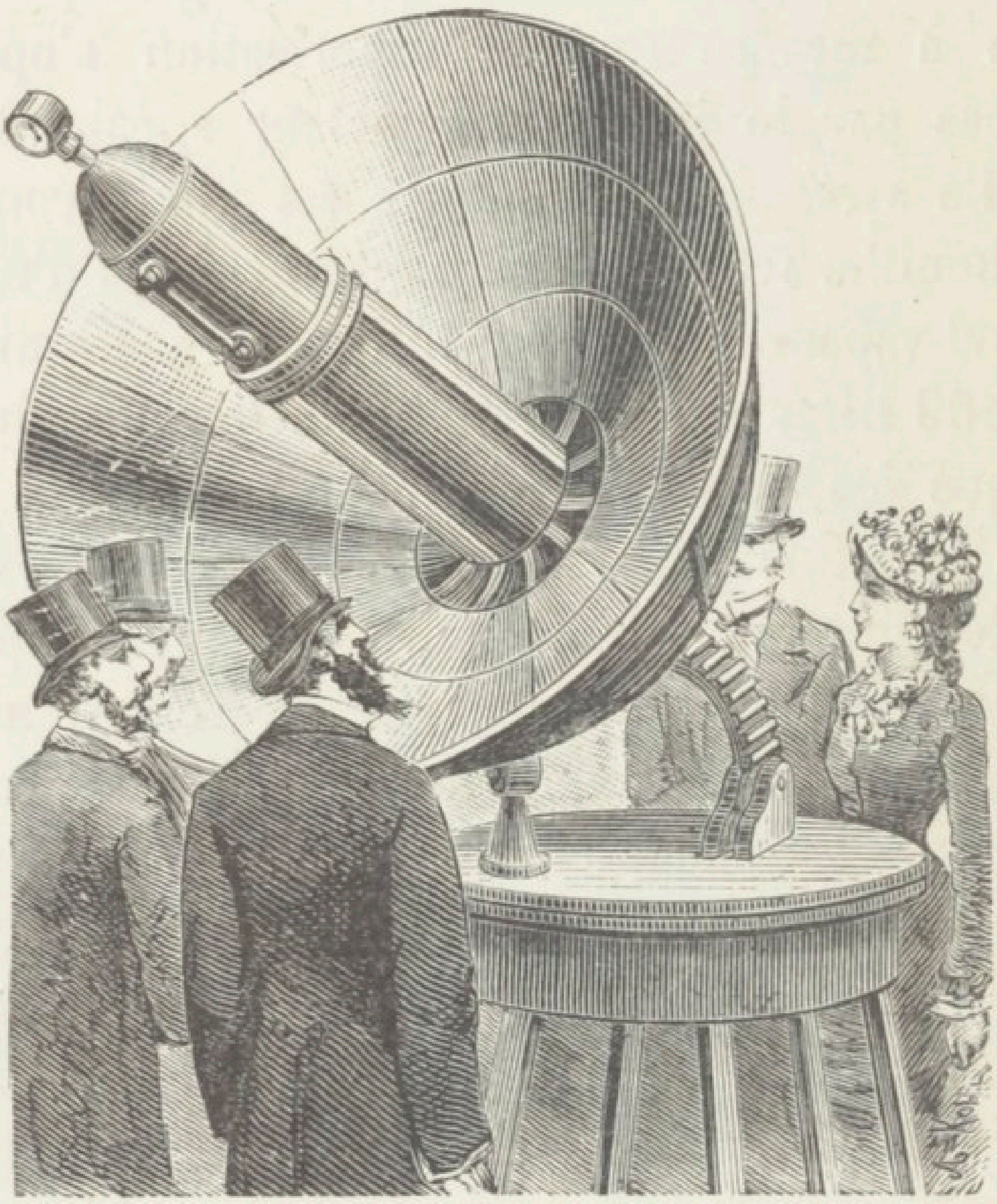


Fig. 71. — Chaudière Pifre et Mouchot.

rayons calorifiques du soleil pour le chauffage des machines. Voici la description de leur curieux appareil, lequel se trouve dans la salle des machines au Conservatoire des arts et métiers.

Qu'on se figure un vaste réflecteur parabolique,

extrêmement poli, monté sur un pied mobile, en fonte. Au centre, de manière que le milieu se trouve à la hauteur du foyer de la parabole, est fixée une chaudière à vapeur verticale (fig. 71). Lorsque le soleil brille, la chaleur de ses rayons se concentre au foyer, comme au foyer d'une lentille et échauffe l'eau qui ne tarde pas à bouillir et à se vaporiser. Le mécanisme moteur étant placé sur le côté, si l'on ouvre le robinet de communication, le volant se met aussitôt à tourner. Cet appareil est curieux, mais l'application du soleil comme foyer est impossible en grand. On comprend facilement les inconvénients multiples qui en résulteraient. Comment régler cette chaleur? Comment construire un réflecteur assez grand pour chauffer une machine de 200 chevaux par exemple? De plus, comme le soleil est caché en moyenne deux jours sur quatre, il faudrait chômer pendant son absence et l'on juge de la perturbation qu'un tel état de choses jetterait dans les affaires. Jusqu'à ce que les houillères soient épuisées, chauffons nos machines avec du charbon, leur conduite n'en sera que plus facile, et alors quand il nous manquera..... Mais d'ici là, il faut l'espérer, la vapeur sera remplacée soit par l'électricité, soit par un autre fluide n'exigeant pas de chaleur pour développer sa puissance.

VII. COMMENT ON CONDUIT UNE MACHINE A VAPEUR

En dehors des ingénieurs et des personnes qui ont fait de la mécanique la base de leurs études ou le but de leurs travaux, il est rare de trouver quelqu'un capable seulement d'expliquer comment marche une machine à vapeur. Nous allons donc nous efforcer de décrire, le plus clairement qu'il nous sera possible, ce qu'il faut faire pour mettre en pression et conduire un de ces moteurs de la manière la plus régulière et la plus propre à éviter les accidents, produits par le manque d'expérience des conducteurs, chose qui n'arrive, hélas! que trop souvent.

Supposons un instant que nous ayons à diriger une locomotive Crampton (fig. 72).

Sitôt qu'une machine a terminé sa course, elle arrive au remisage. Là, le chauffeur visite les essieux et les boîtes à graisse, fait jouer les tiroirs et les nettoie, huile la coulisse de Stephenson, les robinets et les godets graisseurs, décrasse les tiges des pompes, et s'assure du bon fonctionnement de toutes ces pièces. Ensuite il vide la chaudière, secoue les grilles et le cendrier, enlève la porte de la boîte à fumée; puis, armé d'une longue tige de fer munie à un bout d'un tampon de drap et à l'autre d'une brosse comme un écouvillon,

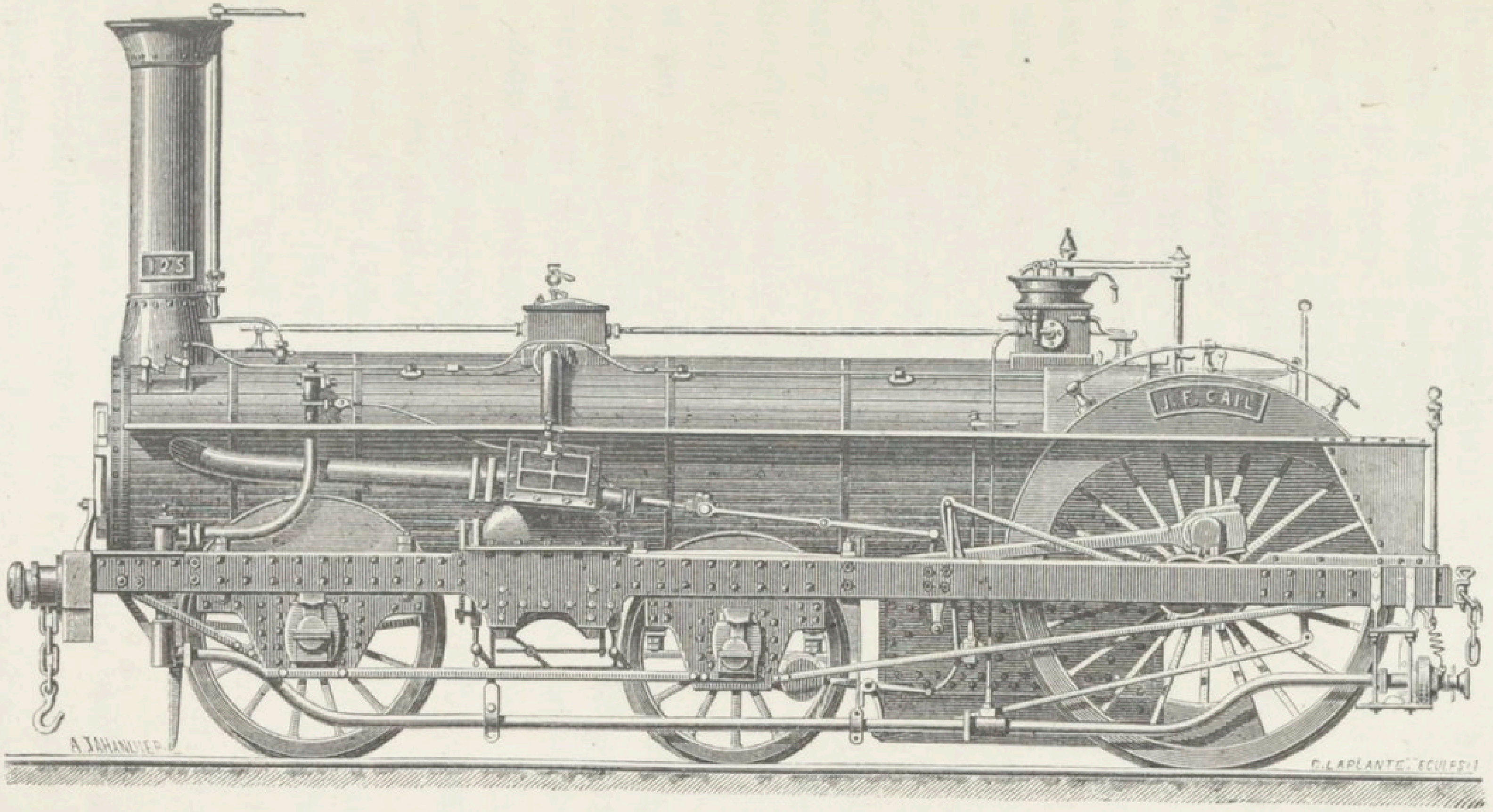


Fig. 72. — Locomotive Crampton.

il l'enfonce dans les tubes et les nettoie facilement. Il brosse et balaie également la boîte à fumée, la cheminée et toutes les parties susceptibles de retenir la suie et la crasse. Enfin il repolit les cuivreries noircies par le voyage et redonne à son coursier de fer le brillant de la nouveauté; maintenant sa machine est prête à être chauffée.

Le train se forme sous la ferme vitrée de la gare, le mécanicien arrive, passe une minutieuse inspection des pistons, freins, tiroirs, pompes et monte enfin avec son aide sur la plate-forme. Suivons-les, si vous le désirez.

Le tender, chargé d'énormes *briquettes* de houille et sa *caisse* remplie d'eau, est accroché derrière la locomotive. Dans le foyer de celle-ci le feu est prêt. Un brandon de paille y est jeté et l'on entend bientôt le ronflement du brasier dont la combustion s'active.

Alors, le chauffeur remplit la chaudière de l'eau qui arrive par le tuyau de cuir vissé sur la prise du quai. Bientôt le tube de niveau d'eau indique le point où l'alimentation doit cesser. Le robinet est alors fermé et le chauffeur entasse les mottes de charbon dans le foyer; le tirage augmente. Le *capuchon* de la cheminée est ouvert en plein et le feu gronde.

Au bout d'un certain temps, d'une heure environ, l'eau bouillonne dans le tube de niveau; l'ébullition commence, peu après l'aiguille du manomètre tremble, oscille et marque 1, 2, 3, 7, 9 atmosphères, la machine est en pression, il faut partir.

Lorsque la pression s'élève, les soupapes fuient, alors le mécanicien les assujettit et les règle de manière à ce qu'elles jouent facilement à la pression qu'il serait dangereux de dépasser. Le chauffeur desserre les freins,

allume le fanal placé à l'avant de la locomotive et prépare les longerons et chaînes d'attelage.

Le signal est donné, un coup de sifflet se fait entendre, le mécanicien appuie sur le levier du régulateur et ouvre l'issue des cylindres où la vapeur se précipite. En même temps, il ôte le volant de changement de marche du point mort, le fixe sur la marche en avant et enfin règle l'intensité du tirage.

La vapeur se précipite par les tiroirs entr'ouverts, le piston commence son mouvement de va-et-vient, les roues tournent, et nous avançons, d'abord lentement, mais de plus en plus rapidement, à mesure que le mécanicien ouvre le régulateur.

Comme il pourrait se trouver quelques ordures et de l'huile dans le cylindre, ce dernier ouvre, au moyen d'une tringle, les *robinets purgeurs* des cylindres, et la vapeur qui vient de pousser le piston au lieu de s'échapper par la cheminée, s'enfuit par ces robinets avec un bruit assourdissant. C'est de ces issues que s'échappe la vapeur, dont le tapage étonne tant de personnes.

Mais nous arrivons à l'aiguille, le mécanicien ferme le régulateur, et entraînés par la vitesse acquise, nous dépassons le croisement. L'aiguilleur a abaissé son levier, le rail mobile a fait un mouvement imperceptible. Nous pouvons passer.

Le volant de changement de marche est alors manœuvré par le mécanicien, les tiroirs changent de position, la coulisse intervertit le mouvement des excentriques et le régulateur est rouvert.

Nous voilà repartis marche en arrière ; nous arrivions de la gauche et nous retournons à droite. La marche s'accélère et nous entrons dans la gare où le train rempli

de voyageurs nous attend. C'est le train rapide et nous sommes sur la locomotive l'*Escaut* qui va nous emporter vers les régions du Nord.

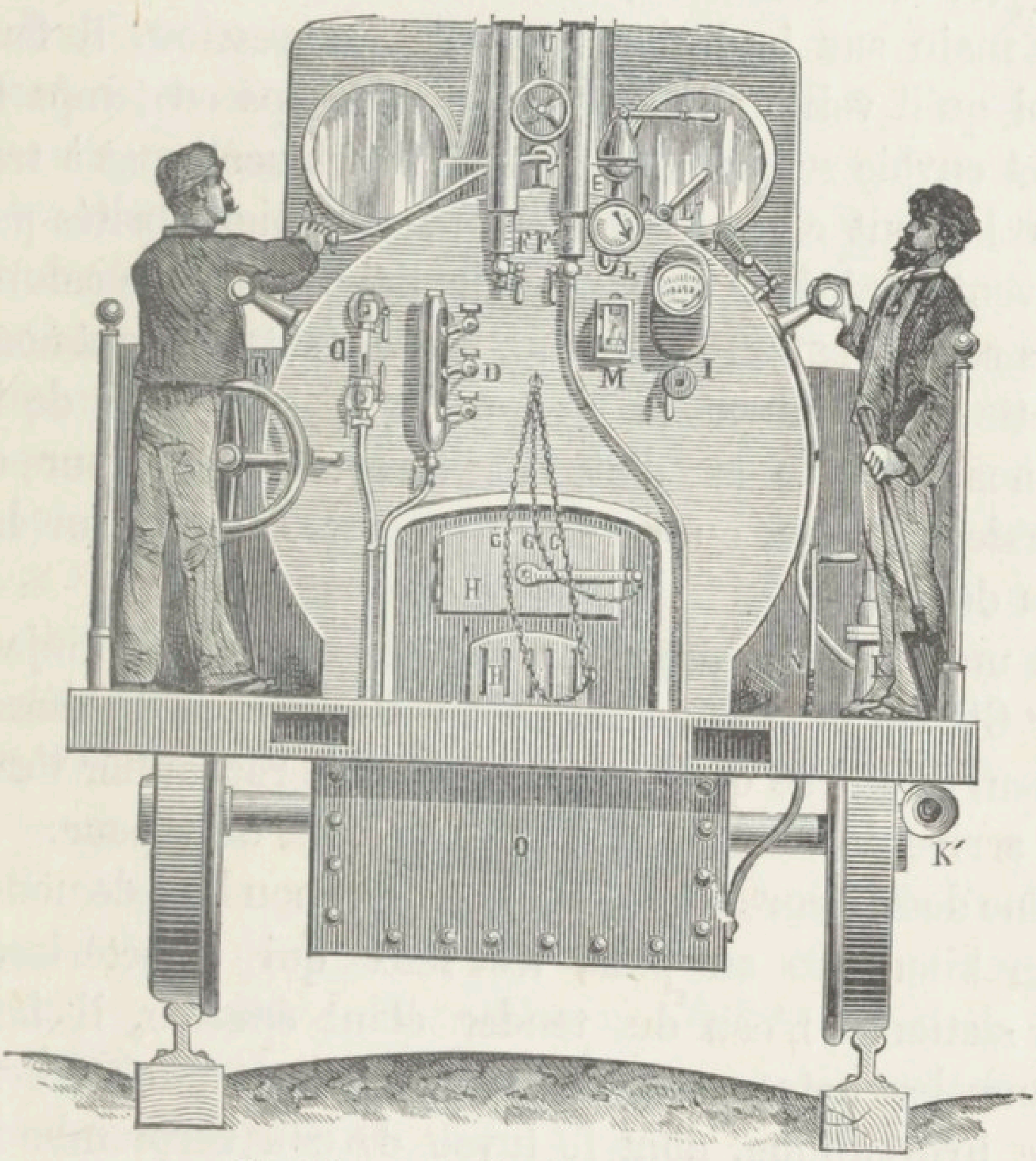


Fig. 73. — Arrière d'une locomotive.
Type des chemins de fer d'Orléans.

A. Levier du régulateur d'introduction de vapeur. — B. Volant de distribution de vapeur et de changement de marche. — C. Tube de niveau d'eau. — D. Robinets d'épreuve ou de jauge avec la clarinette. — E. Sifflet d'alarme. — F F' .Soupapes-balances. — G G' G''. Chaînes d'ouverture des portes du foyer H H'. — I. Manomètre. — J. Petit volant pour le réchauffeur de l'eau du tender. — K. Injecteur Giffard K' crépine d'aspiration K'' tuyau de refoulement. — L. Manomètre indiquant le vide. — L'. Manette de la sablière — M. Lanterne. — N. Tige-crémaillère manœuvrant les grilles du foyer O. — O. Dôme des soupapes. — Z. Tablier préservateur de la colonne d'air.

Bientôt la cloche sonne, et le sifflet du chef de gare, auquel celui de la locomotive répond, retentit. Les

freins sont desserrés, le volant remis sur la marche en avant et le régulateur ouvert. On part, la vitesse s'accroît et arrive à son point normal. Le chauffeur charge le foyer, le mécanicien, l'œil fixé sur le manomètre et une main sur le levier surveille la pression. Il faut aussi qu'il veille aux signaux et de temps en temps le sifflet envoie ses sons prolongés et mélancoliques à travers la nuit claire. Quant à nous, quoiqu'abrités par l'auvent vitré de la colonne d'air, l'air, en réalité calme, nous semble emporté avec une vitesse fantastique et nous fouette bruyamment le visage. O sublime poésie de la science, que tu as d'attraits, lorsque, monté sur ce coursier de feu, on se sent emporté comme sur les ailes du vent!...

A mesure que l'eau de la chaudière s'épuise, l'injecteur Giffard la renouvelle. Ceci est l'ouvrage du mécanicien, de même qu'il lui appartient de réchauffer l'eau qui arrive du tender, avec un simple jet de vapeur.

Une demi-heure après, apparaissent non loin de nous, à un kilomètre au plus, les feux qui caractérisent les stations. L'eau du tender étant épuisée, il faut renouveler notre provision, et pour cela atteindre la grue hydraulique, dont le tuyau de cuir surplombe la voie.

Voici le disque-signal avec sa lumière blanche; nous sommes à 800 mètres de la gare et il est temps de faire agir les sabots des freins. Deux coups de sifflets brefs retentissent; le chauffeur visse le volant, les sabots de fer maintiennent les roues et ralentissent la vitesse du train. Un coup de sifflet, les sabots se desserrent, mais la machine va dépasser la grue.... Le mécanicien alors appuie sur le levier du frein à vide, le manomètre à

vide marque 80, 30, 50, 20 centièmes d'atmosphère et le tender s'arrête juste sous le tuyau.... Relevant la manette, l'air rentre et l'action du frein cesse instantanément.

Pendant que les voyageurs changent de voiture, montent ou descendent des wagons, la boîte du tender se remplit d'eau, le chauffeur tisonne le feu, et le mécanicien ne manque pas de descendre pour vérifier l'état et le dégré d'échauffement des pièces, graisser le système de changement de marche, la coulisse de Stephenson et son contrepoids, le collier des excentriques, la tête des bielles, renouveler l'huile des godets et des graisseurs à boules. Enfin, il descend dans la tranchée pratiquée entre les rails pour resserrer, au moyen de la clef anglaise les boulons et écrous qui auraient pu se dévisser pendant le trajet par suite des trépidations de la machine. Il vérifie enfin l'état des boîtes à graisse et des tubes à feu.

Ce travail a pris cinq minutes, la boîte du tender est pleine, la pression est au maximum et les soupapes fuient avec fracas.... Le sifflet du chef de train se fait entendre, le mécanicien y répond, et en même temps, il ouvre le régulateur.

Les roues, légèrement grasses, glissent, patinent sur les rails. Aussitôt le chauffeur y remédie; il ouvre, au moyen d'une longue tringle, le robinet de la sablière. C'est une sorte de marmite, placée sur le corps cylindrique de la chaudière, et remplie de grès. Deux tubes conduisent ce grès jusqu'à la circonférence extérieure des roues motrices et provoque leur adhérence sur le rail par suite de sa résistance. Mais lorsque la machine marche en arrière il est impossible de remédier au

patinage des roues; le grès tombe en avant et se perd inutilement.

La vitesse du train s'accélère bientôt; la vapeur revient à sa tension normale et les soupapes cessent de bruire.

Mais qu'y a-t-il? Un accident est-il arrivé? Que signifie la lanterne rouge du disque qui se présente de face à la voie et le cantonnier qui court vers nous en agitant sa lanterne au bout de son bras tendu. Ceci a sans doute une signification, car le mécanicien ferme précipitamment le régulateur, tourne le volant de changement de marche et fait entendre un coup de sifflet sec. A ce signal, les freins sont serrés, les roues patinent et au bout d'un instant, deux cents mètres après le disque d'alarme, le train est arrêté. Alors, pour éviter une surproduction de vapeur dangereuse, les robinets d'échappement sont ouverts en grand et le fluide s'échappe avec bruit.

Le chauffeur est descendu, l'obstacle qui se trouvait sur la voie est enlevé, et, après cinq minutes d'arrêt, nous reprenons notre course.

Les stations succèdent aux stations. Nous passons sous un tunnel, nous traversons un pont-viaduc, on est harassé, la machine seule souffle toujours avec la même énergie. Heureusement, voici la gare; nous sommes arrivés. Les heurtoirs qui sont devant nous semblent nous dire : Vous n'irez pas plus loin.

Mais les manœuvres ne sont pas terminées; la locomotive et son tender sont détachés du train et placés sur une plaque tournante. Nous faisons un demi-tour et nous nous retrouvons sur une autre ligne. Marche en avant! nous repartons et cinq cents mètres au delà de

la gare nous nous arrêtons. Alors le mécanicien saisit la poignée qui retient les grilles et la tire à lui; elles basculent et le charbon, encore tout brûlant, tombe dans une tranchée, pratiquée à cet effet entre les rails. Tous les robinets sont ensuite ouverts, l'eau bouillante et la vapeur s'échappent avec fracas, l'aiguille du manomètre revient à 0 et le tube de niveau se vide. C'en est fait, le voyage est terminé, la locomotive va retourner au remisage pour reprendre demain son service accoutumé; le chauffeur et le mécanicien s'éloignent pour goûter un repos justement gagné et nous partons avec regret, mais émerveillés de la marche de la machine qui nous a conduits en quelques heures de Paris à Boulogne.

VIII. DES EXPLOSIONS

On vient de voir comment on conduit une locomotive ; une machine fixe ou un bateau à vapeur se conduit de même ; seulement, dans l'une il y a un condenseur et dans l'autre, le volant de changement de marche est remplacé par une tige d'embrayage.

Lorsqu'une machine est en pression, que l'eau est à la hauteur voulue, que le feu est également blanc partout et que le tirage se fait bien, il y a donc deux règles qu'il ne faut pas enfreindre. D'abord, pour une raison d'économie et de sécurité, il faut ne charger le foyer qu'à intervalles mesurés, de manière à maintenir constamment la pression au même degré. Ensuite — chose également importante — il faut que l'alimentation soit régulière ; trop peu de liquide dans la chaudière pouvant provoquer une explosion et trop nuisant à la production de vapeur.

Une chose à observer, lorsque l'on conduit pour la première fois une machine à vapeur, est de n'ouvrir que petit à petit et non tout d'un coup le régulateur. En procédant autrement, on risquerait de voir les mouvements du piston s'accélérer d'une façon anormale, ce qui peut occasionner la rupture ou tout au moins la torsion de la bielle et de l'arbre de couche.

En maintenant avec un bon feu, toujours égal, et en alimentant lorsque le niveau de l'eau descend, il est rare qu'un accident se produise. C'est presque toujours à l'oubli de ces principes que l'on doit les désastres qui détruisent une usine et sèment la mort et la désolation.

Car l'explosion d'une machine à vapeur, de quelque manière qu'elle se produise, n'est due qu'à ces deux causes, isolées ou réunies. Le feu devient trop vif, la pression monte trop rapidement, un surcroît de vapeur se forme, la tôle trop mince pour résister se déchire, et projette ses éclats meurtriers à une grande distance. Ou bien c'est l'eau qui baisse, l'alimentation ne se faisant pas, les tôles rougissent et se déforment. Si un courant d'eau froide arrive sur ces parois rougies, une surproduction de vapeur considérable est formée en un moment et, avant que les soupapes aient joué, crève la tôle et s'échappe au dehors. Malheur à ceux qui se trouvent près de là, l'eau bouillante et la vapeur brûlent et mutilent affreusement!

Quelquefois aussi l'explosion d'une chaudière dépend d'une autre cause. Ce sont les soupapes trop chargées, ou qui ne peuvent jouer. « Le mécanicien qui assujettit « ses soupapes, dit l'ingénieur anglais Fairbairn, res- « semble à l'insensé qui se précipite dans un magasin « à poudre avec une torche allumée. » Et la comparaison est aussi vraie qu'énergiquement rendue. Aussi ne peut-on prendre assez de précautions lorsqu on chauffe une machine. Il faut s'assurer, si le manomètre est juste, si les soupapes fonctionnent bien, et si l'eau est à une hauteur raisonnable, au moyen des robinets de jauge ou de la clarinette de niveau d'eau. Malgré cela il arrive encore des catastrophes. On se souvient

du terrible accident qui se produisit, il y a quelques années, chez un constructeur parisien. L'eau d'alimentation avait gelé, par suite d'un froid excessif, dans le tuyau d'aspiration. Les tôles rougirent et crevèrent. Un énorme morceau de fer, lancé par la force de projection de la vapeur, traversa un mur de vingt centimètres d'épaisseur et fut retrouvé dix mètres plus loin.

Les incrustations ou dépôts calcaires que l'eau, après avoir longtemps bouilli, laisse dans la chaudière, peuvent aussi occasionner des explosions. En effet, la chaleur du foyer ne se transmet pas jusqu'à l'eau, elle se perd, ou plutôt ne sert qu'à faire rougir à blanc l'enveloppe du générateur. Si par malheur cette croûte se décolle, l'eau arrive brusquement, un surcroît de vapeur est produit et la chaudière éclate. Le plus sûr remède des incrustations est le désincrustant Vicat, qui, mélangé à l'eau, les empêche de se former.

Il arrive aussi que l'eau privée d'air peut être d'une température de plus de 100 degrés, sans pour cela bouillir. Mais le moindre choc ramène l'ébullition, et la vapeur qui se forme tout à coup peut causer un accident, ou tout au moins des avaries graves.

Donc, dans la pratique, une machine doit être conduite avec le plus de soin possible. C'est en réparant un défaut aussitôt qu'il se montre, en graissant les pièces à mesure qu'elles s'échauffent, en surveillant incessamment les appareils de sûreté, le jeu des pompes, le tirage, que l'on parvient à réaliser de véritables économies de combustible, et à prévenir la plupart du temps les malheurs terribles qui nous frappent de temps à autre. Il est donc plus avantageux, pour les industriels qui possèdent un moteur à vapeur, d'en confier

la direction à un homme intelligent, capable et surtout robuste, plutôt qu'à des manœuvres, à des hommes de peine ne possédant que la routine, non la science et le sang-froid nécessaires pour parer à toute éventualité.

C'est en suivant ces conseils, méconnus trop souvent, que l'on obtiendra une marche supérieure, un fonctionnement continu et régulier de toutes les pièces, et enfin une grande économie. Bien soignée et bien entretenue, une machine peut faire un long service; mal conduite, elle peut provoquer non seulement des accidents, mais des pertes, de longues et coûteuses réparations. C'est pourquoi il est de toute nécessité, pour les industriels qui craignent la grosse dépense d'un moteur nouveau, de veiller avec soin au fonctionnement de celui qu'ils possèdent.

X. LA MACHINE A VAPEUR DANS L'INDUSTRIE

Quoique le moteur le plus employé, celui dont les applications ont été le plus nombreuses, soit le moteur à vapeur, son usage s'est bien plutôt généralisé dans la grosse construction que dans la petite industrie.

Au premier rang des travaux qu'accomplit journellement la machine à vapeur, nous citerons les transports terrestres et maritimes.

Sans vouloir faire ici l'histoire des chemins de fer[1], nous rappellerons que la première idée de la vapeur comme force motrice est due au Français Cugnot (1769). Trewitick et Vivian en Angleterre, construisirent en 1808 la première voiture mue par une machine à haute pression. Olivier Evans, à Philadelphie, fit plusieurs essais, malheureusement infructueux, et Robison échoua de même, en voulant utiliser pour la production de la force motrice la machine de Watt à double effet.

Depuis Cugnot, les voitures à vapeur ou locomotives ont fait de grands progrès, dus, pour les premiers, à Robert Stephenson, ingénieur anglais.

Les locomotives sont des machines à haute pression, dans lesquelles la tension de la vapeur est ordinaire-

[1] Voir les « Chemins de fer », par M. Amédée Guillemin. *Bibliothèque des Merveilles.*

ment de 7 à 9 atmosphères. La chaudière est traversée, dans le sens de la longueur, de nombreux tubes de cuivre où passe la flamme, ce qui augmente beaucoup l'intensité du tirage. Ce fut, comme on le sait, Marc Séguin qui inventa la chaudière tubulaire, chose capitale pour les locomotives, usant des quantités prodigieuses de vapeur, et, par conséquent, ayant besoin

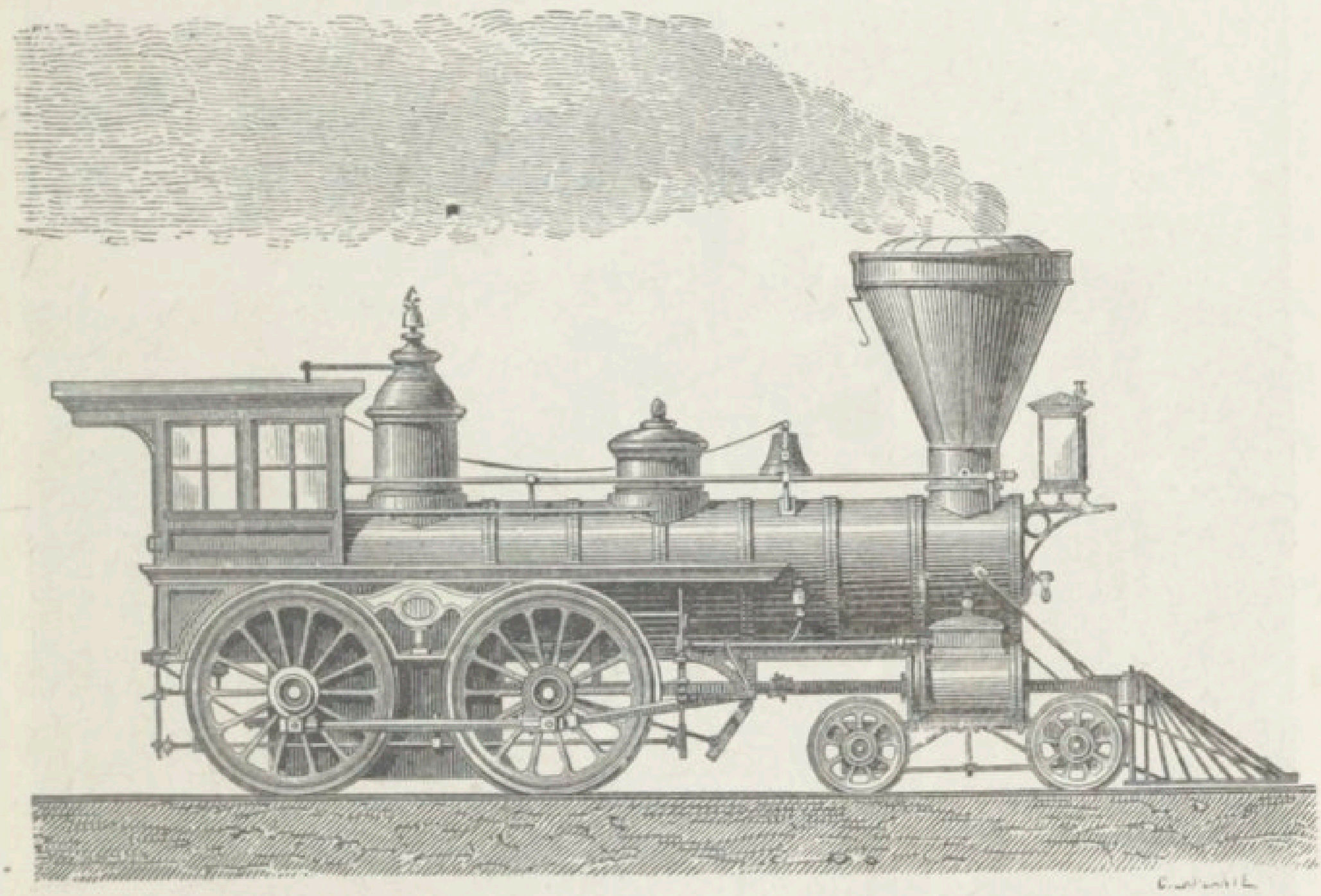


Fig. 74. — Locomotive américaine Sturrock.

d'une grande surface de chauffe pour suffire à cette dépense.

Le type de la *Fusée*, la première locomotive de Stephenson a été modifiée, dans le sens des usages, qu'elle devait remplir. C'est ainsi que M. Crampton en a fait une machine à grande vitesse, applicable au transport à grande vitesse des voyageurs. M. Engerth en a fait la machine la plus puissante, destinée à remonter les rampes en remorquant de lourdes charges de marchan-

dises. *L'Engerth* est le cheval de montagne, lent mais robuste, puisqu'elle remonte avec une vitesse de 28 kilomètres à l'heure en traînant un convoi de 450 tonnes. La machine Crampton, son opposée, file avec une vitesse de 75 kilomètres à l'heure, mais traînant un poids d'à peine 120 tonnes. Les types de locomotives

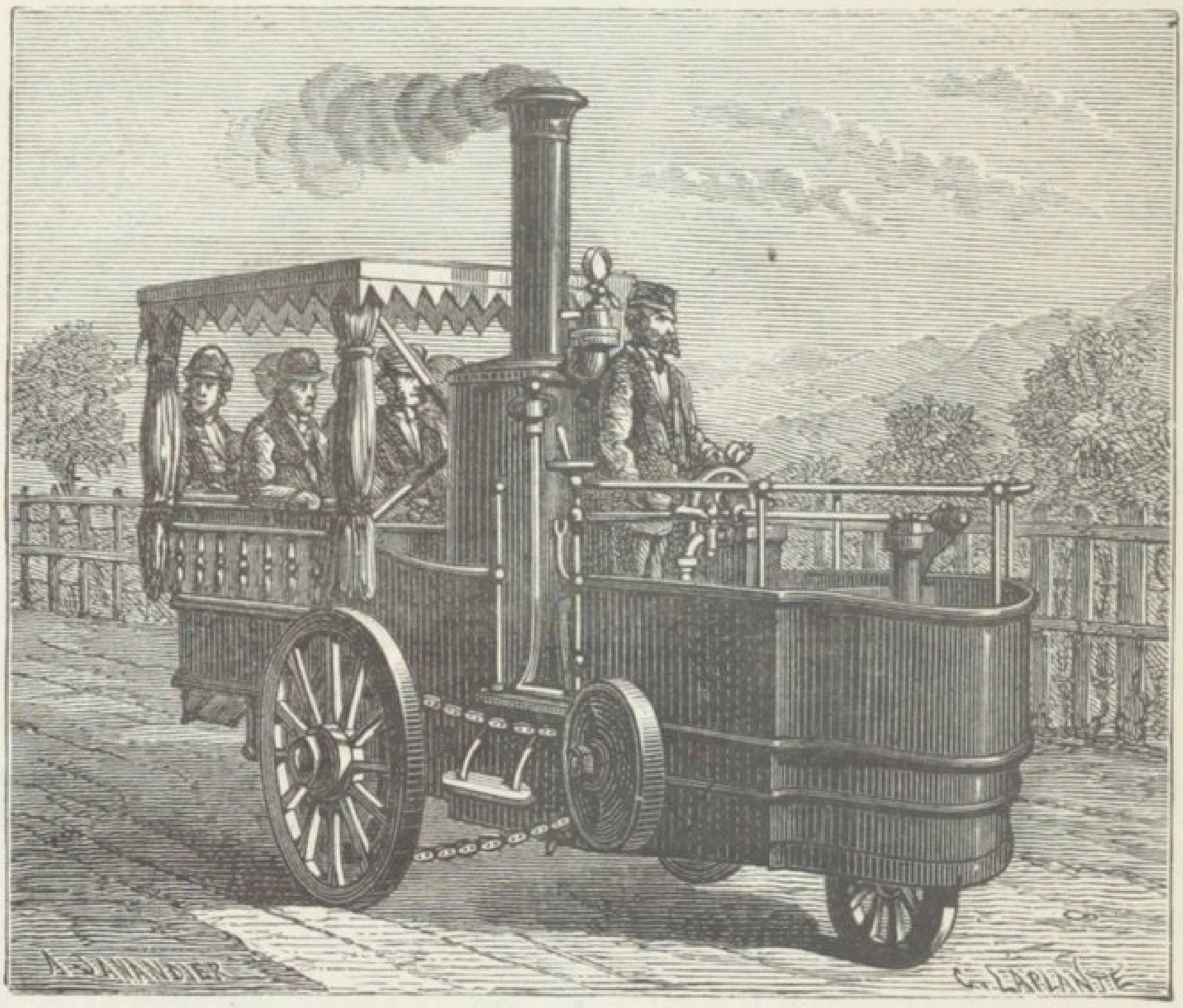


Fig. 75. — Locomotive routière.

varient à l'infini. Il y a les Buddicom, les Polonceau, (fig. 74) les Sturrock, les Stephenson et bien d'autres encore. Chacune d'elles répond à un besoin particulier et tel système qui convient dans tel cas est inapplicable dans un autre.

Les lignes de chemins de fer se développent chaque jour, les embranchements se greffent sur les grandes

lignes et chaque petite ville tient à avoir son petit *chemin de fer d'intérêt local*.

On a aussi pensé à faire des locomotives *routières* pouvant marcher sur les chemins et chaussées empierrées, afin d'annuler l'emploi si coûteux des rails. Les meilleurs systèmes proposés sont ceux de MM. Larmenjat (fig. 75), Lotz fils de l'Aîné de Nantes, Thomson d'Edimbourg, Bollée du Mans, et ce sont ceux qui ont donné les plus grands résultats pratiques. Maintenant le génie et le corps des équipages et du train militaires sont pourvus de machines routières du système Lotz. A Edimbourg M. Thomson a appliqué sa locomotive à la traction des omnibus imitant en cela son compatriote M. Harding dont on a pu voir fonctionner, il y a quelques années à Paris, les machines attelées aux tramways.

Une des meilleures machines routières est celle imaginée par M. Marquis dont nous avons déjà parlé à propos du barotrope ou « voiture sans chevaux » et du moteur à acide carbonique.

Cette machine est montée sur trois roues ; une petite, placée à l'avant, mobile sur son axe, servant de directrice, et deux grandes roues motrices de $1^{m}60$ de diamètre.

La chaudière est à tubes entrecroisés comme celle de MM. Hermann-Lachapelle ; la surface de chauffe étant considérable, la production de vapeur est énorme et la mise en pression rapide. En même temps la consommation de combustible est extrêmement réduite, à cause de la vaste capacité du foyer ; quant à ce combustible, c'est le coke.

Les cylindres moteurs sont disposés horizontalement

sous le châssis qui supporte la chaudière. La tige des pistons s'articule directement sur les coudes de l'arbre des roues, coudes placés à angle droit l'un de l'autre.

La pression ordinaire de la vapeur dans les cylindres est de cinq à six atmosphères, pression à laquelle est timbrée la chaudière.

Un coffre contenant les outils indispensables et les objets nécessaires en voyage, placé à l'arrière entre les roues motrices, permet au conducteur de s'asseoir et de surveiller sa machine sans aucune fatigue.

La réserve d'eau et de coke est contenue dans deux boîtes doublées de métal, placées de chaque côté de la chaudière. Entre elles passent les tiges filetées du volant qui commande la roue directrice de l'avant et le frein qui exerçe son effet sur le cercle de l'une des roues motrices.

Celles-ci sont construites comme les roues de vélocipède; c'est-à-dire que les jantes sont remplacées par de nombreuses tiges d'acier et que la circonférence extérieure est garnie d'un solide tube de caoutchouc sans fin, destiné à amortir les cahots et à rendre la marche sensiblement plus douce.

La vitesse de cette machine varie entre 10 et 36 kilomètres à l'heure. Au maximum, la pression étant de 6 atmosphères, le nombre de coups de pistons et, par conséquent de tours de roue à la minute, de 2, la vitesse est de 10 mètres par seconde, 600 mètres à la minute, 36 kilomètres à l'heure. Un voyage entre Paris et Montreuil-sur-Mer — sur des routes bien entretenues, il est vrai — a été accompli en cinq heures. La distance était de 155 kilomètres et la machine avait fait

six arrêts en route, afin de renouveler sa provision d'eau et de charbon.

Les locomotives routières sont plus économiques que les chemins de fer, leur vitesse est moindre, c'est vrai, mais elles ont l'avantage de rendre inutile la construction de la ligne ferrée et de tous ses accessoires, aussi leur emploi tend-il à se généraliser.

Ces sortes d'appareils n'ont qu'un inconvénient, celui d'effrayer par leur bruit les chevaux attelés. On y a remédié ces temps derniers en adaptant un condenseur à la machine. L'échappement se fait donc sans que l'on entende le moindre bruit quand la locomotive est en marche. A l'arrivée, on ouvre un robinet et l'eau de condensation s'échappe. Ce système a été expérimenté avec succès sur l'une des lignes des tramways de Paris.

Pendant longtemps la navigation s'est opérée d'abord au moyen de rames, ensuite de voiles, moyens défectueux en ce que la force motrice pouvait subitement venir à manquer. Aussi, dès l'invention des premières machines à vapeur, la marine s'est-elle emparée du nouveau moteur.

C'est encore Papin qui eut le premier l'idée d'appliquer la vapeur aux bateaux. On sait ce qu'il en advint; les bateliers du Weser, fleuve sur lequel il faisait ses expériences, jaloux de voir une machine remplacer avec avantage leur force musculaire, la brisèrent, sous les yeux mêmes de l'inventeur.

Le marquis de Jouffroy fit aussi avec succès plusieurs tentatives sur la Saône avec son pyroscaphe, vers 1778 sur le Doubs Symington en Angleterre, John Fitch en Amérique, Miller en Suisse firent progresser cette nouvelle invention.

Dans ces premiers bateaux, la vapeur faisait mouvoir le piston monté sur l'arbre de couche et sur lequel étaient fixées une ou deux roues à aubes. Fulton employa la même disposition dans son *Clermont* et il réussit. John Fitch ayant voulu utiliser les rames comme moyen de propulsion n'y put parvenir et, de désespoir, se tua en se lançant dans la Delaware.

Depuis Fulton, et grâce aux travaux sur ce sujet de savants ingénieurs, travaux qui ont permis de supprimer les voiles et dans quelques-uns les roues à palettes en les remplaçant par l'hélice sous-marine, la science de la navigation a changé de face. Parmi ces savants, nous citerons Charles Dallery, Delisle, les frères Bourdon, Frédéric Sauvage, le capitaine Ericcson, Dupuy de Lôme, etc., qui ont fait marcher les applications de la vapeur, pour la marine, à pas de géant.

Nous avons dit en commençant que l'agriculture possédait le moteur à vapeur. La disposition des machines est différente et appropriée à son genre de travail. La *locomobile* est une sorte de machine locomotive; seulement, au lieu d'actionner les roues qui la supportent, elle fait mouvoir un volant, car tout le mécanisme moteur est fixé sur la chaudière. Elle est principalement employée aux champs pour le labourage à vapeur et le battage.

Une locomobile de 5 chevaux : vapeur de force, est facilement traînée par 2 chevaux attelés au timon, son poids n'étant que de 2 ou trois tonnes.

La locomobile est à haute pression. Sa chaudière est tubulaire et sa manœuvre est absolument la même que celle de la locomotive ou de la machine fixe.

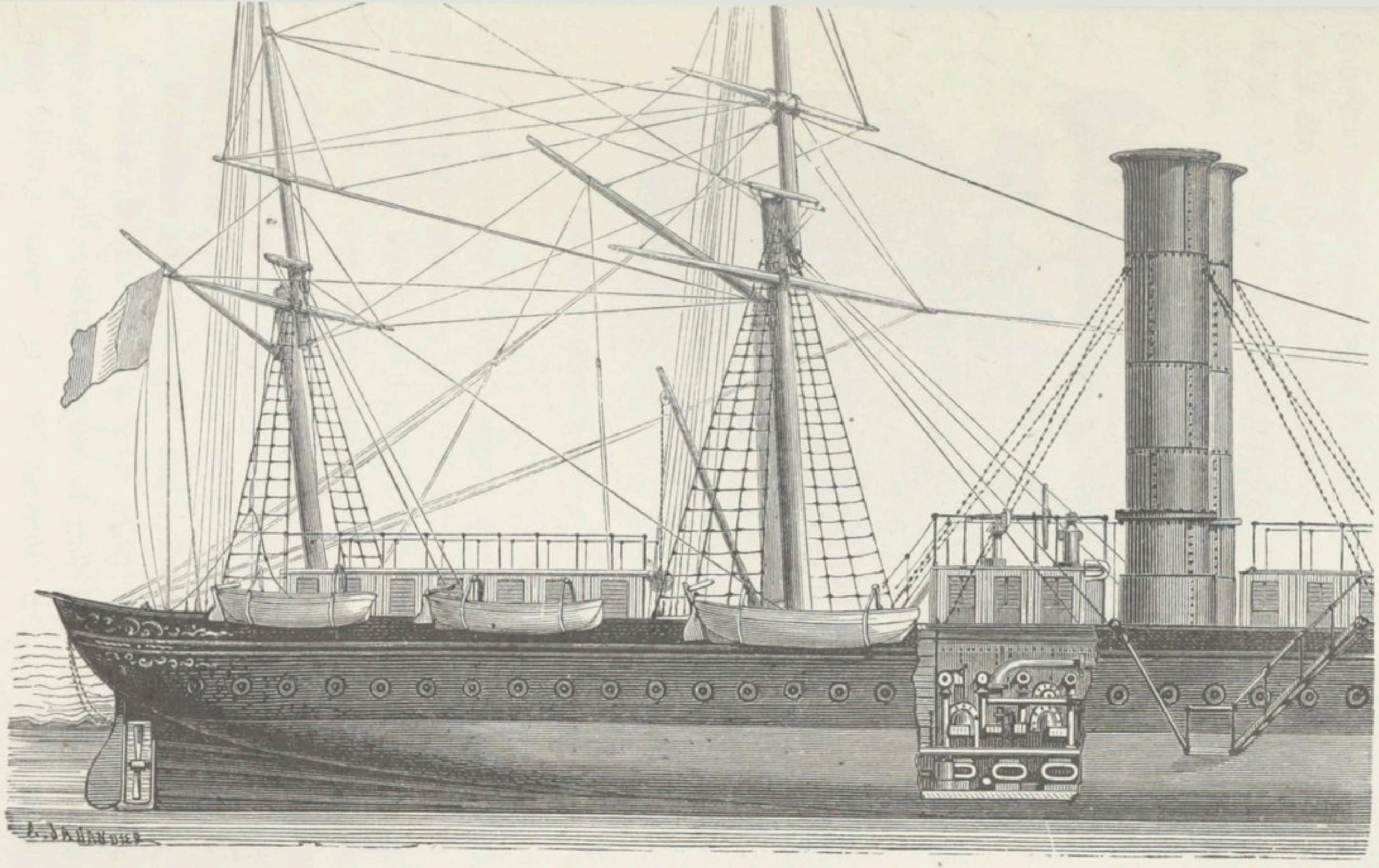


Fig. 76. — Appareil moteur d'un navire.

Sa disposition est ordinairement horizontale, le mécanisme moteur bien entendu. Pourtant quelques constructeurs ont cru devoir la changer. C'est ainsi qu'a été édifiée la machine verticale : *Monitor engine* de M. Aultman de Chicago (fig. 79).

Les applications de la locomobile sont véritable-

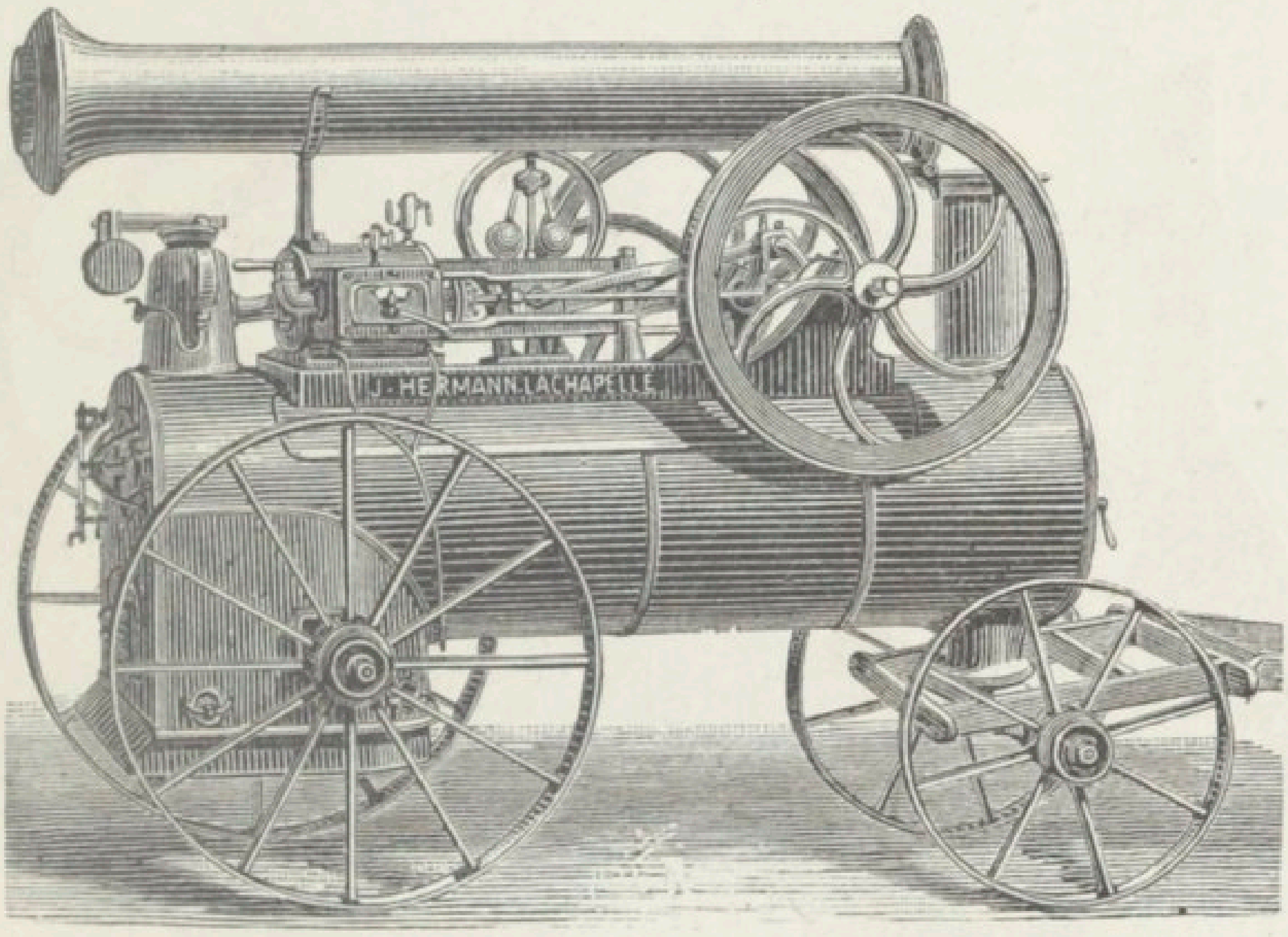


Fig. 77. — Locomobile montée sur roues.

ment immenses. Nous allons essayer d'en énumérer les principales :

D'abord la machine transportable montées sur roues (fig. 77) et les appareils qu'on lui adjoint, soit la scie circulaire montée sur le même châssis, servant au tronçonnage du bois de chauffage, soit la batteuse suisse, petite batteuse montée comme la précédente sur le même chariot qui soutient le moteur.

Ensuite le moulin à blé avec beffroi, puis les pompes d'épuisement marchant par l'intermédiaire de roues d'engrenage, et, en dernier lieu, l'excavateur

Couvreux avec sa chaîne de seaux de tôle, montée sur le même châssis que la machine.

On pourrait parler aussi du bateau-dragueur, mu également par la locomobile; du toueur sur chaîne noyée, remontant le courant par l'effort de sa machine; le rouleau compresseur, du poids de trente

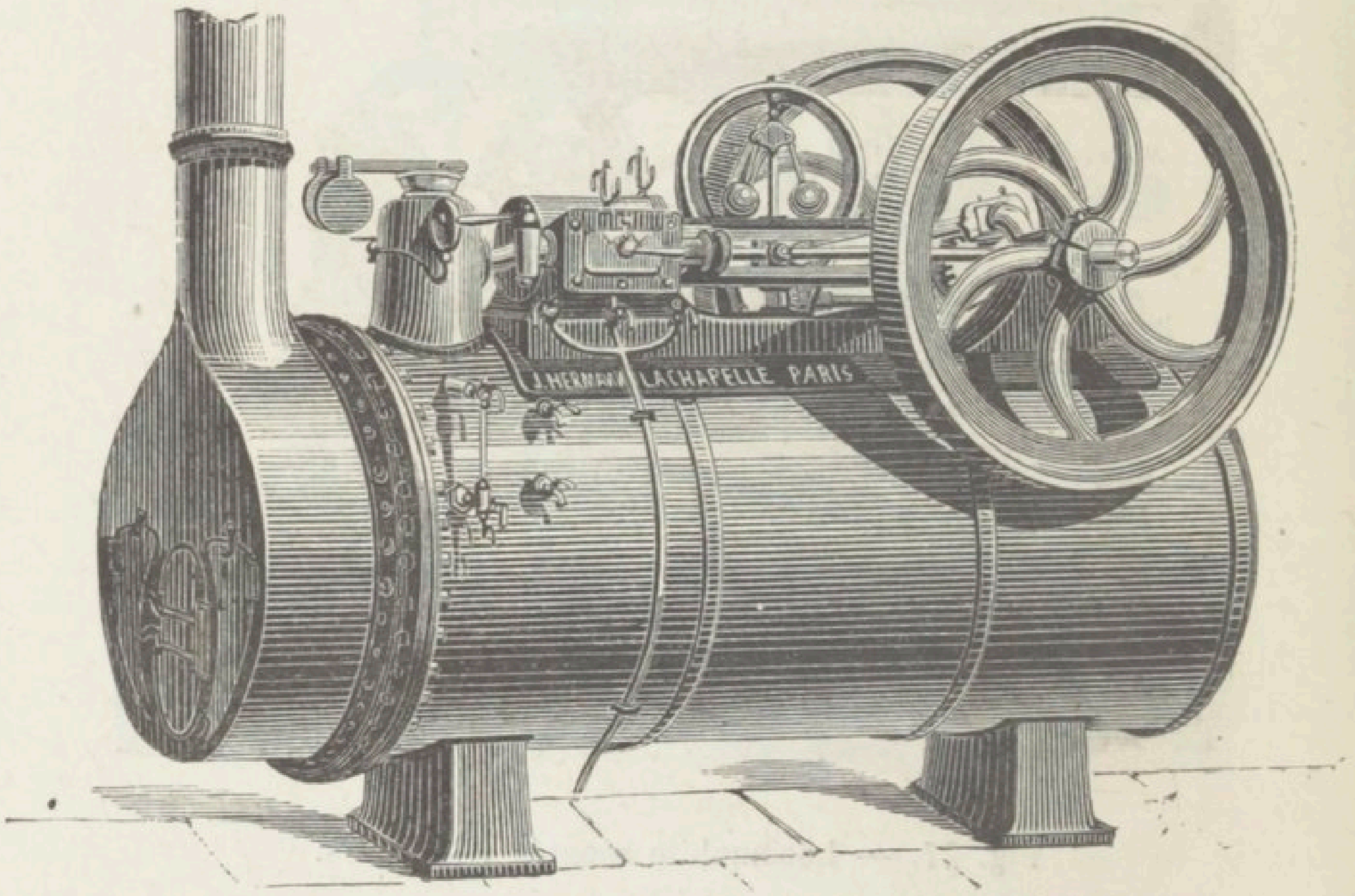


Fig. 78.— Locomobile $^1/_2$ fixe, montée sur patins.

tonnes, actionné par une lourde et puissante locomobile.

Le plus ordinairement, la machine mobile sert, dans les campagnes, à opérer des battages et à actionner des pompes, des hachoirs, des pressoirs, des concasseurs, des vans, des broyeurs, des malaxeurs, etc., etc. A la campagne comme à la ville, elle sert à mille ouvrages différents. On l'utilise pour le labourage, le hersage, le piochage à la vapeur, et nous pourrions citer les machines de MM. Barrat frères, Kirby et

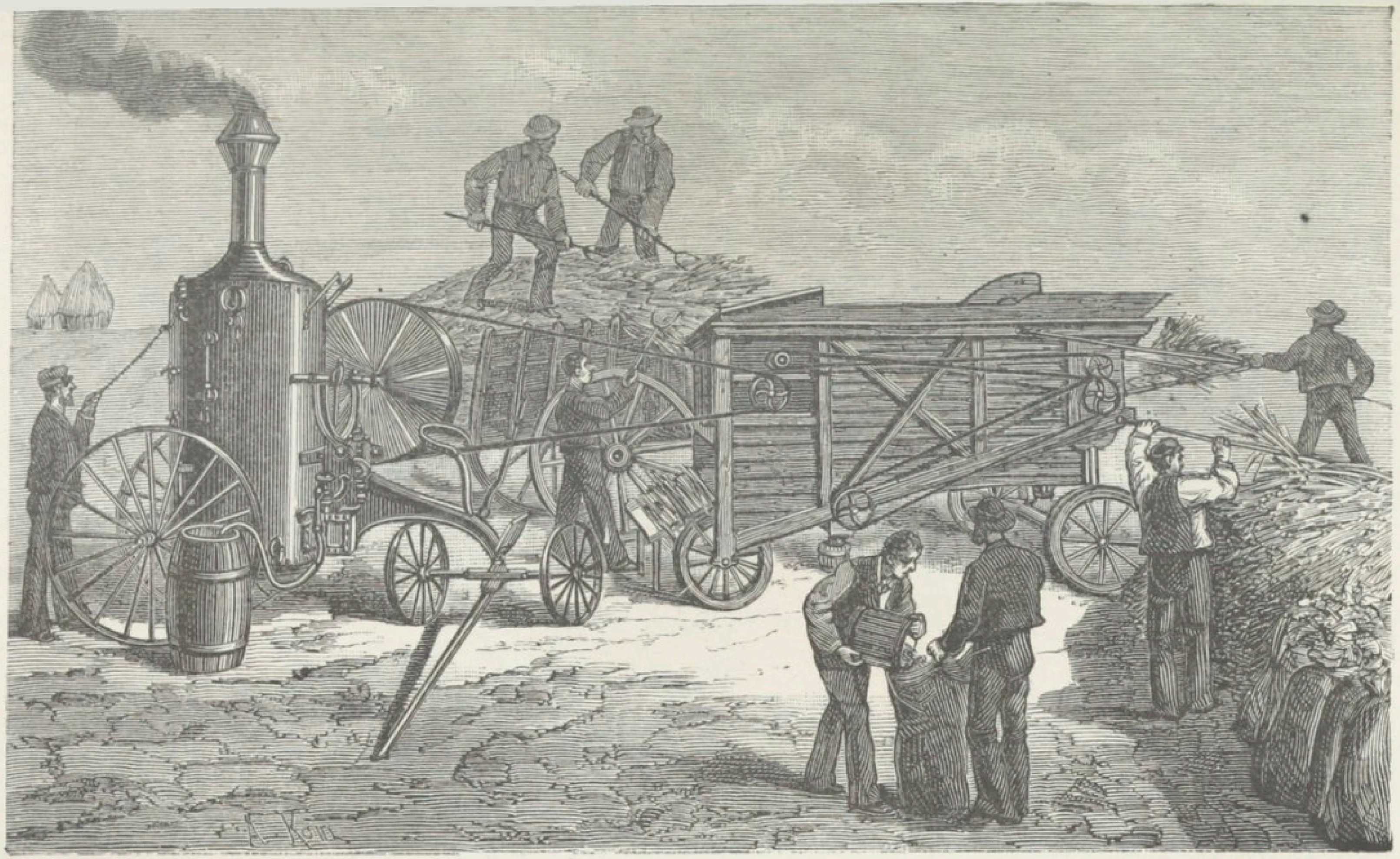


Fig. 79. — Locomobile Aultman (*Monitor engine*) opérant un battage.

Osborn, Fowler, etc., etc. Les types ne manquent pas.

Cet utile appareil ne sert pas que dans l'agriculture. C'est lui qui fournit la force aux monte-charges des maçons et entrepreneurs des constructions, partout enfin où l'on a besoin, pendant un laps de temps fort court, de force motrice. Elles sont alors montées sur patins et dites demi-fixes (fig. 78).

On a cherché à remédier au défaut qu'ont les locomobiles d'être forcément traînées à destination par des chevaux, en inventant des *locomobiles-locomotives*

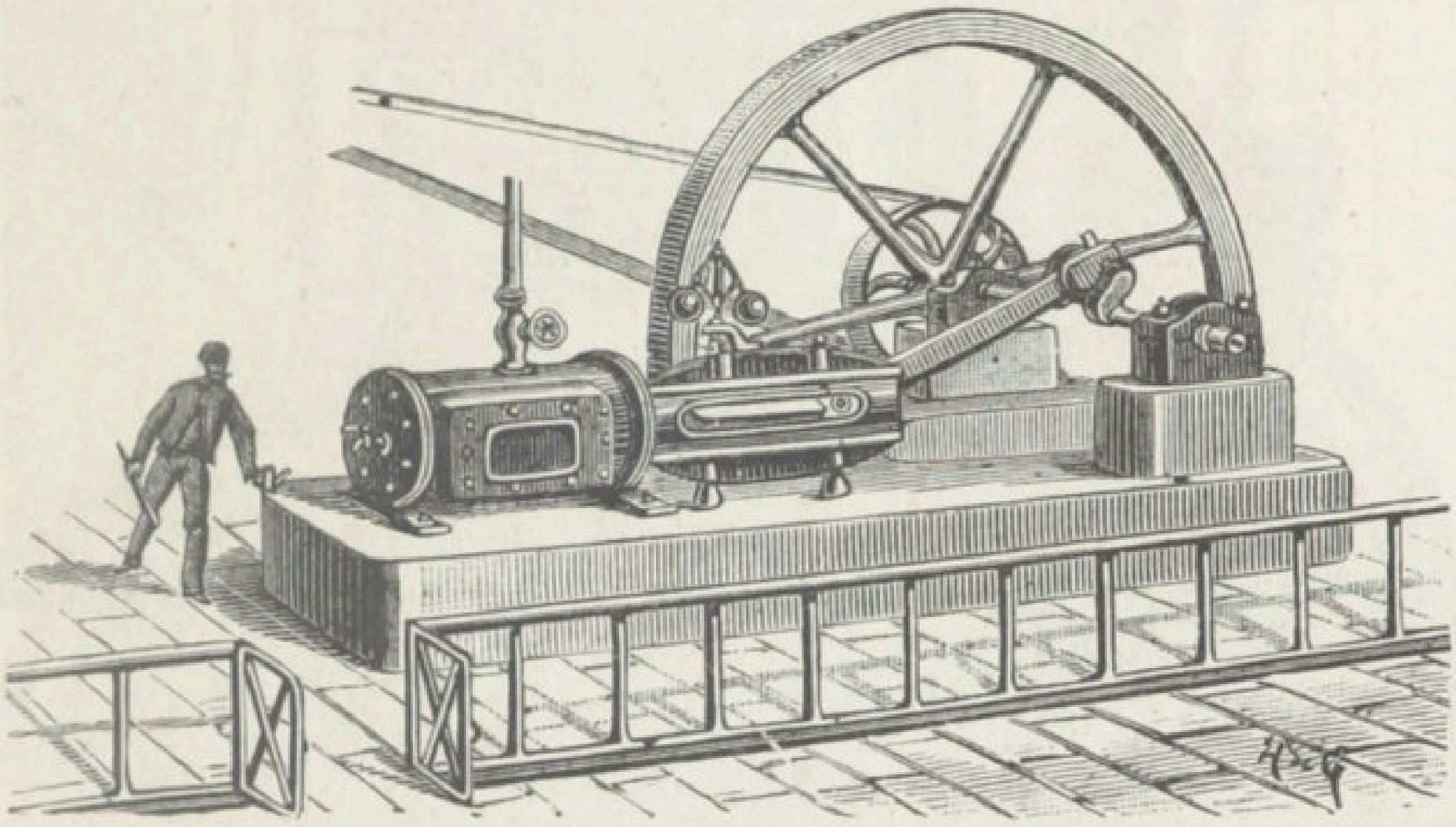


Fig. 80. — Machine d'atelier Farcot.

dans lesquelles le volant est relié par une chaîne sans fin aux roues. De cette façon, pendant le trajet, la locomobile roule elle-même son poids et peut même remorquer les chariots attachés à sa suite.

C'est principalement dans les grandes usines et ateliers de construction que l'on trouve les plus puissantes machines à vapeur. MM. Farcot en possèdent de 800 chevaux de force (fig. 80). Dans la marine, il y en a de 3000 chevaux, seulement, on le com-

prend facilement, c'est l'exception, et à peine y a-t-il cinq navires assez grands en France pour porter des chaudières de cette taille.

Il faut de puissantes machines pour les usines telles que celles d'Indret ou du Creusot, afin de fournir à toutes les machines-outils la force nécessaire à leur

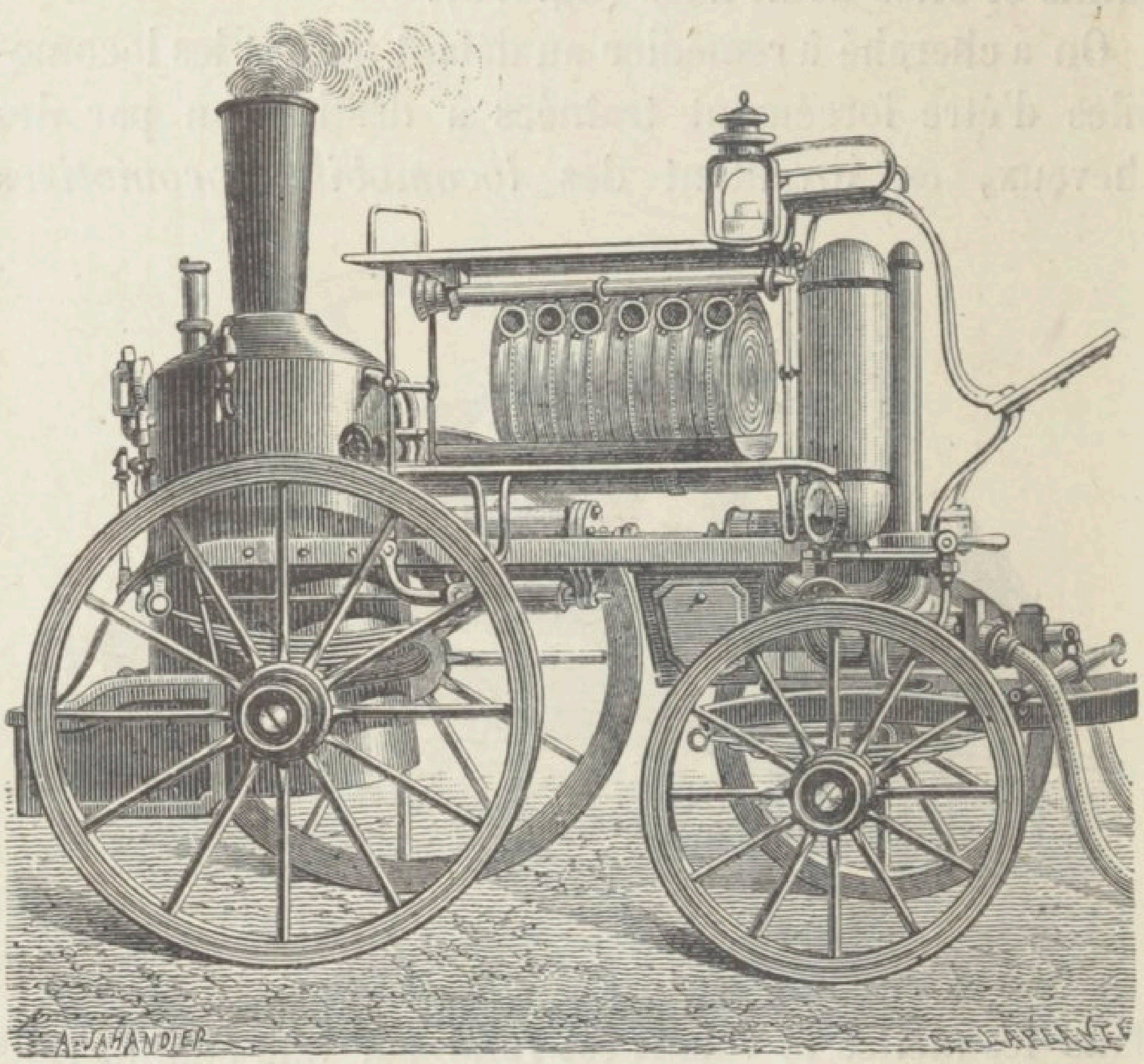


Fig. 81. — Pompe à vapeur Merryweather

marche et en même temps la vapeur aux marteaux-pilons. Quelle force, en effet, ne faut-il pas pour actionner tant d'outils pour l'alésage, le perçage, le rabotage, pour les tours à tarauder, forer, mortaiser? Certainement la vapeur est la seule force capable d'accomplir tant de prodiges que l'on a peine à croire

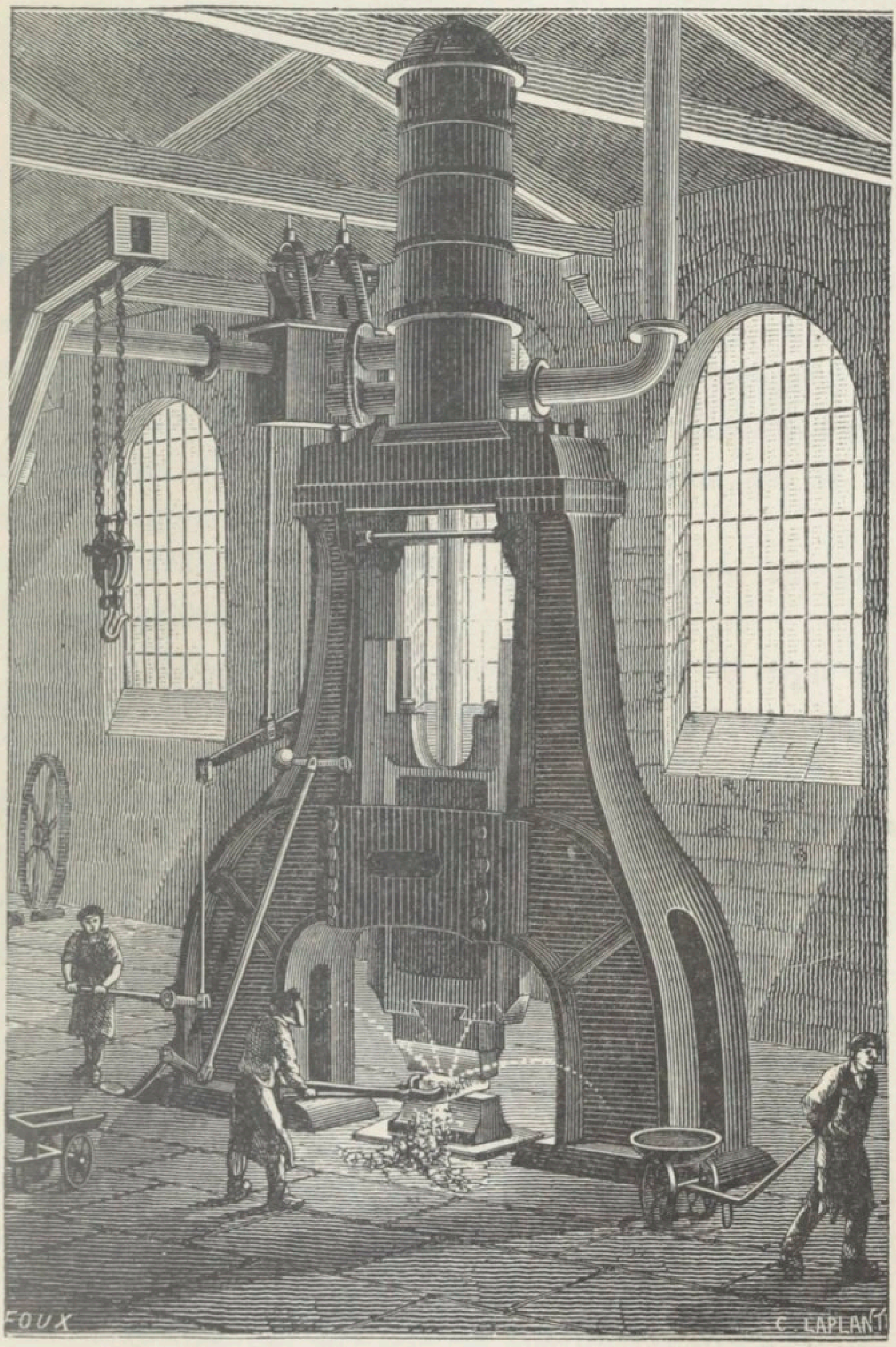


Fig. 82. — Intérieur d'une usine. — Travail du marteau-pilon.

des réalités, et dont cependant les résultats, tombés depuis longtemps dans le domaine public, nous laissent indifférents.

Beaucoup d'industriels emploient concurremment la machine à vapeur et un fluide qui ne coûte rien : le vent ou l'eau. Presque tous les moulins, à farine ou à huile, en outre de leur moulin, soit simple, soit automoteur, possèdent un moteur à vapeur qui se met en marche lorsque le vent faiblit. De même dans les moulins à eau et autres ateliers utilisant l'eau comme force motrice, le moteur à vapeur est là et sert au moment voulu.

Le marteau-pilon est une machine à vapeur spéciale comme la pompe à incendie.

Dans l'une, le piston auquel est fixée la tige du marteau est soulevé par l'action de la vapeur. Dans l'autre, le générateur, monté sur roues, envoie le fluide moteur dans le mécanisme placé sur cette même voiture. La tige des pistons continuée est reliée aux pistons de deux pompes aspirantes et foulantes, de manière à les réunir d'une façon intime. Telle est la construction de la pompe à incendie Merryweather.

La pompe à vapeur adoptée par la ville de Paris est du système Thirion. Le générateur à tubes entrecroisés permet de chauffer, de mettre en pression dans l'espace d'un quart d'heure et de fournir presque instantanément des quantités considérables de vapeur.

L'effort de la machine se porte sur un arbre en fer, lequel transmet par des coudes aux bielles des pompes aspirantes et foulantes. Le refoulement de l'eau peut aller jusqu'à 80 mètres de la pompe, paraît-il.

Dans bien des cas, la vapeur a remplacé les an-

tiques moyens employés; forces naturelles ou force des animaux. C'est ainsi que l'on fait des bacs à vapeur, pour la traversée des fleuves, des grues à vapeur pour le déchargement des bateaux et wagons.

Le moteur à vapeur est celui qu'on trouve le plus généralement dans tous les genres d'industrie. Il serait puéril d'énumérer ses mille applications, dont nous avons passé les plus importantes en revue.

Chaque fois qu'un commerçant, un fabricant ou un industriel quelconque a besoin de force motrice, c'est au moteur à vapeur qu'il va la demander. Quelquefois, pour des raisons matérielles, il ne peut l'employer, mais, dans la plupart des cas, c'est plutôt à la vapeur qu'à tout autre fluide qu'il s'adresse, parfois avec une certaine économie d'achat et d'entretien.

X. DIFFÉRENTS MODES D'EMPLOI DE LA VAPEUR

Nous avons terminé la description de tous les types si multiples de moteurs à vapeur; il ne nous reste qu'à parler des divers modes d'emploi du fluide lui-même.

Dans toutes les machines modernes, la vapeur, après avoir travaillé sous les deux faces du piston, s'échappe dans l'atmosphère ou va se perdre dans un condenseur. Pour que la machine continue d'agir, il faut donc qu'une nouvelle quantité de vapeur arrive et ajoute son effet avant de s'échapper à l'extérieur. Des ingénieurs, après avoir consciencieusement étudié cette perte désastreuse, ont cherché à l'annuler, ou tout au moins à en réduire l'effet, en faisant rendre à la vapeur toute l'élasticité qui pouvait lui rester après avoir travaillé sous les deux faces du piston. M. Marc Séguin, l'inventeur des chaudières tubulaires, y songea le premier, et, en 1838, il présenta à l'Académie des Sciences un mémoire: *Projet de machine à vapeur pulmonaire*, dans laquelle il espérait rendre à la vapeur, avec d'immenses avantages, la chaleur qu'elle perd après chaque expansion périodique. Car on sait que l'élasticité, la pression de la vapeur ne dépend que de sa température. Plus elle est chaude et plus sa tension est considérable. Il n'y avait donc rien de singulier à ce que l'on essayât,

en réchauffant le fluide, de lui faire reprendre sa puissance primitive.

Pendant longtemps cette belle question fut laissée de côté et ce ne fut qu'en 1855 qu'un ingénieur prussien établi en Angleterre, M. Siemens, la reprit, et appliqua ce système de marche à une machine à vapeur de la force de 100 chevaux. Plus tard il perfectionna encore cette *machine à vapeur régénérée* et en fit construire un nouveau type de 40 chevaux, par deux mécaniciens anglais, MM. Fox et Heuderson, laquelle machine réalisa l'énorme économie des 2/3 de combustible.

Pour arriver à un tel résultat voici comment procédait M. Siemens :

Lorsque la vapeur avait agi dans le grand cylindre moteur, elle passait dans un plus petit, où elle reprenait une certaine quantité de chaleur (le cylindre était chauffé au bain-marie) et finissait de rendre un travail utile.

Il y a une certaine analogie entre la machine Siemens et celle à air chaud de M. Franchot. Dans l'une comme dans l'autre c'est toujours la même masse de fluide, tour à tour échauffée et refroidie, qui travaille.

Lorsque M. Boutigny eut fait connaître le résultat de ses belles expériences sur l'état sphéroïdal de l'eau, un ingénieur français, M. Testud de Beauregard, proposa d'employer la vapeur *surchauffée*, et à une tension énorme.

Pour produire instantanément de la vapeur à haute tension, M. Boutigny d'Évreux employait un générateur cylindrique et vertical.

A plusieurs points de sa hauteur ce cylindre contenait des plaques, percées d'un grand nombre de

trous comme des écumoires[1]. L'eau froide, tombant goutte à goutte sur ces plaques dont la température allait croissant jusqu'au fond où elles étaient rouges, l'eau se vaporisait presque immédiatement et adoptait l'état sphéroïdal, état dans lequel la vapeur acquiert une tension considérable. Dans l'espace de quelques secondes, l'eau était vaporisée et pouvait travailler dans le mécanisme moteur, placé à part, et dont la disposition était la même que celle des machines horizontales.

L'appareil de M. Boutigny fut construit et expérimenté — ce qui est assez rare dans ces sortes d'inventions — et il fonctionna pendant longtemps avec un certain succès dans la fabrique de bougies stéariques de MM. Jaillon, Moinier et Cie à la Villette. Cette idée de la vaporisation instantanée de l'eau était ingénieuse, aussi ne tarda-t-elle pas à porter ses fruits.

Après M. Testud de Beauregard, MM. Belleville, Isoard, Clavière se sont occupés avec succès de cette nouvelle application de la vapeur.

Deux américains, MM. Wathered, présentèrent à l'exposition universelle de 1855, une machine qui fut peu remarquée quoiqu'elle méritât de l'être. Dans cette machine, une partie de la vapeur produite, avant d'exercer son effet mécanique, passait dans un serpentin exposé à la chaleur d'un foyer, y acquérait une pression considérable et se mélangeait ensuite avec la vapeur à moindre tension pour travailler dans le mécanisme moteur.

Un ingénieur français affirme qu'une seule forme de

[1] *La Révolution industrielle*, par M. Testud de Beauregard.

générateur est absolument inexplosible : c'est la forme dite en serpentin. Cette affirmation est juste, car, si par quelque hasard le tube se fend, le dommage n'est pas grave, la vapeur qui s'y trouve ne peut produire aucun ravage important, par suite de sa petite quantité. Elle s'échappe au dehors et le seul dégât se borne au remplacement de la partie du tube crevé et à une soudure. C'est un arrêt, mais sans conséquences dange-

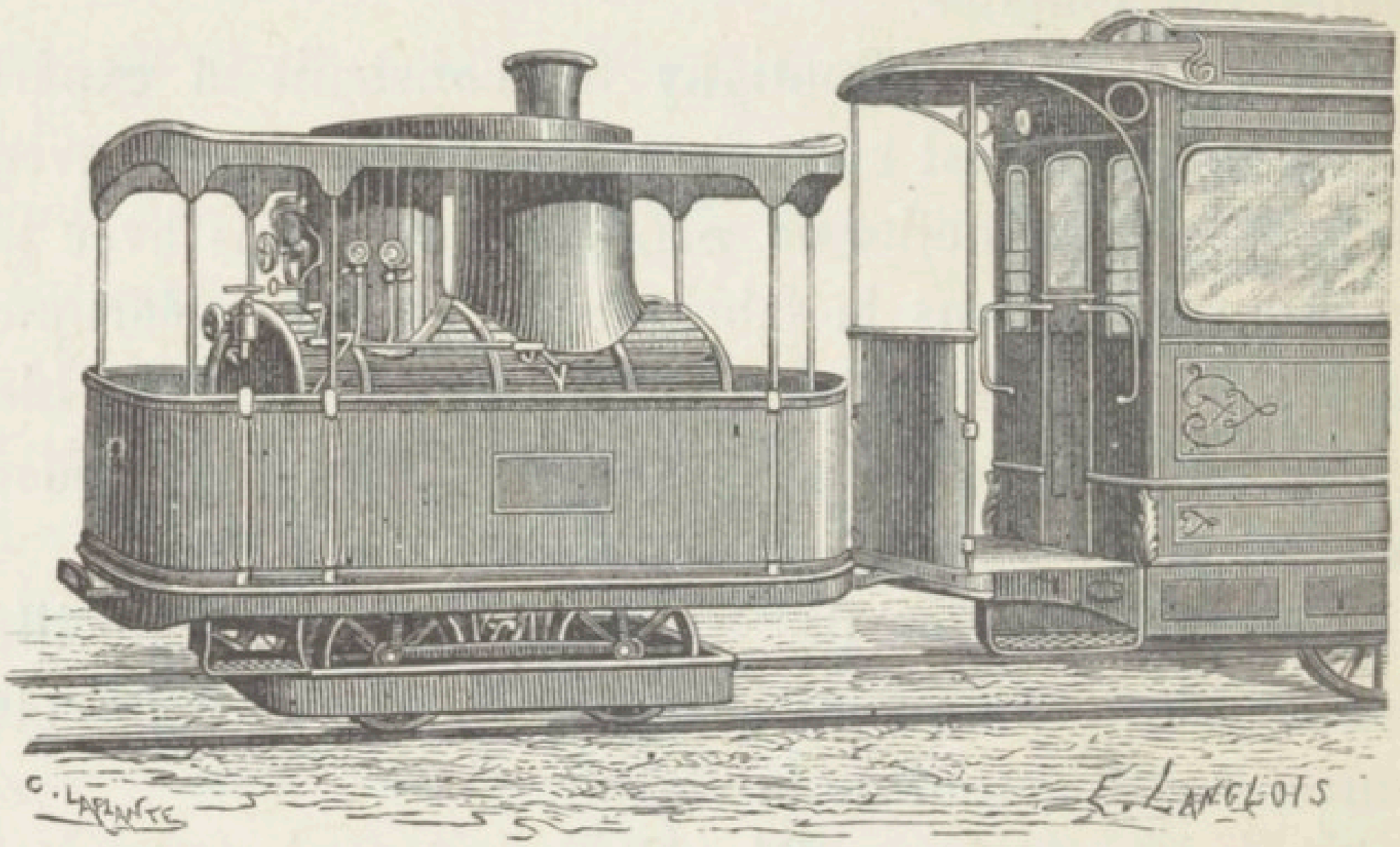


Fig. 83. — Locomotive sans foyer, système Lamm et Francq.

reuses ce qui est un avantage immense et qui, seul devrait faire adopter la forme tubulaire et serpentine pour les générateurs à vapeur.

MM. Lamm et Francq ont utilisé d'une autre manière, fort ingénieuse aussi, la vapeur, en la comprimant, comme on fait de l'air, dans un réservoir qui devient par là une sorte de locomotive sans foyer. Ce système est employé pour la traction des tramways de Rueil à Port-Marly (fig. 83.)

A la station de départ est installé à demeure un vaste générateur à vapeur. Avant de partir, la locomotive s'approche, un tube la met en communication avec le générateur et on ouvre le robinet. La vapeur se précipite alors, et remplit la chaudière. Lorsque le mécanicien s'aperçoit à son manomètre que la pression est arrivée au degré voulu il ferme le robinet, enlève le tuyau et se trouve prêt à partir. La manœuvre n'est donc ni difficile, ni longue. Pour la marche, on ouvre le régulateur qui donne accès à la vapeur dans le cylindre et comme la vapeur est à une haute pression, la quantité dépensée se trouve bien moindre que celle des machines ordinaires.

L'épaisseur de la chaudière Lamm et Francq, est de 0,03 cent. et elle peut résister à 80 atmosphères, quoique la pression ne soit ordinairement que de 12 à 13. La locomotive sans feu n'est en réalité qu'un réservoir roulant de vapeur comprimée.

La machine à vapeur, sous quelque forme qu'elle se présente à nos yeux, nous semble un engin merveilleux. Cependant, d'après les calculs de MM. Hirn, Regnault et autres savants compétents, il paraîtrait que nous n'en sommes encore qu'à l'enfance de l'art. Ainsi, la transformation de la chaleur en mouvement, transformation qui se produit dans les organes de la machine, absorbe presque les deux tiers de la chaleur employée. Voici comment s'exprime M. Regnault :

« Dans une machine à détente, sans condensation,
« où la vapeur pénètre à 5 atmosphères, et sort sous
« une atmosphère de pression la quantité de chaleur
« utilisée par le travail mécanique, est seulement
« d'un *quarantième* de la chaleur donnée à la chau-

« dière. Dans une machine à condensation recevant « de la vapeur à 5 atmosphères et dont le condenseur « représenterait une force élastique de 55 millimètres « de mercure, l'action mécanique est un peu plus « du *vingtième* de la chaleur, donnée à la chau- « dière. »

Qu'ajouter ensuite à ce document? les chiffres et les expériences sont là pour nous prouver brutalement, une fois de plus, que ce que nous croyons parfait en est encore quelquefois bien loin.

CHAPITRE VII

MOTEURS ÉLECTRIQUES

Moteurs Froment, etc. — Systèmes modernes. — Applications de l'électricité.

I. MOTEURS FROMENT, PAGE, JACOBI, ETC.

Malgré les immenses résultats pratiques de la machine à vapeur, longtemps après que celle-ci fut inventée, de nombreux inventeurs ont cherché à la remplacer par un autre moteur, et notamment par l'électricité. Depuis 1838, époque à laquelle M. Jacobi fit sa première expérience, le moteur électrique a fait peu de progrès. Cette cause tient principalement au prix de production de l'électricité. Un cheval-vapeur de force, engendré par une machine à vapeur, coûte 80 centimes l'heure; par l'électricité il coûte 20 francs. C'est pourquoi l'emploi de l'électricité comme force motrice ne s'est pas répandu.

Le premier pas, dans cette invention, fut fait par Arago et Ampère en 1820 lorsqu'ils imaginèrent l'électro-aimant.

Un électro-aimant se compose de deux barreaux de fer doux, réunis par une lame de fer, ou contournés en fer à cheval. Autour de ces barreaux est enroulé en spirale un fil de cuivre entouré de soie ou de coton. Si l'on fait passer dans ce fil un courant électrique, les barreaux s'aimantent instantanément et, quoiqu'ils ne

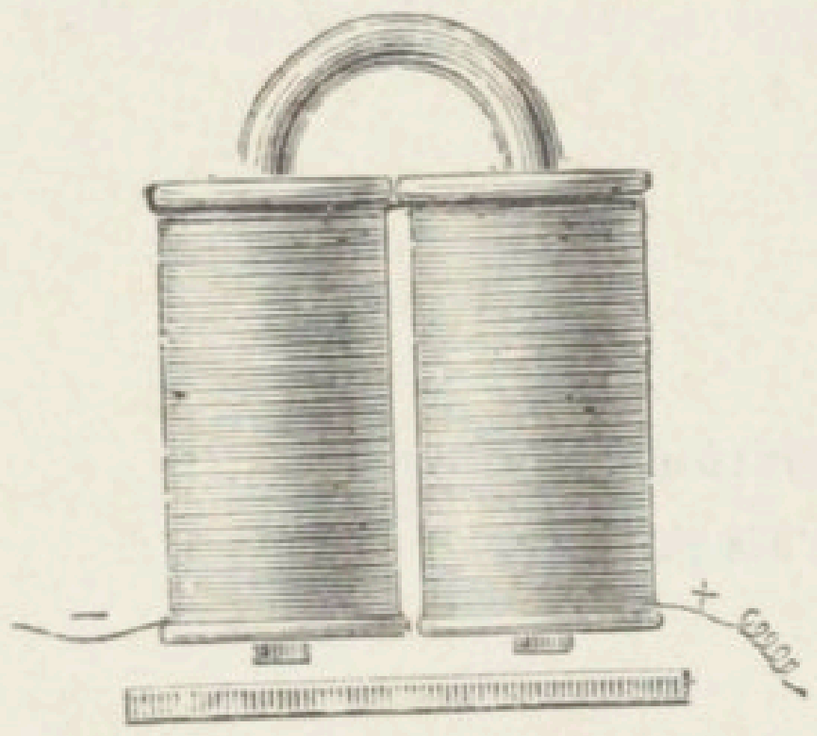


Fig. 84. — Électro-aimant en fer à cheval.

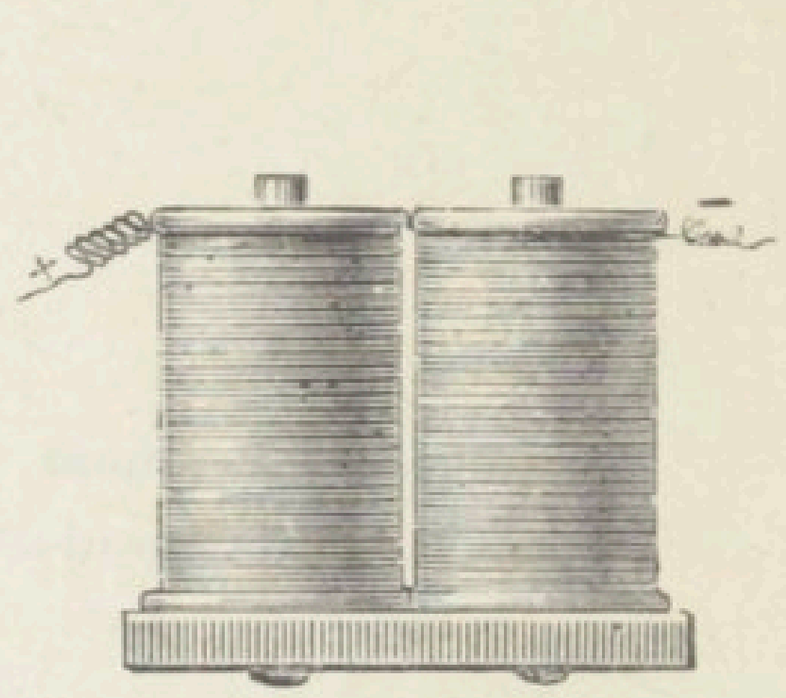


Fig. 85. — Électro-aimant simple.

soient que des aimants artificiels, ils deviennent plus énergiques que les aimants naturels.

La première application des électro-aimants fut faite par M. Pouillet qui construisit un appareil pour prouver leur puissance. Un électro-aimant en fer à cheval est soutenu par deux piliers en bois. Au-dessous se trouve une *armature*, simple plaque de fer à laquelle est accrochée par des chaînes la plate-forme, ressemblant au plateau d'une balance-bascule. Lorsque le courant passe dans les spires de la bobine, les barreaux s'aimantent et attirent l'armature qui supporte les poids à enlever.

Dans ce premier appareil, l'électro-aimant pouvait soulever un poids de 2500 kilogrammes. Pour le faire

retomber et cesser l'action de l'aimant, on n'avait qu'à interrompre le courant électrique, car l'aimantation cessait en même temps que lui.

C'est d'après cette remarque d'aimantation et de désaimantation rapide, provoquant l'élévation et la chute d'une masse de fer, que l'on a essayé de construire un moteur électrique.

Les premiers essais dans ce sens furent accomplis par le physicien russe Jacobi, qui tenta d'appliquer l'électricité à la navigation fluviale. La pile électromotrice de M. Jacobi était du système de Grove. Dans la première expérience que ce physicien fit sur la Néva, en 1839, cette pile était composée de 128 couples, zinc et platine, d'une surface de 32 pieds carrés. Le mécanisme moteur se trouvait être un disque de fer monté sur l'arbre de couche et que six forts électro-aimants faisaient tourner. Le mode de propulsion était deux roues à palettes placées de chaque côté du bateau.

La chaloupe munie de cet appareil et portant douze personnes remonta le courant du fleuve, malgré un vent violent, soufflant en sens contraire. Quoique la pile fût d'une grande puissance (elle rougissait en quelques secondes un fil de platine de 2 mètres de long), l'effort développé ne se trouva être égal qu'aux trois quarts d'un cheval-vapeur. C'était bien peu, trop peu même en raison de l'excessive dépense de la pile.

Pendant toute la durée de l'expérience, les opérateurs furent extrêmement incommodés des vapeurs nitreuses se dégageant de l'appareil, vapeurs qui les força d'interrompre à plusieurs reprises leurs travaux.

Après de consciencieux calculs, M. Jacobi acquit la

certitude que l'électricité était inapplicable, au point où se trouvait alors la science. Le problème à résoudre était déjà le même qu'aujourd'hui : la production à bon marché de l'électricité.

Il est difficile d'employer pour la production de la force motrice les piles ordinaires.

La pile Bunsen, la plus puissante des piles connue, est d'un prix de revient très coûteux; celles de MM. Daniell et Leclanché, bien moins fortes mais dont le courant peut durer indéfiniment, demandent un très grand nombre d'éléments pour donner un effet vraiment utile et sont, par cela même, fort embarrassantes. Les piles auxquelles on pourrait plutôt songer sont celles dites thermo-électriques et celles à courants secondaires.

C'est Seebeck qui eut la première idée des piles thermo-électriques, c'est-à-dire engendrant un courant, par l'impression de la chaleur sur une chaîne formée de lames et de barreaux d'antimoine et de bismuth. Après lui, Nobili et Melloni perfectionnèrent son appareil. De nos jours on ne connaît que la pile thermo-électrique de M. Clamond.

Cette pile a la forme d'un poêle de fonte à ailettes. Elle peut se placer dans les appartements et servir de fourneau. Le chauffage est le coke et le courant produit par la chaleur de sa combustion engendre le courant qui ne coûte rien.

On se sert le plus généralement de l'appareil de M. Clamond pour l'éclairage électrique; les petits modèles chauffés au gaz, système Gaiffe et Clamond, servent, dans la machine de M. Lenoir, à enflammer le mélange d'air et de gaz que contient le cylindre moteur.

La première idée de la pile à courants secondaires est revendiquée par M. Planté, inventeur et constructeur de l'appareil moteur du bateau électrique le « *Téléphone* ». A vrai dire, l'appareil de M. Planté n'est pas une pile, c'est un réservoir, un magasin d'électricité à haute tension.

Cet appareil se compose de deux feuilles de plomb, réunies ensemble au moyen d'attaches isolantes en caoutchouc, et enroulées en spirale, de manière à tenir le moins de place possible, tout en développant une très grande surface.

Ces feuilles de plomb sont renfermées dans un vase cylindrique en cristal, rempli d'eau additionnée d'un dixième d'acide sulfurique. Pour charger cette pile, on met en contact avec les deux feuilles de plomb, les deux fils conducteurs d'une pile ordinaire, Bunzen ou Daniell ou d'une machine magnéto-électrique en activité.

Au bout d'un certain temps, l'appareil Planté est chargé et peut mettre en action n'importe quelles machines jusqu'à ce que le fluide qu'il détient soit complètement dépensé. Il peut produire pendant les premiers moments de sa décharge une action puissante. Malheureusement cette action ne peut durer longtemps.

L'accumulateur Faure ressemble beaucoup à cette pile, seulement il a la propriété de contenir une quantité illimitée de fluide, dit-on. Ce fait, jusqu'ici, n'a pas été prouvé d'une manière satisfaisante.

D'autres inventeurs, après M. Jacobi, se sont occupés à chercher un nouveau moteur électrique. Ce sont MM. Patterson, Taylor, l'abbé dal Negro, Elija Paine, de New-York, Page, etc. Cependant la seule tentative

remarquable qui fut faite à cette époque, est celle de M. Davidson en Écosse qui, ayant installé sur une sorte de locomotive son moteur électrique, vit cette dernière remorquer un poids de six tonnes.

Nous verrons plus loin, en détail, la construction d'une locomotive de ce genre, récemment inventée, et

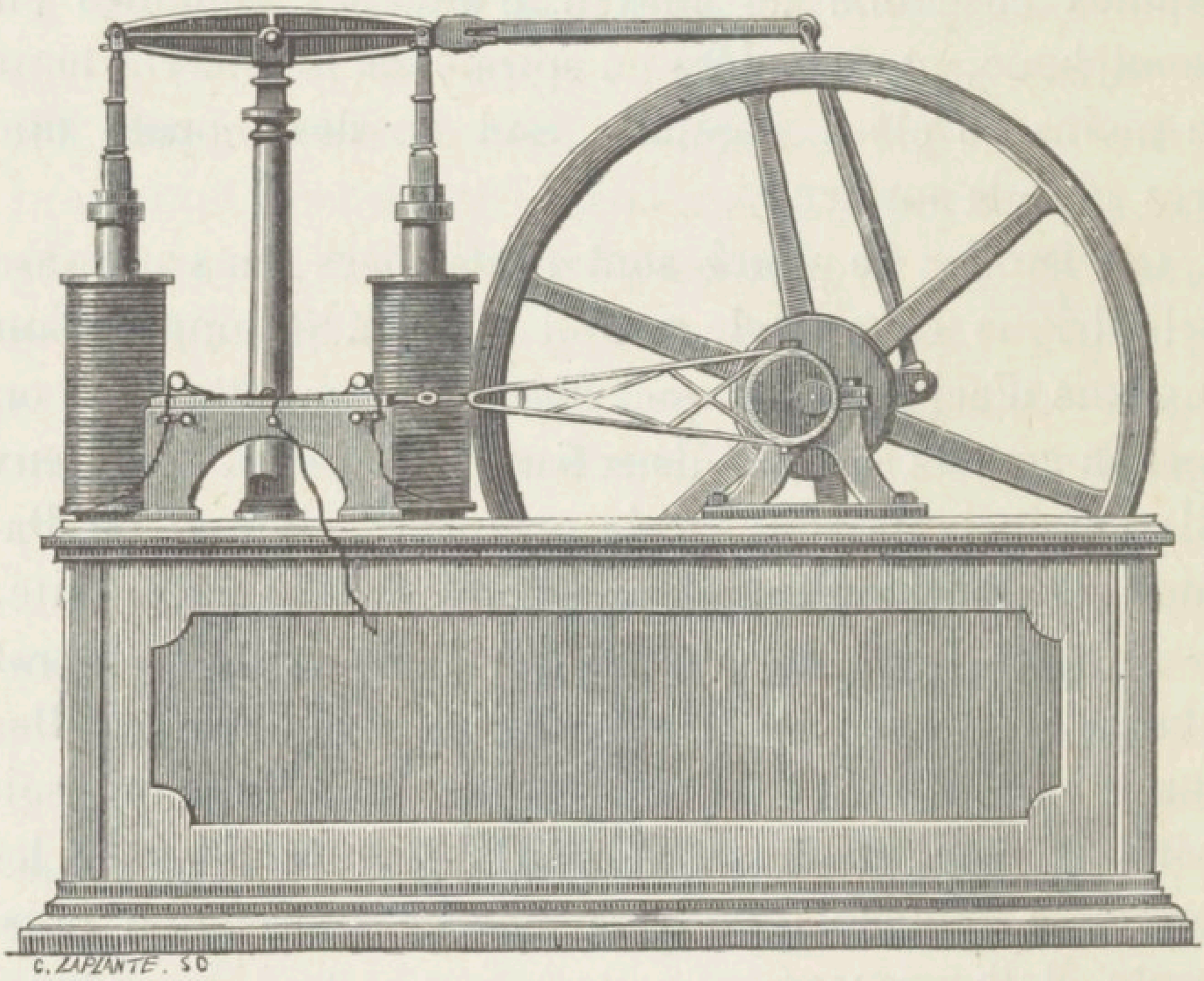


Fig. 86. — Moteur électrique Bourbouze.

dont la disposition est à peu près la même que celle de M. Davidson.

La machine électro-magnétique de M. Page, dont la description produisit une certaine sensation aux États-Unis était construite sur le principe des électro-aimants creux, c'est-à-dire dans lesquels les barreaux de fer doux sont mobiles. Beaucoup de moteurs électriques

modernes sont édifiés de la même façon. Ainsi disposés, leur marche est analogue à celle des machines à vapeur à balancier et à simple effet. Le cabinet de physique de la Faculté des sciences de Paris possède un moteur de cette forme, d'une puissance d'environ un demi-cheval-vapeur. Il a été construit par M. Bourbouze[1].

Dans ce moteur (voir fig. 86), la pile électrique, du système de Bunzen, est renfermée dans le socle de l'appareil et les fils, avant d'arriver aux bornes, passent par un commutateur qui interrompt ou intervertit le le mouvement de l'appareil.

De cette façon, les vapeurs nitreuses qui se dégagent de la pile ne peuvent aucunement incommoder les expérimentateurs.

Il est vrai qu'en remplaçant l'acide nitrique du vase poreux par du bichromate de potasse additionné d'acide sulfurique, elle perd absolument toute mauvaise odeur.

Mais les moteurs électriques qui, jusqu'à présent, ont donné les meilleurs résultats sont ceux de M. Froment.

M. Froment, mort en 1863, le plus célèbre constructeur d'instruments de précision de France et même d'Europe, créa un grand nombre de types de moteurs électriques, parmi lesquels nous en citerons deux des plus importants et des mieux conçus.

Le premier est disposé verticalement. Les électro-aimants moteurs sont fixés sur quatre montants en fonte, de deux mètres de hauteur. Sur le sommet se trouve le commutateur, dont le jeu distribue le fluide dans chacun d'eux. Par leur action successive, les aimants font tourner avec une certaine rapidité l'arbre

[1] Voyez l'*Électricité*, par M. Baille, Bibliothèque des Merveilles.

fixé entre deux butées. La transmission s'opère au moyen de deux engrenages d'angle, dont l'un est calé sur l'arbre de la poulie. Cet appareil communiquait la force motrice aux machines à diviser de l'atelier de M. Froment.

Le même constructeur fit ensuite fabriquer un

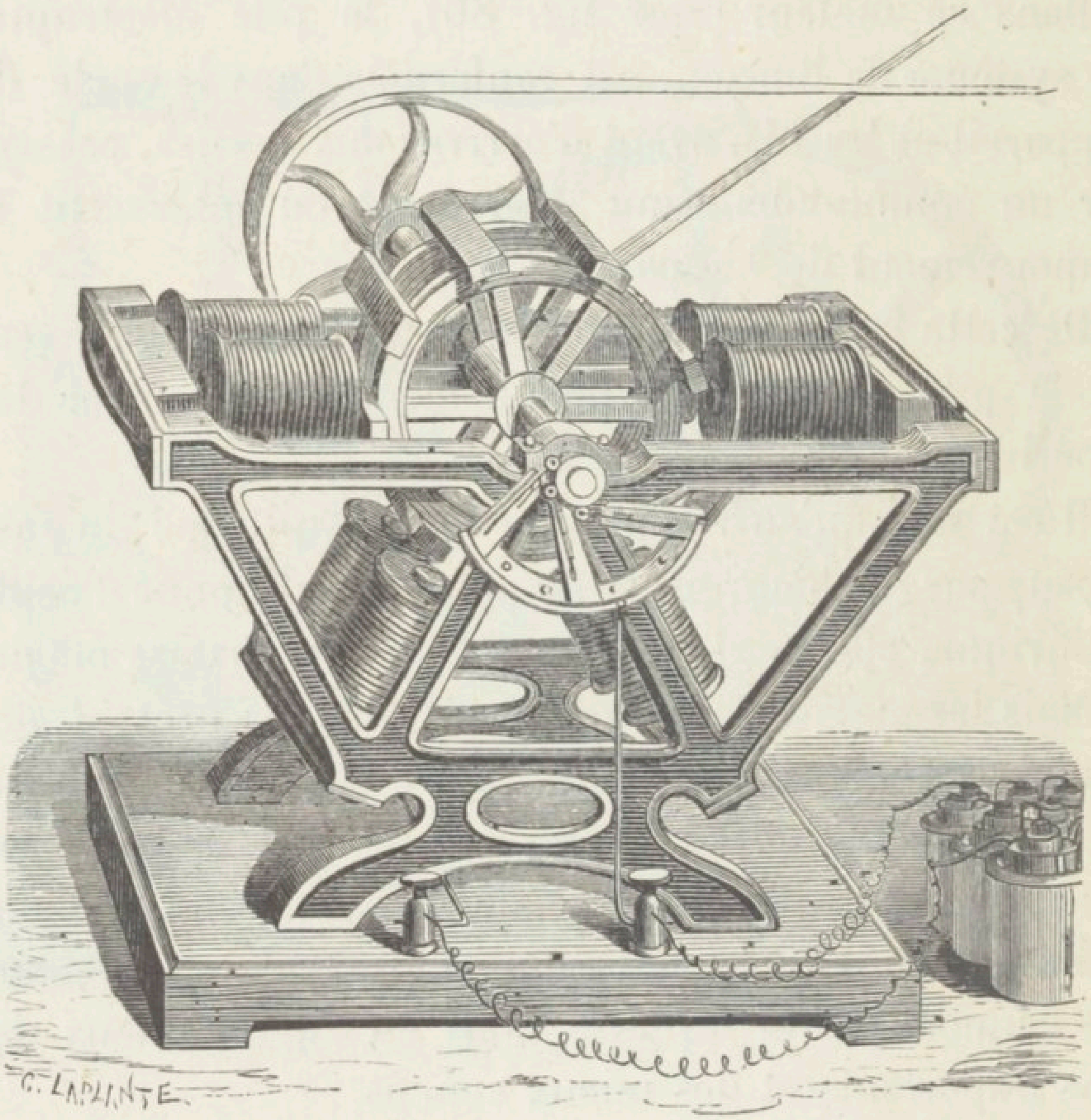


Fig. 87. — Moteur Froment (Dessus enlevé).

moteur, tout à fait différent du premier, et qui donna des résultats inattendus. Voici comment était disposée cette seconde machine (fig. 87) :

Sur un bâti en fonte, sont fixés les électro-aimants, au nombre de trois ou quatre ordinairement. Soutenu par un arbre en fer, reposant sur des paliers, est placé

une roue de cuivre, sur laquelle se trouvent fixées à distances égales les unes des autres de larges plaques de fer doux.

Par un artifice de mécanique ingénieux et que la roue met en mouvement, une sorte de commutateur dirige le courant dans chaque électro-aimant à son tour.

C'est-à-dire que, lorsqu'on met cette machine en action, le courant passe d'abord dans un électro qui attire la plaque la plus près de lui. Lorsque cette armature a dépassé le point d'attraction, le courant passe dans un second électro qui agit à son tour pour l'attirer, et ainsi de suite, chaque effet succède mathématiquement à l'effet précédent, et la roue tourne avec une rapidité variant d'après l'intensité du courant.

Comme nous le disions, ce moteur est le meilleur dans son genre, qui ait été inventé jusqu'ici, et c'est le seul qui ait jamais été employé à une œuvre sérieuse. M. Froment son constructeur s'en servait comme de moteur dans ses ateliers. Quelques industriels l'ont imité et c'est du modèle à roue qu'ils se sont servis.

II. MOTEURS ÉLECTRIQUES

De MM. de Molin, Larmenjeat, Loiseau, Bonnet, Roux, Luizard, etc.

Depuis M. Froment, la forme et la disposition des moteurs électriques a bien souvent varié, quoique en réalité le principe soit toujours le même : la force attractive d'un ou plusieurs électro-aimants.

Parmi tous ces différents systèmes, nous choisirons les types principaux, ceux dont on trouve de petits modèles chez les fabricants d'instruments de précision et quelques autres, qui, essayés en grand, ont donné quelques résultats pratiques.

Le bateau de M. de Molin, par exemple, pourrait être rangé dans cette dernière section. Il fut expérimenté en 1866 sur le lac du bois de Boulogne et il remonta facilement contre le vent en portant 14 personnes, ce qui équivalait à la force de deux bons rameurs.

M. Larmenjeat a inventé aussi un système de moteur dans lequel l'arbre portait enroulé en hélice autour de lui, une lame d'acier tournant par l'attraction de trois paires d'électro-aimants[1].

M. Loiseau, constructeur d'appareils de physique, a

[1] Le *Moteur électrique*, par L. Figuier.

présenté à l'Exposition universelle de 1867 une série de petits moteurs dont voici les principaux :

L'électro-aimant, dans l'un, est placé sur une planchette et deux bornes amènent le courant. Au-dessus et à une très petite distance des deux barreaux se trouve l'armature, petite plaque de fer ordinaire, qui se trouve tour à tour attirée et repoussée pendant le passage du courant. A un bout, cette armature est supportée par

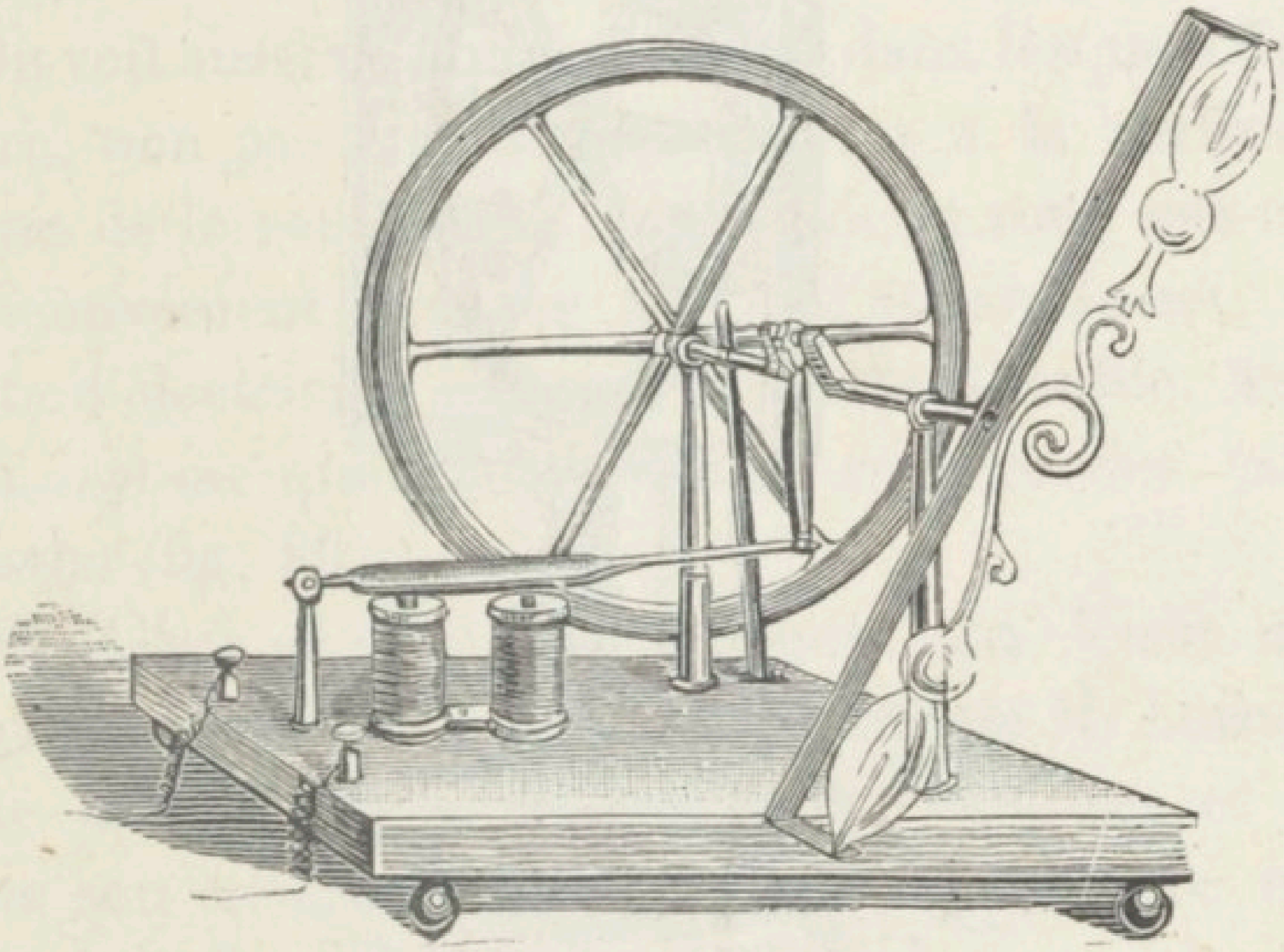


Fig. 88. — Moteur Loiseau.

un pilier de cuivre où elle pivote facilement, et à l'autre, celui où l'oscillation est le plus sensible, est fixée une bielle communiquant le mouvement au moyen d'un arbre coudé, à une petite roue servant de volant de transmission (voir fig. 88).

Ainsi disposé, ce petit moteur est celui que l'on vend partout pour la démonstration de la transformation du fluide électrique en travail mécanique. On y a adapté une pompe et divers objets que le moteur fait

tourner. C'est la manière la plus simple d'instruire en intéressant.

Le même inventeur a construit un autre moteur qui sert principalement à faire tourner des tubes de Geissler. L'armature est remplacée par le bâti même, lequel est en fer, et ce sont les électro-aimants, qui, fixés

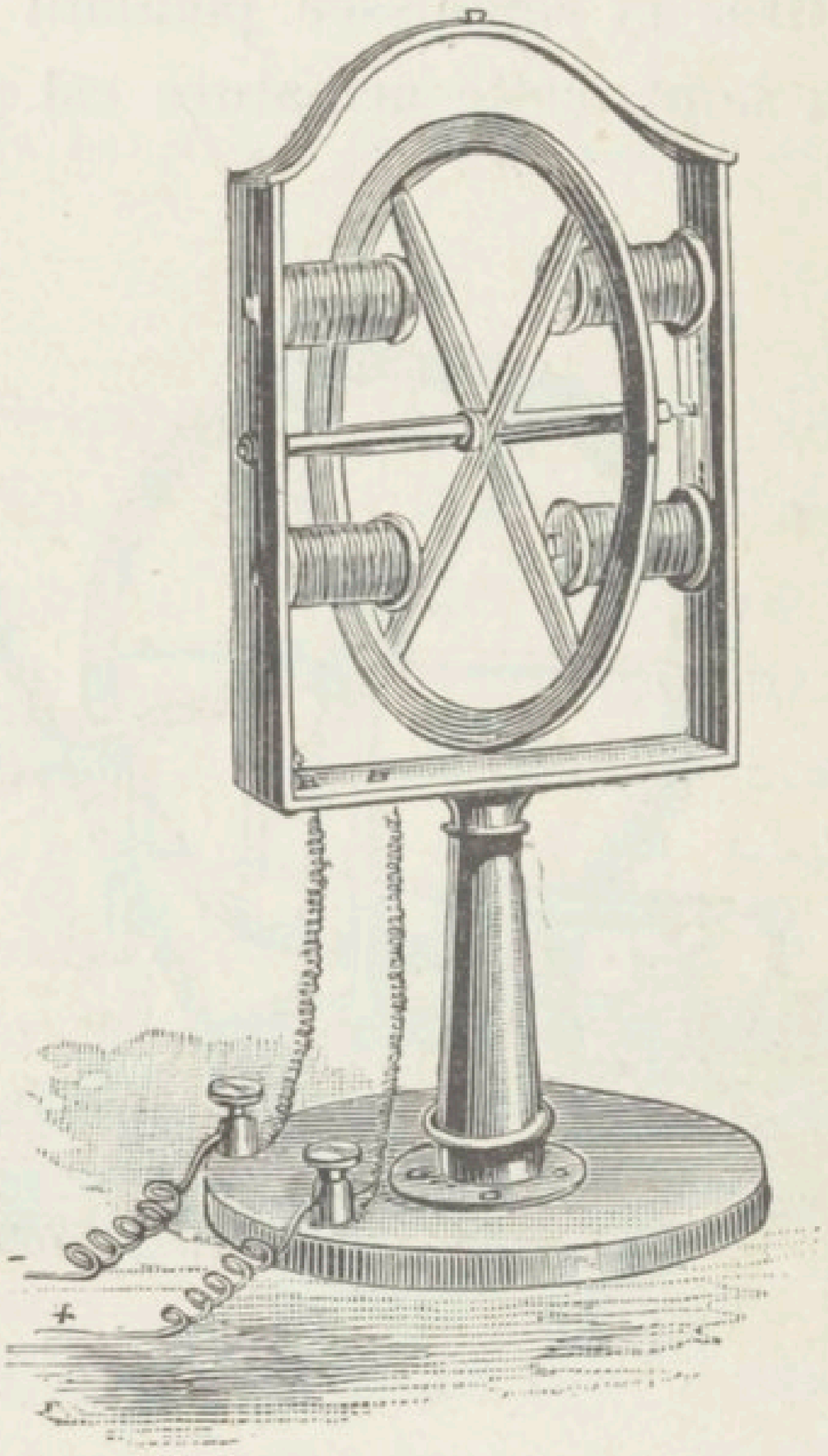


Fig. 89. — Moteur de M. Bonnet.

sur l'axe, sont mobiles. C'est diamétralement opposé à la disposition précédente, malgré cela son usage est assez répandu.

M. Casal, ingénieur français, a aussi imaginé un moteur électrique, peu différent de celui que nous venons de décrire, et il l'a appliqué à la marche des machines à coudre.

M. Bonnet, fabricant d'appareils électriques, a varié, d'après leur destination, la forme de ses moteurs. Dans la disposition verticale, une rondelle de fer est attirée tour à tour par deux électro-aimants *circulaires*. La tige à bielle articulée, transforme en mouvement circulaire, le mouvement de haut en bas alternatif que subit cette sorte de piston. La disposition horizontale est à peu près la même chose. Le disque-piston est remplacé par une simple lame de fer, et la tige, montée directement sur le volant, est articulée.

On voit aussi quelques moteurs dans lesquels l'aimant attire, non pas les plaques placées à la surface extérieure de la roue, mais les bras de la roue eux-mêmes. L'inconvénient dans ce genre d'appareils est, que la perte d'électricité est par trop considérable. Aussi ne s'en sert-on que peu, pour la rotation des tubes de Geissler (fig. 89).

M. Allen et M. Luizart ensuite ont décrit d'autres mécanismes électriques. Le système de M. Luizart consiste dans l'emploi des barreaux mobiles, et comme dans son moteur, l'oscillation de l'armature est exagérée, l'effet en est beaucoup plus grand. Chaque mouvement du barreau fait accomplir une révolution aux volants dont sa machine est pourvue et rend possible les vitesses de 160 tours à la minute.

M. Gaiffe possède aussi un type de moteur électrique. C'est une petite locomotive, simple appareil de démonstration, sur laquelle est fixé le mécanisme moteur, consistant en une roue à encliquetage, calée sur l'essieu des roues motrices et que les électro-aimants, au nombre de deux, font tourner au moyen d'un cliquet de cuivre.

Le courant électrique qui passe dans les spires de l'aimant, arrive par les rails, entre lesquels se trouve le commutateur que la locomotive déclanche, lorsqu'arrivée à bout de course, elle va revenir en arrière.

M. Radiguet possède un type de petit moteur électrique, curieux par sa disposition. La roue motrice est en fer, et ce sont deux électros, attirant sa circonférence, qui la font tourner. Ensuite l'appareil est monté sur le couvercle de la pile, pile au bi-chromate bien entendu. Toutes les dispositions inventées par cet ingénieux physicien, sont extrêmement variées, aussi est-il impossible de les décrire en détail.

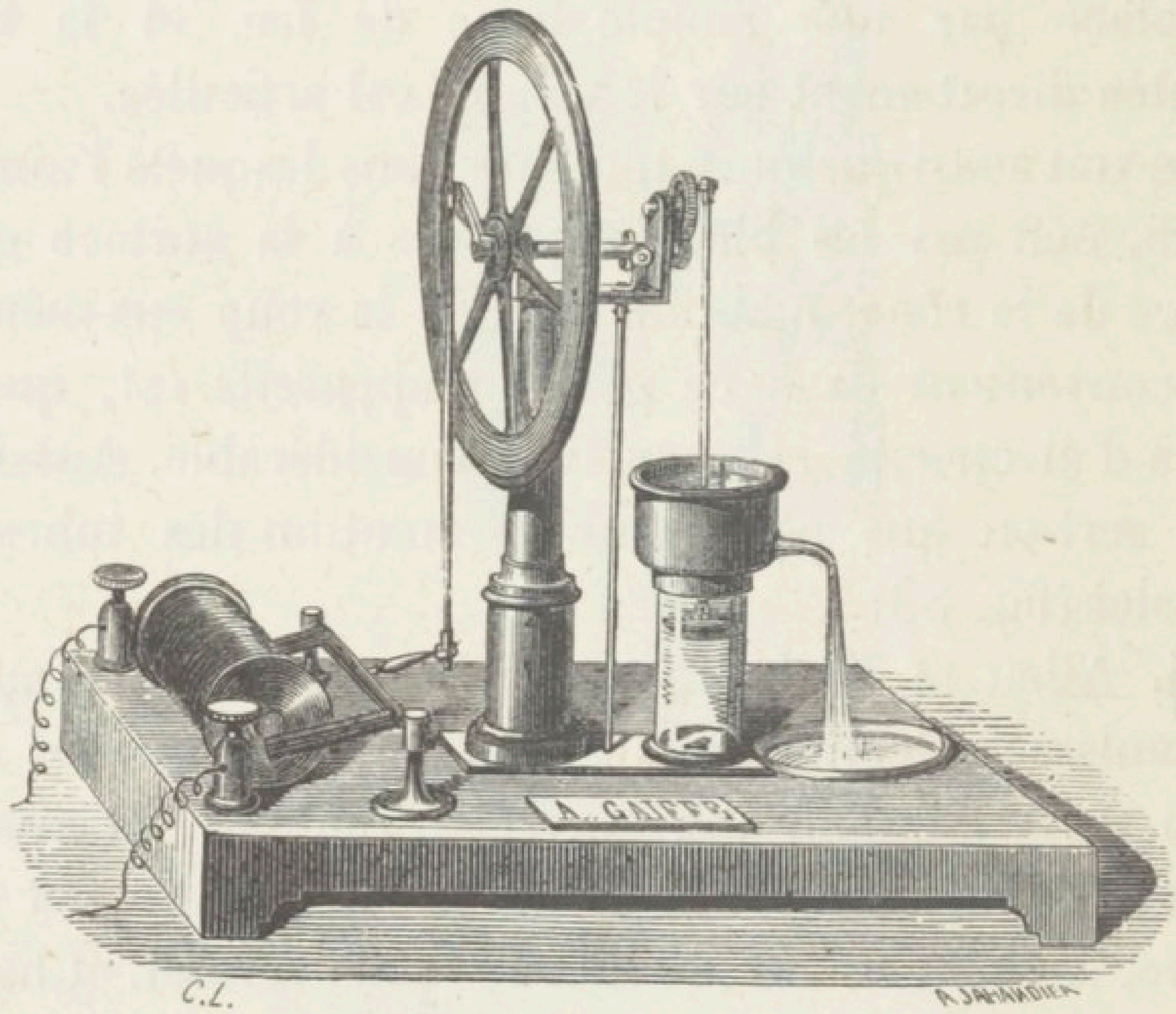


Fig. 90. Moteur électrique de M. Gaiffe.

Chaque constructeur d'appareils de précision fabrique un type différent de moteur électrique, mais partout c'est, non pas pour servir à l'industrie, mais

bien en quelque sorte comme amusement scientifique. Le dernier modèle inventé que nous connaissions est celui de M. Trouvé. Il se compose d'une bobine Siemens perfectionnée et d'une grande puissance. C'est le plus énergique et le meilleur de tous ceux inventés jusqu'ici.

Disons un mot maintenant de l'avenir probable des moteurs électriques.

La cherté excessive de l'électricité produite par les piles, est une chose qui empêchera beaucoup ces sortes d'appareils de se généraliser. Ensuite, pour que les moteurs électriques rendissent un effet vraiment utile, il faudrait que la course de l'armature ou du cylindre, fût beaucoup plus grande, ce qui est impossible, car l'attraction de l'aimant diminue, comme l'attraction planétaire, selon le carré des distances. De plus, ces moteurs sont excessivement lourds : un moteur de la force d'un homme, construit par M. du Moncel pesait 500 kilog., celui de M. Froment, déjà cité, d'une puissance de 2 chevaux-vapeur 800 kilogrammes.

On pourrait, il est vrai, puisque l'électricité engendrée par les machines dynamo ou magnéto-électriques ne coûte presque rien, l'employer à cette fin, mais comme pour faire tourner le cylindre de la machine Gramme il faut un moteur, gaz, vapeur, air chaud, eau, etc., est-il préférable d'utiliser directement cette puissance motrice, au lieu de lui faire subir tant de changements dans lesquels elle ne peut que s'amoindrir.

Depuis l'invention de l'accumulateur Faure, variété de pile à courants secondaires, une société intitulée : *La Force et la Lumière* par l'*Électricité*, vient de se fonder à Paris sous le patronage d'un banquier très connu. Elle a pour but de fournir la force motrice à

domicile, ainsi que la lumière, le tout à un prix extrêmement minime. L'accumulateur Faure, disent les prospectus rédigés scientifiquement, peut fournir 5 kilogrammètres pendant 7 heures. Cet énoncé semble peu probable. Les expériences faites jusqu'ici n'ont pas, du moins, donné de tels résultats, tant s'en faut, aussi ne peut-on se prononcer définitivement sur l'avenir de cette curieuse force motrice.

III. LES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ COMME FORCE MOTRICE

Vu sa dépense excessive, son volume et les résultats obtenus à grand'peine, les applications de l'électricité comme force motrice n'ont pas été nombreuses jusqu'à présent. Les inventeurs qui voulaient supprimer la vapeur pour la remplacer par une force plus économique et surtout n'usant pas de charbon, en sont revenus au moteur ordinaire, actuellement irremplaçable d'une façon pratique.

Aussi, sauf un petit nombre de cas, l'électricité a-t-elle été reléguée au second plan et ce n'est que pour le labourage, la navigation et les chemins de fer qu'on a essayé de son emploi.

A vrai dire, le télégraphe est une application de la force motrice de l'électricité; le fluide agit sur les barreaux d'électro-aimants placés à une plus ou moins grande distance et leur fait accomplir divers travaux.

Dans le télégraphe Morse il fait agir le poinçon gaufreur, dans celui de M. Bréguet, il provoque le tremblement de la sonnerie ou mieux du timbre avertisseur, et enfin dans celui de Hughes, il actionne tous les engrenages de l'appareil imprimeur. C'est là l'une des applications les plus usuelles du courant électrique des piles.

Dans le régulateur Serrin et dans l'appareil Foucault-Duboscq pour l'éclairage électrique, une partie du courant qui sert à la production de la lumière, est détournée pour produire l'action mécanique nécessaire à rendre la fixité au point lumineux, sans cesse dérangé par suite de l'usure inégale des charbons.

L'appareil régulateur est trop compliqué pour que nous le décrivions ici, où d'ailleurs, il ne serait pas à sa place. Qu'il nous suffise donc de dire qu'il se compose d'un électro-aimant faisant tourner une série de roues à rochet dont l'une engrène avec la tige à crémaillère du porte-charbon supérieur.

Il y a quelques années des essais de labourage à l'électricité ont été faits à Sermaize-sur-Marne, chez M. Félix. Voici la manière dont on procédait :

L'usine où se trouve le moteur et la machine magnéto-électrique est située à 2 kilomètres environ du champ à labourer. Les courants électriques arrivent, par des câbles entourés de gutta-percha, à la machine Gramme placée sur le chariot qui avance comme par l'action de la vapeur. L'hiver, le même industriel bat ses blés en grange par le même procédé, il fait mouvoir des treuils et différents appareils dans des endroits où il serait impossible de se servir d'une locomobile sans craintes d'incendie.

C'est surtout à la navigation que l'on a tenté d'appliquer l'électricité. M. Jacobi, l'inventeur du premier moteur électrique, avait fait construire une chaloupe avec laquelle il fit plusieurs expériences. On sait ce qu'il en advint. Après lui, M. de Molin adapta un moteur électrique à un bateau qui navigua avec douze personnes à bord en remontant contre le vent.... sur un

étang. Mais le meilleur système que nous connaissions est celui de M. Trouvé que M. G. Tissandier a décrit dans le nº 419 du journal la *Nature*.

Le bateau le *Téléphone*, dit M. Tissandier, a 5^{m},50 de

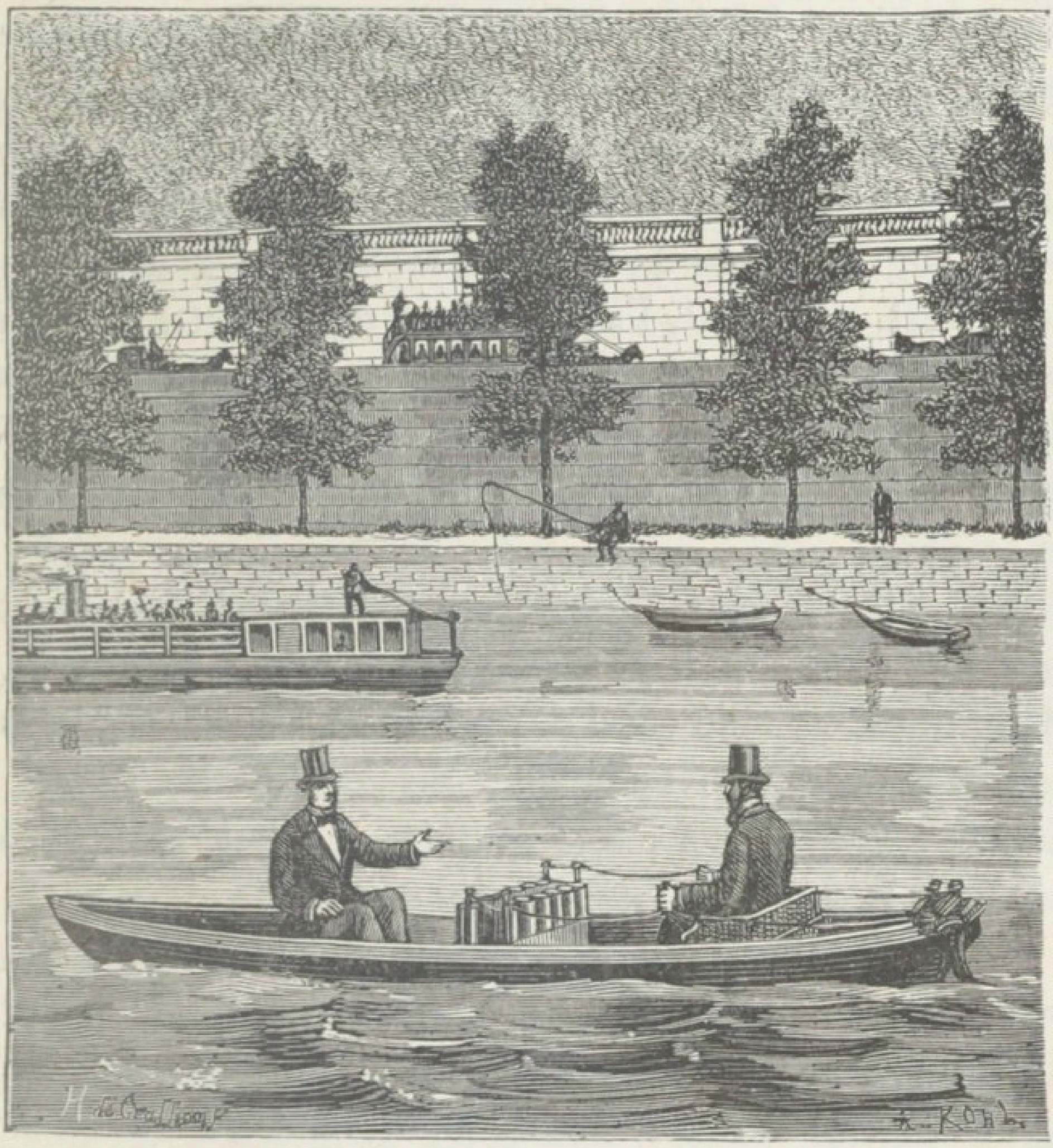


Fig. 91. — Bateau électrique M. Trouvé.

longueur sur 1^{m},20 de largeur et pèse 80 kilogrammes. Au milieu se trouvent les piles au bi-chromate de potasse, deux batteries de six éléments chacune et d'un poids total de 24 kilos. L'emploi de deux batteries est plus commode, parce que la nuit on peut marcher

avec l'une et s'éclairer électriquement avec l'autre

Le moteur, qui ne pèse que 5 kilogrammes est fixé sur le gouvernail. Par ce moyen les fils conducteurs servent en même temps de guides, car ils sont isolants.

L'appareil moteur se compose d'une bobine perfectionnée Siemens, dont l'énergie est très grande. Cette bobine, par un dispositif très simple actionne une roue, laquelle communique son mouvement avec une chaîne Galle, à une hélice à trois branches, dont les pivots sont sur la plaque de tôle évidée du gouvernail.

Tel est, en détail, l'agencement de ce bateau qui a fonctionné pendant un certain temps sur la Seine, près du quai des Tuileries et qui a été visité par les électriciens les plus en renom ainsi que par les célébrités de la science.

Un autre bateau électrique a fonctionné également sur une rivière, il y a quelque temps. L'inventeur, M. Simura, emploie aussi des piles au bi-chromate, mais son moteur diffère totalement de celui de M. Trouvé. Son énergie est aussi très grande, paraît-il, et elle se base sur la puissance des électro-aimants.

La vitesse de rotation de l'arbre de couche, dans les expériences faites l'année dernière a varié entre 30 et 110 tours par minute, d'après l'énergie du courant électrique, et la marche obtenue du bateau s'entend de 15 à 25 kilomètres à l'heure, environ 6 mètres à la seconde pendant la plus grande vitesse, lorsque l'hélice donnait de 80 à 100 tours à la minute ou 1t.5 à la seconde, et le courant à sa plus haute tension. Le prix d'entretien de la pile était de 1 fr. 80 c. l'heure.

Ces expériences, dont le résultat nous a été communiqué par un de nos amis, qui a vu fonctionner ce

bateau à Boulogne-sur-Mer, sur la petite rivière la Liane, nous paraissent les plus concluantes et les mieux conduites qui aient jamais été faites, comme prix de production de la force et rendement en travail mécanique. Ajoutons que ce bateau périssoire à fond, plat de 6 mètres de long était monté par trois personnes.

On a beaucoup parlé ces dernières années d'un vélocipède mu par l'électricité et essayé à Paris même. Ce n'est pas la première tentative qui est faite dans ce sens; depuis longtemps on a cherché à appliquer une force motrice quelconque à ces légères machines, mais, il faut le dire, sans grand résultat. Tous les moteurs connus jusqu'ici s'opposent par leur poids, leur volume, l'embarras de leur combustible, à cette application.

Le vélocipède qui nous occupe est ce qu'on appelle un *tricycle* ou vélocipède à trois roues. Cette forme présente une grande stabilité, seulement la vitesse obtenue est forcément moins grande qu'avec un *bicycle* dont la grande roue atteint quelquefois deux mètres de diamètre.

L'appareil moteur avec la pile, est placé sous le siège du conducteur de la voiture et les engrenages, mis en mouvement par les électro-aimants, transmettent leur force aux deux roues motrices au moyen de tiges rigides. Malheureusement le résultat obtenu n'a pas répondu à l'attente de l'inventeur, et cette machine est tombée dans l'oubli.

On a songé aussi à appliquer l'électricité aux locomotives. Après celle de M. Davidson, la locomotive de M. Murchison offre un certain intérêt ; voici comment est agencée cette nouvelle machine :

Le châssis est supporté par des ressorts prenant leur point d'appui sur l'essieu des roues ,au nombre de quatre; c'est sur le châssis qu'est fixé la source d'électricité : douze couples secondaires de M. Planté. Une enveloppe cylindrique en bois recouvre le tout et, sur le dessus, est placé le siège du mécanicien, car cette locomotive d'un nouveau genre n'a que $1^m,20$ de hauteur totale.

Pour se rendre bien compte de la marche, il faut regarder la machine au repos.

Lorsque la course est terminée, la locomotive s'approche de la machine magnéto-électrique et l'on réunit par un fil métallique la source d'électricité avec le *magasin* les piles secondaires. Au bout d'une heure les éléments sont chargés et le galvanomètre indique la quantité d'électricité emmagasinée. On retire le fil et on est prêt à partir. Au signal, le mécanicien ouvre la communication, le fluide passe librement, traverse le fil d'une double bobine d'induction, nouveau système et arrive dans le mécanisme moteur proprement dit.

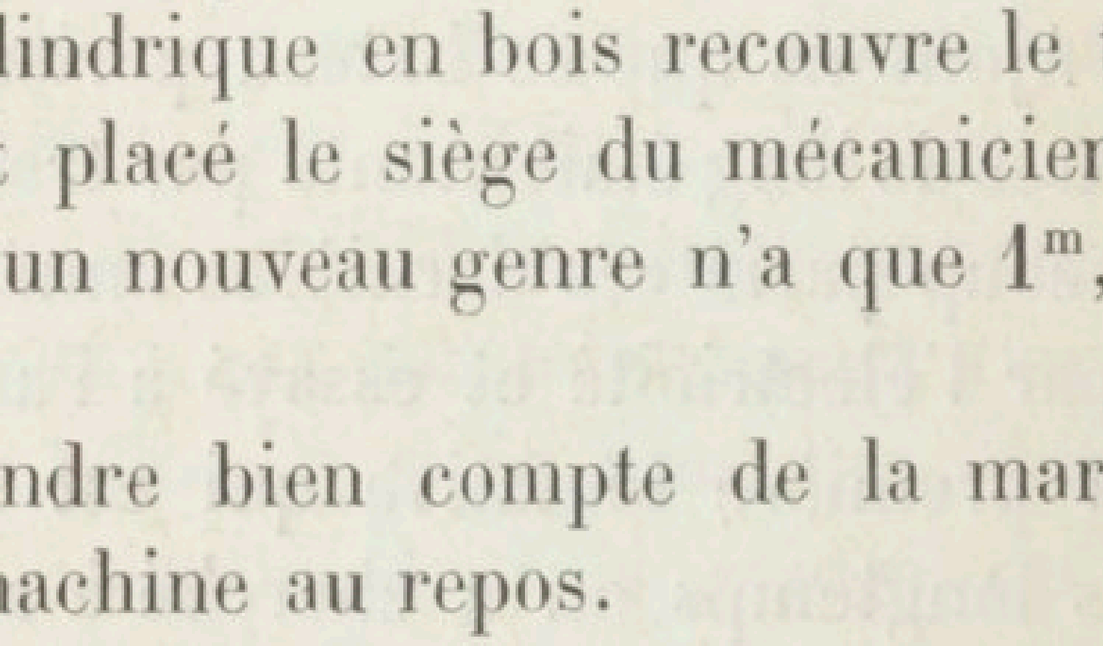


Fig. 92. — Appareil moteur de la locomotive Murchison.

Ce mécanisme (voir fig. 92) se compose d'un double électro-aimant circulaire entre les pôles duquel oscille un disque de fer, disposé comme le piston d'une ma-

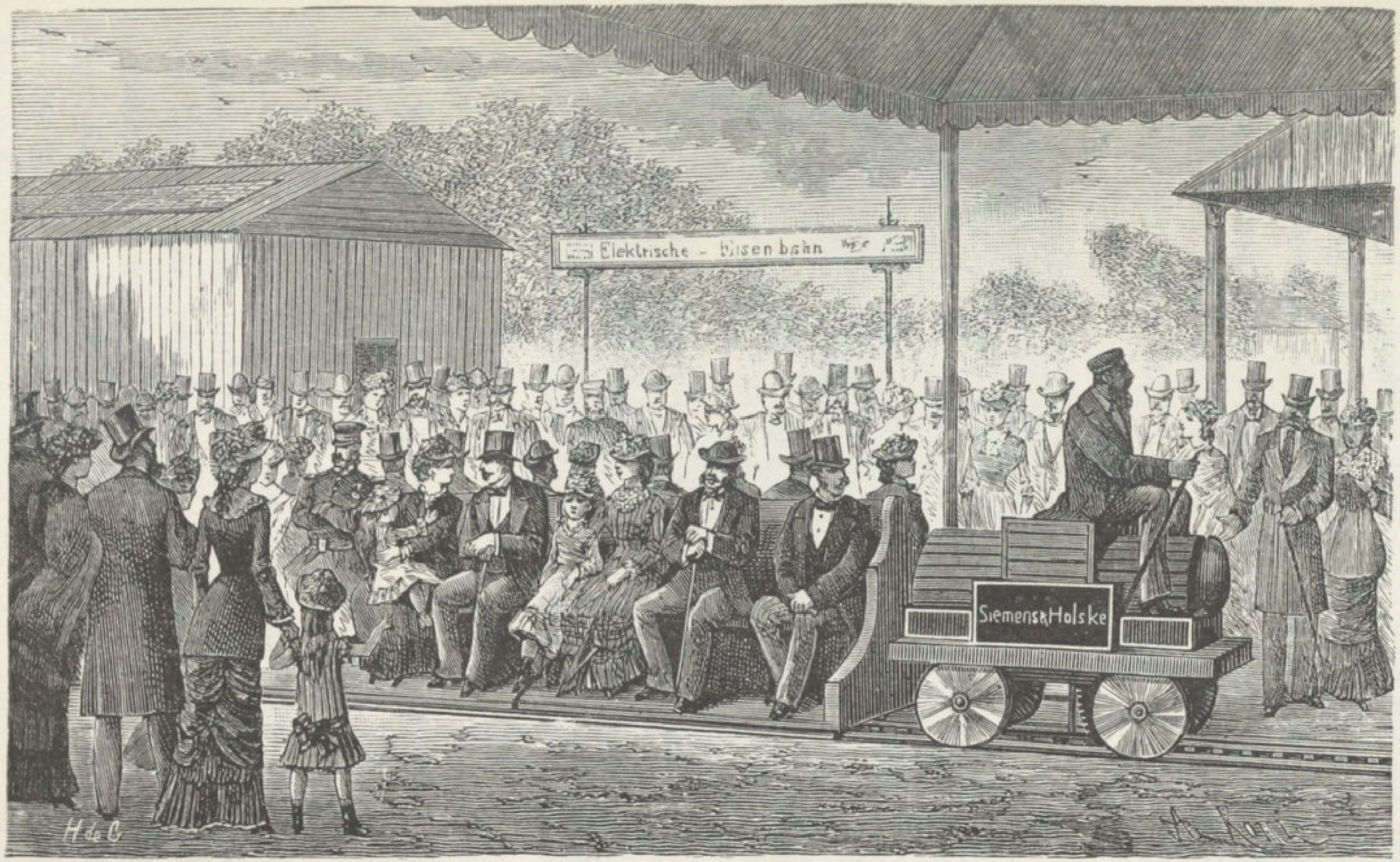


Fig. 93. — Chemin de fer électrique Siemens à l'Exposition de Berlin.

chine à vapeur ordinaire. D'après l'intensité du courant les mouvements de ce disque sont plus ou moins rapides et produisent les changements de vitesse. Lorsque le mécanicien veut arrêter sa machine, l'arrêt est presque instantané car, au moyen d'un dispositif très simple, le courant qui passait dans les électros,

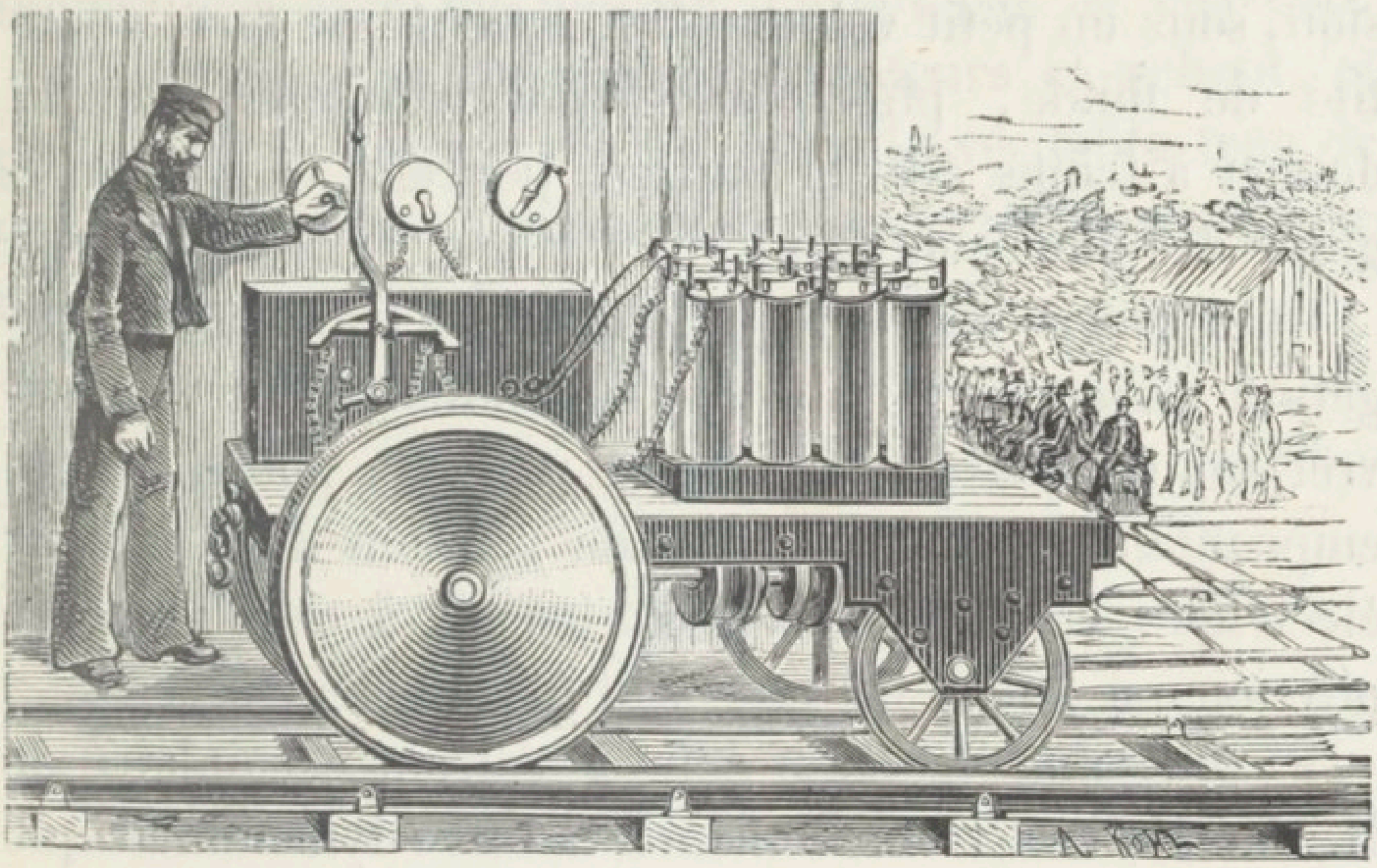


Fig. 94. — Locomotive électrique au repos en charge.

aimante la roue motrice et, par son action énergique sur le rail, retarde, ralentit l'élan et arrête le train en quelques secondes.

Toute l'électricité que renferment les piles n'est pas employée uniquement comme force motrice; une partie sert à rattacher, par le moyen de tampons, aimantés à volonté, les wagons les uns aux autres et à les détacher instantanément; une autre partie fournit la lumière à une lampe électrique placée le soir à l'avant de la locomotive.

Ce système nous semble préférable à celui de M. Sie-

mens dont on a installé le chemin de fer autour de l'exposition de Berlin (fig. 93). L'idée des piles à courants secondaires de M. Planté est, dans tous les cas, très bonne, car ce qui rendait difficile la construction d'une locomotive électrique était le volume et le poids de toutes les piles connues. L'élément Planté n'étant pas une pile, mais un magasin d'électricité à haute tension, sous un petit volume elle contient une forte quantité de fluide, plus grande que celle que pourrait donner à temps égal la Bunzen, pourtant la plus énergique des piles connues.

On a essayé aussi d'appliquer l'électricité à la navigation aérienne. M. Gaston Tissandier a fait manœuvrer un modèle de ballon mu par une petite hélice, empruntant son mouvement de rotation d'un moteur électrique Trouvé, exactement pareil à celui dont ce physicien a fait usage pour son bateau électrique.

La pile employée était celle à courant secondaire de M. Planté. Avec trois éléments, la force dynanométrique du petit moteur était de 125 grammètres, le nombre de tours faits par minute par l'hélice, de 80, et la vitesse de translation de tout le système, de 2 à 3 mètres par seconde en tous sens.

Enfin, si l'électricité doit un jour détrôner la vapeur, il faut reconnaître que jusqu'ici, malgré les quelques progrès accomplis, elle n'a pas répondu à l'attente générale. Au point où en est la science aujourd'hui il est impossible de prévoir avec certaines chances de succès l'avenir réservé aux moteurs électriques. Ils ne deviendront pratiques que le jour où une nouvelle pile, extrêmement énergique, d'un prix d'entretien et d'achat minimes, aura été inventée, ou qu'une pile secondaire

pouvant contenir, sous un très petit volume, une quantité considérable d'électricité, aura remplacé ses aînées, piles de Bunzen, de Grove, Daniell, Leclanché, Grenet, Planté, Faure, etc., toutes trop embarrassantes. Là seulement, on pourra espérer de substituer à la force docile de la vapeur, une autre force plus maniable, car, on le comprend bien, les explosions, les incendies seraient impossibles avec un moteur n'usant pas de charbon.

C'est pourquoi une nuée d'inventeurs cherchent, et probablement trouveront un jour, le véritable type de moteur électrique, rudimentaire jusqu'ici, mais appelé non sans raison : le moteur de l'avenir.

CHAPITRE VIII

MOTEURS A GAZ

Machine Lenoir. — Système Otto. — Système Bisschop. — Moteur Bénier.

I. MACHINE LENOIR

On apprit dans le cours de l'année 1860 qu'un nouveau moteur venait d'être ajouté à la liste déjà longue des moteurs connus. Le principe sur lequel se basait cette machine, n'était que la restauration, à deux siècles d'intervalle, de l'idée de Huyghens. Le savant hollandais, on s'en rappelle, produisait, au moyen de la déflagration de la poudre à canon, un développement considérable de gaz, qui provoquaient d'abord, l'ascension du piston dans le corps de pompe, ensuite un vide artificiel permettant la pesanteur de l'atmosphère de s'exercer sur la face supérieure du piston et de le faire redescendre.

Pour l'inflammation de la poudre, Huyghens plaçait dans le cylindre une mèche d'amadou, allumée à l'avance, disposition fort défectueuse et qui représente

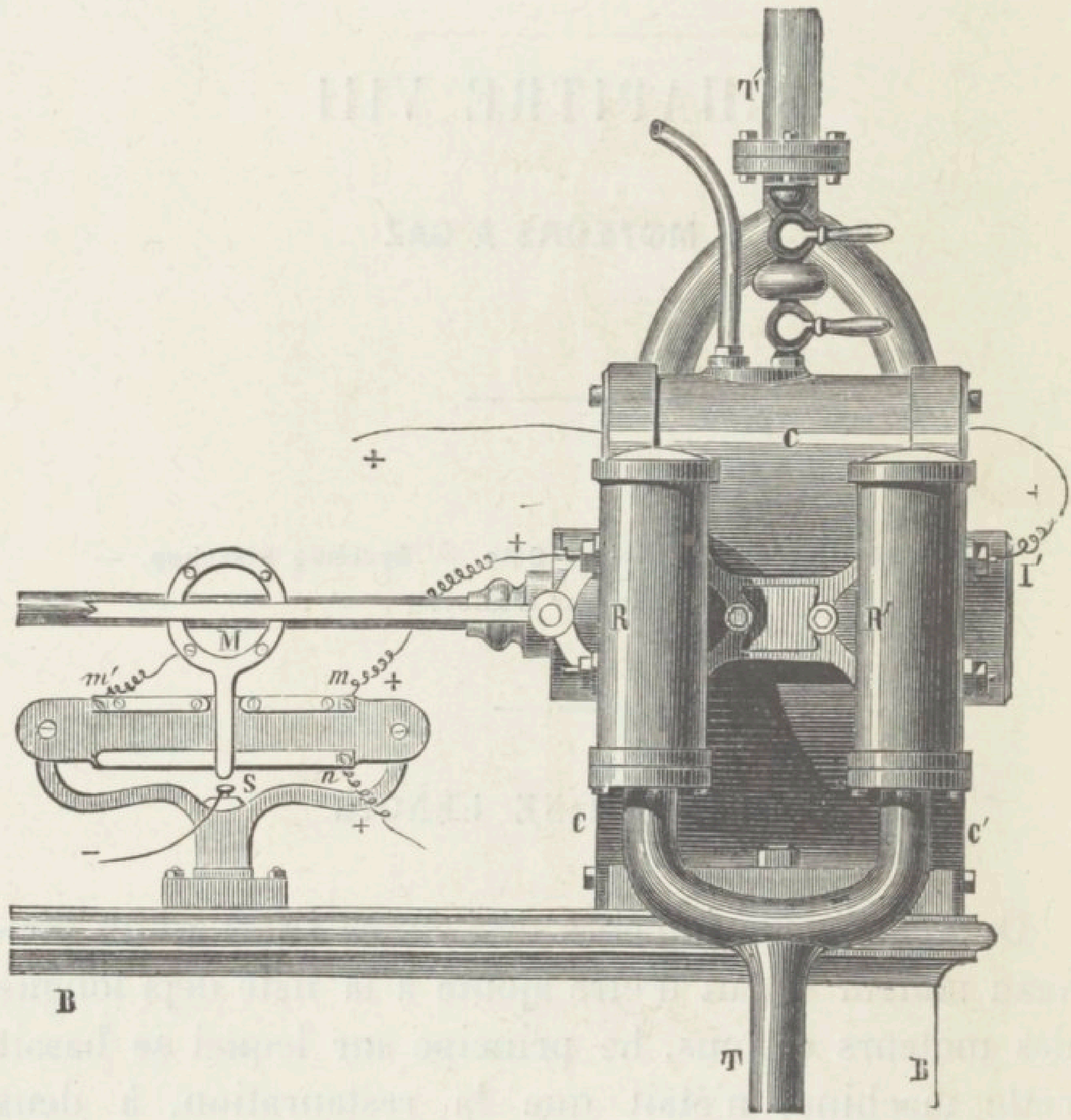


Fig. 95. — Détail de l'appareil moteur de la machine à gaz de M. Lenoir.

L piston. — B socle. — G cylindre-moteur. — RR' réservoir d'aspiration d'air et de gaz. — M glissière. — S distributeur. — T' tube d'échappement. — T tube d'aspiration. + — fils conducteurs.

bien l'état encore primitif où en était la science à cette époque.

Ce fut en perfectionnant l'idée de Huyghens que Papin trouva la machine à vapeur. Ce fut aussi en reprenant

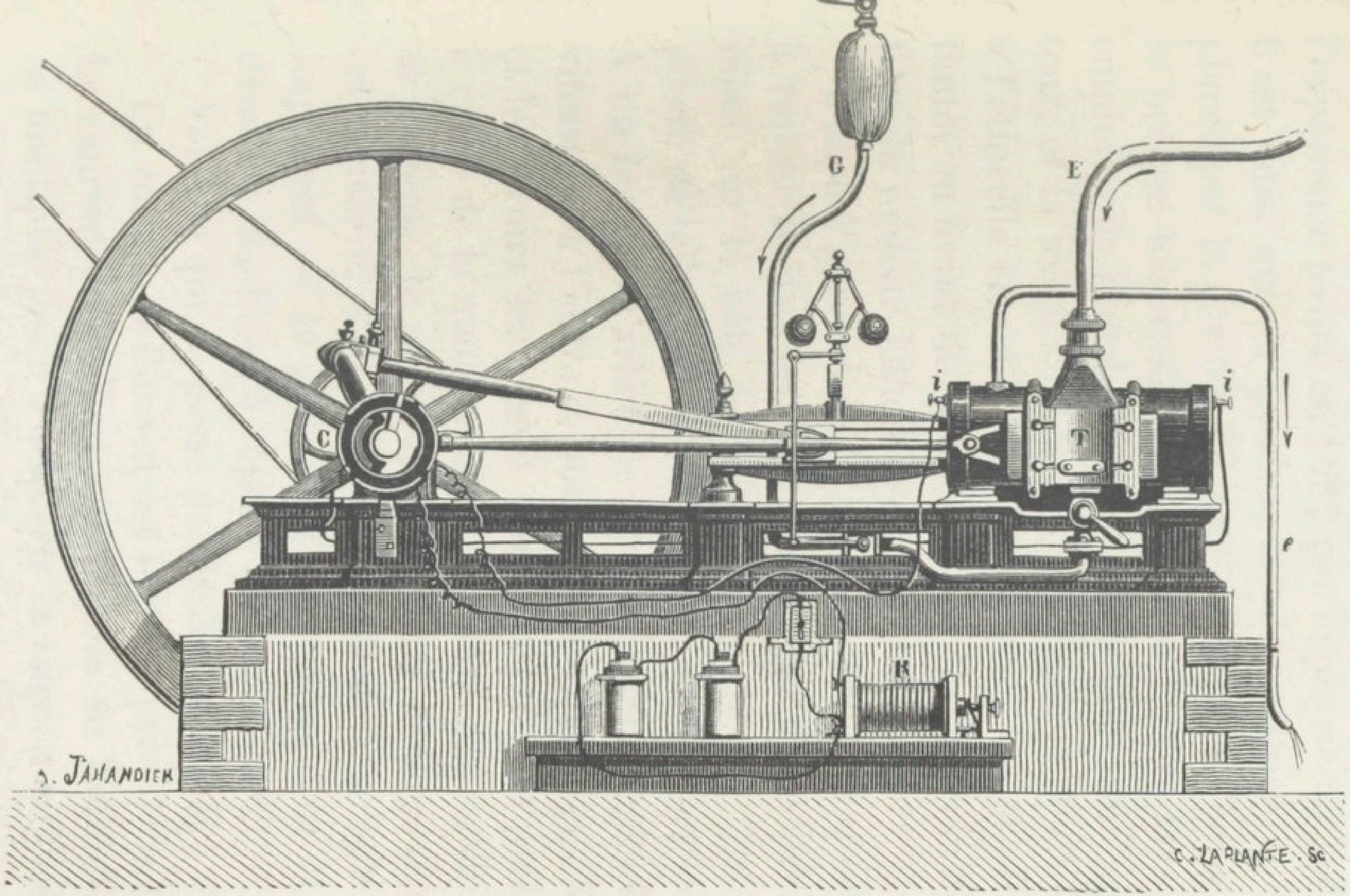


Fig. 96. — Moteur à gaz Lenoir.

G — poche régulatrice et tube de prise de gaz. — E tube d'aspiration d'air. — e tuyau d'échappement. — T tiroir. — C distributeur-commutateur. — R appareil électrique ; pile de Bunzen et bobine Rhumkorff; — *ii* bornes réophores.

cette idée à un point de vue différent que M. Lenoir créa la machine à gaz.

Le principe de ce moteur est la répétition, avec tous les moyens que la science a mis à notre disposition, de l'expérience tentée en 1682 par le physicien hollandais. C'est ainsi que la poudre, moyen grossier, a été remplacée par le gaz d'éclairage, mélangé à l'air commun, se prêtant beaucoup mieux par sa forme physique aux emplois que Huyghens avait rêvés pour son agent moteur, et la mèche, ce système rudimentaire d'allumage, à l'étincelle électrique, se produisant tantôt en arrière, tantôt en avant du piston. Voici d'ailleurs la construction du moteur Lenoir (voir fig. 96) :

L'aspect général de la machine est celui d'un moteur à vapeur horizontal. Le cylindre est placé horizontalement sur le bâti de fonte. supporté par un socle de pierre de taille, et la bielle avance entre deux glissières. A un bout de l'arbre se trouve le volant régulateur de vitesse, et à l'autre la poulie de transmission. Le piston et les tiroirs seuls sont d'une disposition particulière, à cause de la manière d'emploi du nouveau fluide. Dans ce système, le modérateur de Watt, à force centrifuge, est conservé, e' — c'est là que réside le progrès le plus important — le générateur, si encombrant et si lourd dans les machines à vapeur est supprimé.

Voici ce qui se passe pendant la marche :

Un couple de Bunzen est installé près de la machine. Le courant passe dans une bobine de Ruhmkorff où il se multiplie jusqu'à acquérir la tension suffisante pour produire une étincelle. Des deux fils partant de la bobine, l'un arrive au cylindre et l'autre à l'appareil distributeur.

Cet appareil n'est autre qu'un excentrique fixé sur l'arbre, et sur le collier duquel ont été pratiqués des vides, destinés à interrompre le courant, et à l'envoyer à intervalles réguliers au piston. Lorsque le robinet du tuyau qui amène le gaz est ouvert, ce fluide entre par bulles et se mélange à l'air qui remplit le cylindre. Il arrive, tantôt en avant, tantôt en arrière du piston, d'après le jeu du tiroir, agencé comme pour la distribution de la vapeur dans une machine à vapeur (fig. 95).

Le cylindre étant électrisé négativement, lorsque le piston, électrisé positivement s'approche du fil de platine appelé inflammateur, l'étincelle jaillit et provoque la combustion spontanée du gaz. Par suite de la déflagration de la masse gazeuse, le piston est lancé en avant, la bielle suit le mouvement et fait accomplir un demi-tour à l'arbre sur lequel elle est clavetée. Le tiroir d'échappement est ouvert et les produits de la combustion s'échappent au dehors. Une seconde étincelle jaillit lorsque le piston est à la fin de sa course, enflamme une nouvelle quantité de gaz et le repousse à sa position première.

C'est la répétition de ces mêmes effets qui produit un travail moteur continu faisant tourner le volant d'une façon régulière et suivie.

Comme, lorsque l'inflammation du gaz se propage à l'intérieur, la température s'élève, il est nécessaire de refroidir constamment l'extérieur du cylindre, pour éviter le grippement et la déformation du métal. Ce refroidissement est opéré au moyen d'une couche d'eau froide dans laquelle baigne le cylindre moteur. En réalité, un manchon de fonte entourant ce dernier entièrement, on le remplit à volonté d'eau, arrivant par

un tube, et s'écoulant d'elle-même, dès qu'elle a atteint une certaine température.

Une objection a été élevée contre l'adoption de ce moteur. Dans les villes, la marche de l'appareil est assurée, la canalisation est là, on établit un branchement et tout est dit. Mais dans les campagnes il n'en est pas ainsi, et, à moins d'installer des gazomètres, ont dit quelques personnes, il est impossible de se servir de la machine.

M. Lenoir a victorieusement répondu à cette objection en disant que le gaz d'éclairage bicarboné n'est pas indispensable à la marche de son appareil, et qu'on le peut facilement remplacer par la vapeur des hydrocarbures liquides. Dans ce cas, l'excès de chaleur produit par la déflagration du mélange gazeux, à l'intérieur du cylindre, peut être mis à profit pour vaporiser les hydrocarbures, et par conséquent l'entrée et la propagation de la machine à gaz est assurée dans les campagnes.

L'invention du moteur à gaz a une portée immense; elle a fait accomplir un pas considérable à la science des moteurs, car cet appareil a en effet une utilité incontestable dans un grand nombre de cas.

Sa conduite est d'une facilité exemplaire : on ouvre deux robinets et c'est tout.

L'installation est d'une simplicité primitive; le moteur se boulonne dès son arrivée sur le premier massif, la première pierre de fondation venue.

L'entretien n'en est ni difficile, ni coûteux ; il se borne au graissage régulier des pièces.

La pose est rapide; on établit un branchement sur la conduite principale de gaz et un autre tuyau sur la canalisation d'eau.

La consommation n'est pas très grande et réalise, par conséquent, de notables économies sur la machine à vapeur. Surtout, ce qu'il faut considérer, c'est que ce moteur n'exige aucune personne spéciale pour sa conduite, qu'il ne consomme pas à l'état de repos, et que, dans aucun cas, il ne peut causer une explosion dangereuse.

Quelques améliorations ont été apportées depuis 1860, à la machine Lenoir. C'est ainsi que la pile Bunzen et la bobine de Ruhmkorff ont été remplacées par la pile thermo-électrique de Clamond, alimentée comme le moteur même par le gaz d'éclairage.

Aujourd'hui, grâce aux études sérieuses faites sur ce sujet, le moteur à gaz a subi bien des perfectionnements, que nous allons pouvoir apprécier dans les pages qui vont suivre, traitant des moteurs à gaz actuels et de différents systèmes.

II. LE MOTEUR A GAZ OTTO.

La première machine construite après celle de M. Lenoir et ne marchant que par le gaz d'éclairage ou la vapeur combustible d'hydrocarbures liquides, fut celle de MM. Otto et Langen, mécaniciens allemands.

Contrairement à M. Lenoir, ces deux ingénieurs avaient adopté la position verticale pour leur moteur. Le tiroir, le cylindre et leurs accessoires étaient placés sur les côtés d'une forte colonne de fonte, sur le sommet de laquelle se trouvait supporté par des paliers, le volant et la poulie de transmission (fig. 97).

C'était en 1865. Deux ans plus tard les mêmes ingénieurs exposèrent un autre moteur dont la disposition était horizontale, revenant par là à celle employée par l'inventeur français.

Ce système eut plus de succès que le précédent. Quoique pour le bon fonctionnement de l'appareil il fallût des volants lourds et bien équilibrés, il se propagea, et plusieurs moteurs d'une force variant entre 20 et 50 chevaux furent construits en Angleterre.

Après des études consciencieuses, persévérantes, et d'après les indications de la pratique, M. Otto, seul cette fois, corrigeant, améliorant toutes les pièces de son mécanisme, fit connaître le véritable moteur à gaz, si-

lencieux, tel que le possède la *Compagnie Française des Moteurs à gaz*, seule concessionnaire du brevet en France.

Dans ce nouveau système, le cylindre est ouvert d'un côté; le piston, sa tige, l'arbre coudé et la bielle sont analogues aux organes de même nom d'une machine à vapeur horizontale.

Le piston étant au bout de sa course laisse entre lui et le fond du cylindre un espace appelé *chambre de compression*. Par un premier coup de piston en avant, un mélange d'air et de gaz est aspiré dans cette chambre. Lorsque le piston revient sur lui-même il comprime ce mélange; le tiroir démasquant alors la flamme d'un filet de gaz, allume ce mélange. Une dilatation considérable, vu l'élévation brusque de la température, se produit et chasse le piston qui recommence son jeu. Donc les deux coups ou double-courses sont ainsi divisés :

1er Coup { *En avant*. Aspiration du mélange.
En arrière. Compression.

2e Coup { *En avant*. Inflammation du mélange, dilatation, action motrice sur le piston.
En arrière. Évacuation des produits de la combustion.

La combustion du gaz ne se produisant que lorsque le piston a fait deux courses, amène donc une économie notable que n'avait pas réalisé le moteur Lenoir.

Les fondations sont nulles pour cette machine. Elle se boulonne instantanément sur le premier massif venu et peut se placer, par suite de cette condition, dans n'importe quel appartement. Sa marche étant absolument silencieuse, elle est préférable, dans un grand nombre de cas, aux autres systèmes.

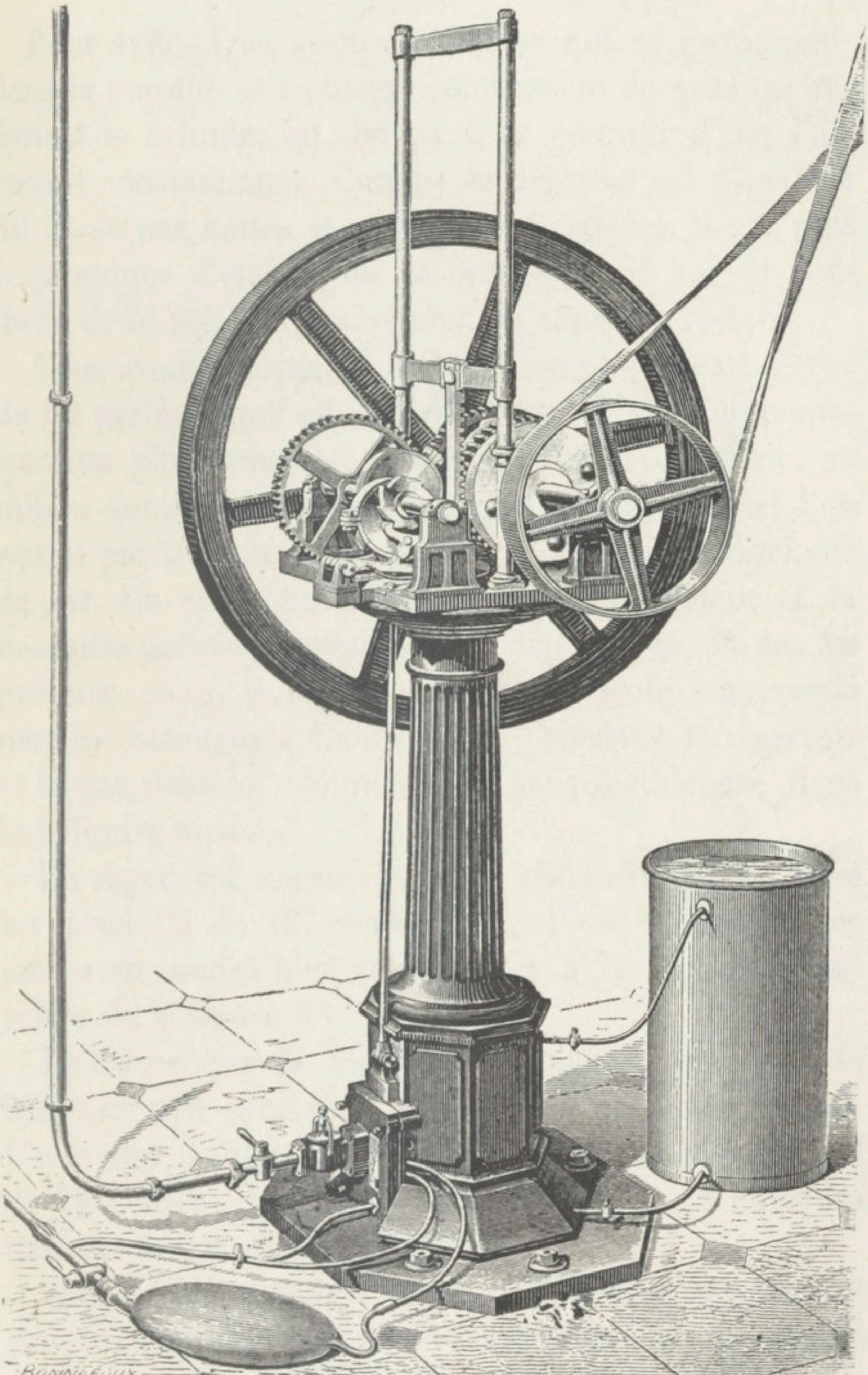


Fig. 97. — Moteur à gaz Otto et Langen.

Pour éviter l'élévation de chaleur qui se forme pendant la marche et à chaque combustion de gaz, on refroidit le cylindre au moyen d'un courant d'eau l'arrosant constamment. Comme la dépense est d'environ 50 litres par heure et par force de cheval, il est plus économique d'établir un embranchement sur la conduite de la rue qu'un réservoir de capacité variable.

Nous avons dit que le mélange employé était formé de 90 parties d'air et de 10 de gaz. Pour l'alimentation, on place sous le moteur le réservoir d'air, au milieu duquel se termine le tuyau d'aspiration et l'on réunit par un tube le moteur à la conduite principale de gaz. Un compteur intercalé entre le moteur et la conduite permet de juger de la dépense de fluide. Au premier coup, le piston aspire (le tiroir commandé par un excentrique étant ouvert) l'air dans le réservoir et le gaz dans le compteur. Le mélange s'opère dans le cylindre même.

Un tuyau est nécessaire pour conduire à l'air libre les produits de la combustion. Pour le détail des pièces on voudra bien se rapporter à la légende explicative de la figure 98.

De même que la machine Lenoir le système Otto brûle un peu plus d'un mètre cube de gaz à l'heure. C'est une dépense de 3 francs par journée de travail de 10 heures. On va voir le rapport qu'il y a entre les moteurs à gaz et ceux à vapeur :

Une bonne machine à vapeur bien entretenue et propre, consomme de 1 à 4 kilogrammes de houille par heure et par force de cheval. A l'usine à gaz pour fabriquer le mètre cube de gaz nécessaire à la marche du moteur Otto, il faut distiller dans les cornues 4 ki-

ogrammes de charbon de terre. D'un certain côté la machine à vapeur serait donc plus économique que ce dernier système.

Cependant la machine à gaz est intéressante à plus d'un titre, les explosions sont presque impossibles ou en tous cas peu dangereuses ; le réglage s'obtient au moyen d'un robinet, elle n'exige donc pas, pour sa conduite, un ouvrier spécial. D'ailleurs la suppression de la chaudière, ce point capital seul, serait assez pour la rendre recommandable. Aussi, depuis 1877, plus de trois mille moteurs, d'une force variant entre 1 cheval et huit chevaux, ont-ils été placés tant en France qu'à l'étranger. Ils ont été appliqués dans 73 corps de métiers différents, surtout chez les imprimeurs et les mécaniciens. Ce chiffre de vente seul prouve l'excellence de ce système, supprimant tout organe encombrant et, sous un très petit volume, offrant une force motrice considérable. C'est pourquoi son adoption s'est aussi rapidement propagée chez les industriels.

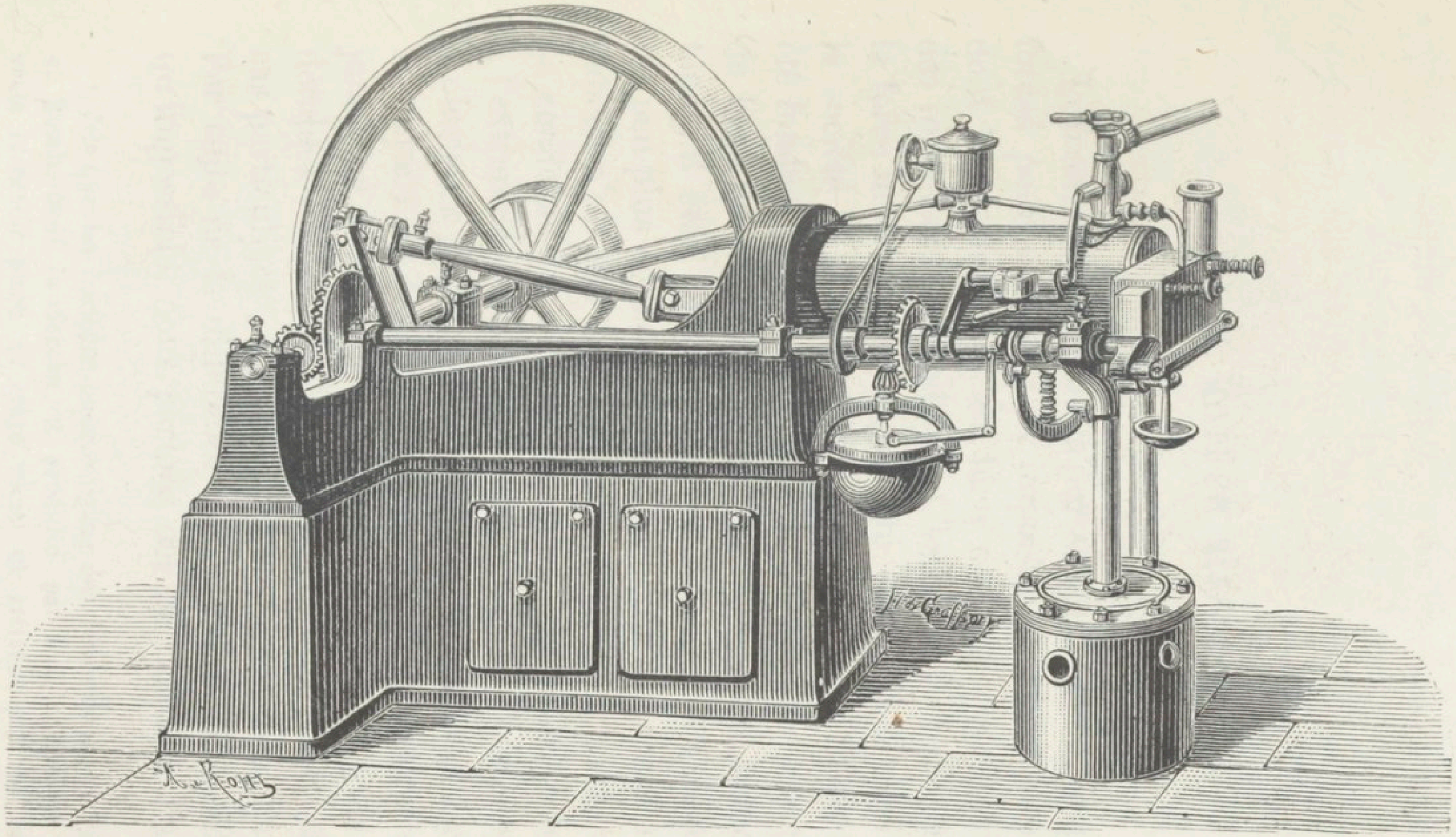


Fig. 98. — Moteur horizontal Otto.

A socle. — B cylindre moteur. — F tiroir. — T bielle, manivelle et arbre de couche. — V réservoir d'aspiration d'air. — U appareil régulateur. — M tuyau de prise de gaz et manette régulatrice. — T, appareil refroidisseur.

III. LE MOTEUR BISSCHOP.

Le fractionnement de la puissance motrice, en petites forces pour ateliers peu importants, est un problème dont la résolution a été bien souvent poursuivie par des ingénieurs compétents. C'est dans ce but : envoyer la force motrice, de la quantité voulue à domicile que la société la *Force et la Lumière par l'Électricité* a été fondée. La force de la vapeur, de l'air comprimé, de l'eau même, n'étant pas transmissible à grande distance, il était tout naturel de recourir à l'électricité, un peu plus connue aujourd'hui qu'il y a vingt ans. La vapeur n'est pas transmissible par tuyaux, parce qu'elle se condense en route et que l'on recueillerait de l'eau à l'extrémité du tube au lieu de vapeur. L'air comprimé à plusieurs atmosphères non plus, car il tend à rompre les tuyaux de conduite et fuirait par les moindres disjonctions. D'ailleurs on a reculé devant les frais considérables d'une canalisation spéciale et, sauf quelques cas particuliers[1], on a peu avancé dans cette question. Par suite de la différence des niveaux, il serait presqu'impossible, nous parlons des quartiers de Paris, de

[1] Tels que les horloges pneumatiques des boulevards, système Popp et Resch, dont la marche est produite par l'air comprimé dans un vaste réservoir placé au siège social et arrivant par un tuyau aux candélabres.

donner à tous les abonnés de la transmission de force motrice par l'eau, la même pression et surtout régulièrement. Mille causes diverses s'y opposent.

Cependant, sous nos pieds, il existe une autre canalisation; celle qui amène le gaz éclairant dans les becs et candélabres des rues et des maisons particulières.

Ce fluide, que ces tuyaux amènent jusque dans nos demeures pouvant développer une chaleur intense, se prêtait merveilleusement à la division de la force motrice. Restait à trouver le moteur qui les emploierait.

Les plus petits moteurs à gaz, de MM. Lenoir, Otto et Langen, ou de la Compagnie française, étant d'une force d'un demi-cheval vapeur et leur vitesse de rotation de 180 tours à la minute; les industriels n'ayant besoin que d'une force de quelques kilogrammètres, d'une plus grande vitesse, et encore plus économique, ne pouvaient s'en servir.

M. Bisschop étudia donc un nouveau système, réunissant toutes ces qualités, et le 9 juillet 1880, il présenta son invention à la Société d'encouragement qui lui décerna le prix de 1000 francs attribué au meilleur *petit moteur domestique*. Voici en quoi consistait le moteur à gaz de M. Bisschop :

Le principe sur lequel repose ce moteur est des plus simples; il utilise directement l'explosion d'un mélange de 95 parties d'air et de 5 parties de gaz, qui produit sur le piston une pression de 5 atmosphères[1].

Les choses principales à examiner dans sa construction sont donc : la distribution du gaz et son emploi,

[1] *Mémoire de M. Bisschop*, Paris 1880.

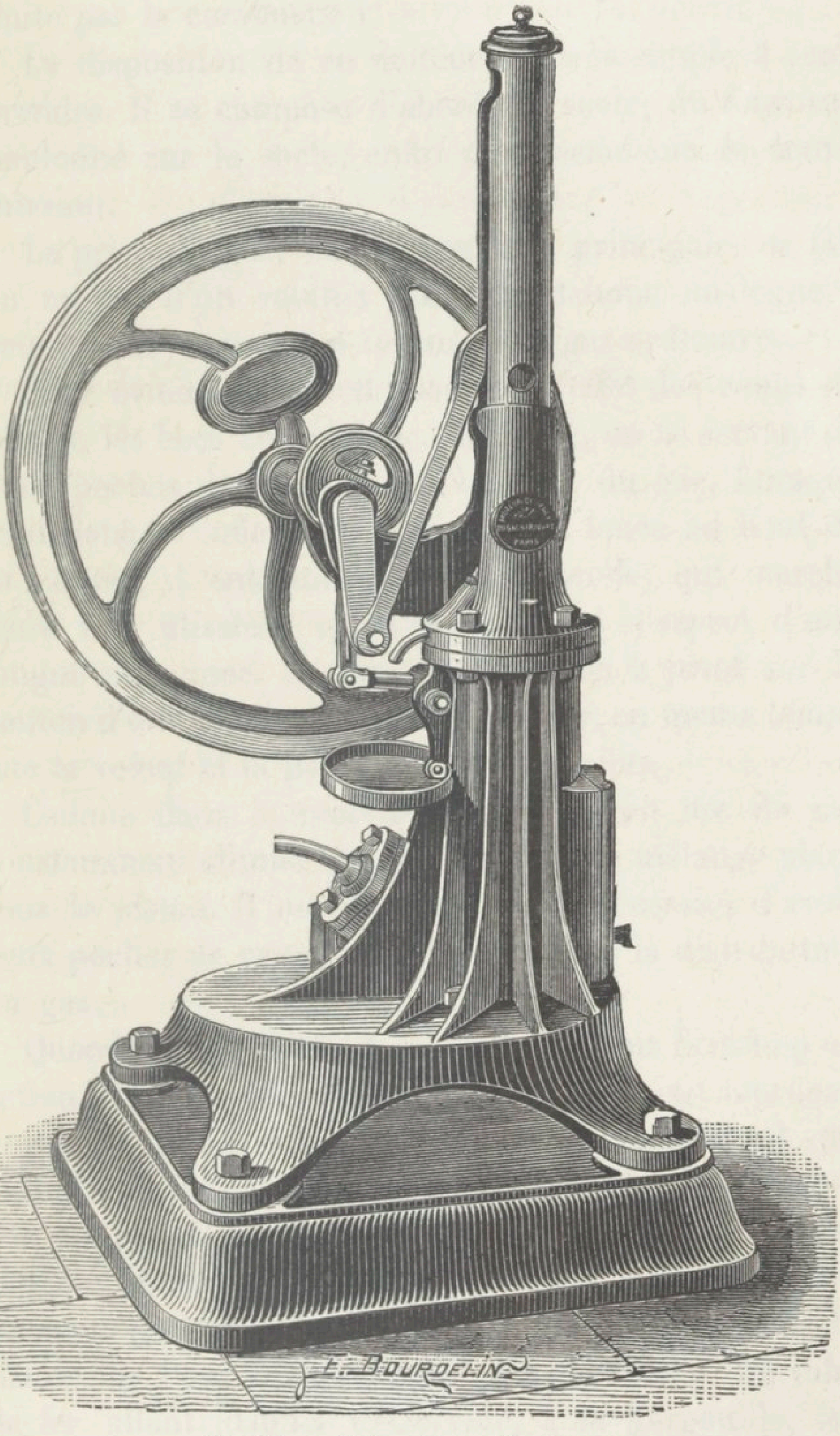


Fig. 99. — Moteur à gaz Bisschop.

transformation en travail mécanique de la chaleur produite par la combustion.

La disposition de ce moteur est très simple à comprendre. Il se compose d'abord du socle, du fourneau boulonné sur le socle, enfin du mécanisme de transmission.

La prise de gaz, sur la conduite principale, se fait au moyen d'un robinet porte-caoutchouc analogue à ceux employés pour les fourneaux à gaz ordinaires.

Pour éviter de faire danser, par l'effet des coups de piston, les becs du voisinage on règle, en se servant de deux poches de caoutchouc, l'entrée du gaz. Lorsque le mélange s'enflamme, le piston est lancé au haut de sa course; il entraîne avec lui la bielle, qui marche dans une glissière cylindrique ayant l'aspect d'une longue cheminée. La bielle étant fixée à pivot sur le bouton d'une manivelle, la fait tourner, en même temps que le volant et la poulie de transmission.

Comme dans le moteur Otto, c'est un bec de gaz constamment allumé qui fait détoner le mélange placé sous le piston. Il est donc de toute nécessité d'avoir deux poches de caoutchouc pour régler la distribution du gaz.

Quand on se prépare à mettre le moteur Bisschop en action, il faut le chauffer. A cet effet, un petit fourneau à gaz est placé entre les ailettes, et le courant qui l'alimente est le même qui alimente le bec d'allumage. Il n'y a pas de tiroir, seule une soupape, laissant apparaître à intervalles réguliers la flamme du bec, est manœuvrée par un excentrique fixé sur l'arbre, près de la manivelle. Pour l'échappement des gaz brûlés, un tube de fer allant jusqu'à l'extérieur, à la gargouille, est

placé sous le socle, près du fourneau de chauffage.

Le moteur Bisschop est économique, en ce qu'il ne se graisse pas et n'a aucunement besoin de fondations, puisqu'il se pose immédiatement sur le plancher nu de la pièce où il doit travailler, mais il est incommode à cause du bruit sec de la déflagration du gaz. Malgré ce léger défaut, facilemeut remédiable lorsqu'on sait bien le conduire, ce système s'est rapidement propagé chez les petits fabricants.

Le moteur Bisschop est d'une force variant entre 3, 6, 9 kilogrammètres, c'est-à-dire d'un 1/2 homme et d'un homme. Il y en a aussi de 25 kilogrammètres ou 1/3 de cheval. Le plus grand modèle est de la puissance d'un cheval-vapeur. 900 moteurs représentant une force totale de 700 chevaux ont été livrés à l'industrie par MM. Mignon et Rouart, concessionnaires.

La vitesse de ce moteur varie d'après sa puissance, entre 60 et 180 tours à la minute. Avec son socle, le modèle d'un cheval pèse 850 kilos et dépense 1850 litres de gaz à l'heure. Il consomme donc, à force égale, beaucoup plus que le moteur Otto, son prédécesseur.

IV. MOTEUR BÉNIER.

Si le moteur Bisschop a certaines qualités, que ne possède pas celui d'Otto, en revanche, il a des défauts compensant ses améliorations. C'est ainsi que, s'il n'exige pas une conduite d'eau pour son refroidissement, s'il ne se graisse pas — par conséquent ne peut s'encrasser — il a des vices inhérents à sa construction. Par exemple, il pèse très lourd, use beaucoup de gaz, produit en brûlant des détonations, sinon sans danger mais au moins fort désagréables, demande, avant de marcher à être chauffé, et donne un mouvement quelquefois très irrégulier.

On comprendra donc que d'autres aient cherché une meilleure solution et, parmi quelques modestes inventeurs, nous citerons M. Edouard Bénier, ingénieur artésien. Son système de moteur est le meilleur que nous connaissions jusqu'ici. C'est le véritable moteur domestique, réunissant toutes les qualités requises pour ce genre d'appareils. Aussi n'hésitons-nous pas à lui prédire le plus bel avenir; il répond à toutes les exigences du problème.

Ce moteur a extérieurement la forme d'une boîte. Seuls, le tiroir et le piston forment légèrement saillie. Le volant, le petit balancier, les tiges et la manivelle sont placés sur le dessus de cette boîte. Dans ce sys-

tème, le principe est toujours le même : un filet de gaz allume le mélange, produisant une action motrice sur le piston dont la course est de peu d'amplitude. Mais voici où sont les perfectionnements :

Dans la première machine à gaz de M. Lenoir, ce qui causait l'inflammation du gaz était l'étincelle électrique, engendrée par le courant d'une pile de Bunsen, augmenté par la bobine Ruhmkorff. Ensuite on supprima la bobine pour la remplacer par la pile thermo-électrique. Enfin, MM. Otto et Langen imaginèrent d'enflammer le mélange par le gaz lui-même et ce fut cette disposition qui fut suivie dans les autres moteurs.

M. Bénier s'est aussi servi du gaz pour l'allumage ; seulement, le changement principal qu'il a apporté à son appareil, est le peu de longueur de course du piston. La quantité de gaz brûlée est moindre, les pièces s'échauffent moins que dans le moteur Bisschop, où c'est tout le contraire. La simplicité est le premier mérite de cette machine. Elle n'a pas besoin d'être chauffée pour être mise en marche ni de conduite d'eau pour le refroidissement du cylindre. Un litre d'eau versé dans la boîte qui entoure le tiroir et le piston suffit pour plusieurs jours.

La tige du piston est fixée à pivot sur l'extrémité du balancier. Au milieu de celui-ci est également montée la bielle communiquant son mouvement au bouton de la manivelle et au volant. Le tuyau d'échappement placé sous la boîte est invisible. N'exigeant aucune installation, la pose est des plus simples et sans frais ; le volume beaucoup plus petit que les autres systèmes de moteurs. Offrant une marche très régulière, une vitesse variable à volonté selon le besoin, une mise en marche

et un arrêt instantané, telles sont les principales qualités de ce nouveau système.

M. Bénier a construit de très petits moteurs à gaz, depuis 1 kilogrammètre jusqu'à 1 cheval, peu embarrassants et surtout très légers. Leur poids varie entre 25 et 400 kilos. Le modèle d'un cheval brûle peu de gaz, un peu plus que celui de M. Otto et beaucoup moins que celui de M. Bisschop. Ces moteurs sont graissés d'une manière spéciale avec la *Valvoline*, huile qui n'a pas le défaut de durcir par la chaleur.

Une application toute trouvée du moteur à gaz et dont l'idée a été émise dès l'apparition de la machine Lenoir en 1860, et celle qui pourrait en être faite à la navigation aérienne.

Cette idée n'aurait rien que de rationnel; en 1852 un savant ingénieur, l'inventeur de l'injecteur, M. Giffard, se lança dans les nuages, suspendu au-dessous d'un ballon de forme allongée et dans la nacelle duquel se trouvait une machine à vapeur de trois chevaux de force et d'un poids de 150 kilos, soit 50 kilos par cheval.

Ce moteur imprimait à une hélice placée à l'arrière de la nacelle, hélice à trois ailes, dont le diamètre était de trois mètres, une vitesse maximum de 110 tours à la minute, près de deux tours par seconde. Sous l'effort de cette hélice, le ballon, dont le cube était pourtant de 2500 mètres, dévia à droite et à gauche à la volonté du hardi aéronaute.

Dans sa première expérience, M. Giffard partit seul, emportant dans sa nacelle 250 kilogrammes de coke et d'eau. Il fit plus de 80 kilomètres.

Dans sa seconde ascension, en 1855, avec un

aérostat plus allongé que le premier et dont le cube était de 3400 mètres, il fut accompagné par M. G. Yon, ingénieur, mais le vent était grand à la descente : M. Yon se brisa la clavicule et le moteur fut gravement endommagé ; M. Giffard ne poursuivit pas ses expériences.

La place du moteur à gaz dans la nacelle est indiquée d'avance. Avec lui pas de craintes d'incendie ou d'explosion, pas de combustible embarrassant ; un tuyau amène le gaz de l'intérieur de l'aérostat et alimente le cylindre moteur.

La machine à gaz Bénier serait particulièrement utile dans ce cas, car elle est d'un fort petit volume d'une simplicité remarquable et d'un poids relativement restreint.

Certainement ce n'est qu'avec une machine à gaz et un ballon allongé qu'on peut espérer de vaincre les courants atmosphériques quelquefois si puissants, et de se diriger dans les airs comme on le fait depuis longtemps sur terre et même au sein de l'Océan.

Il est facile d'établir un tableau comparatif des résultats économiques obtenus par les divers systèmes de moteurs à gaz : Otto, Bisschop et Bénier. Nous ne parlons pas de la machine Lenoir ; car il y a longtemps qu'elle a disparu de l'industrie.

Voici donc ce tableau, prenant pour point de départ le type d'un cheval-vapeur, les poids, consommation de gaz de ces systèmes en mettant en parallèle le prix de quelques machines à vapeur, comprenant tous leurs accessoires.

	SYSTÈMES	POIDS	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	CONSOMMATION DE GAZ A L'HEURE	PRIX
Moteurs à vapeur.	H. Lachapelle.		160	3 kilogs houille.	1800 fr.
	Moteur rationnel.	« »	200	« «	1.750 »
Moteurs à gaz.	Otto.	550	180	1000 lit.	2.300 »
	Bisschop.	850	80 ou 70	1850	1.820 »
	Bénier.	400	110	1200	1.420 »

Ces chiffres sont exacts. Ils ont été fournis par les constructeurs eux-mêmes, et copiés textuellement.

On peut voir, d'après ce tableau, les progrès accomplis depuis le premier moteur à gaz et la meilleure machine à vapeur; on peut aussi juger de quel côté est l'économie en toutes choses, prix d'achat, entretien en rapport au rendement, et quel est le système dont l'emploi est préférable en travail à tous les points de vue ?

CHAPITRE IX

MOTEURS A GRANDE PUISSANCE

Machine du Tremblay. — Machines à gaz liquéfiés. — L'ingénieur Brunel. — Machine Ghilliano. — Moteur Marquis. — Moteurs à ammoniac. — Moteur à poudre.

I. MACHINE DU TREMBLAY.

Nous avons dit, en terminant la description des moteurs à vapeur, qu'il était constant qu'une quantité énorme de calorique est perdue dans les machines, soit à haute pression, soit à condenseur. Cela est visible : dans les machines à haute pression la vapeur s'échappe dans l'atmosphère en emportant de la chaleur qui aurait pu être utilisée. La même perte existe dans les machines à condenseur, par la vapeur qui s'y liquéfie, cédant à l'eau le calorique qu'elle renferme et qui est ainsi perdu.

C'était dans le but de remédier à ces pertes que

M. Siemens avait inventé sa machine à vapeur régénérée, où il faisait rendre à la vapeur toute la force mécanique qui pouvait lui rester, après avoir travaillé dans le cylindre moteur. Ce fut aussi dans cette vue que M. du Tremblay ajouta l'éther à la vapeur.

On sait que l'éther sulfurique est un corps qui bout et se réduit en vapeur à 36 degrés. Dans son système, le célèbre ingénieur employait la vapeur arrivant du piston, ou du moins la chaleur qui lui restait, à échauffer l'éther. Celui-ci, une fois changé en vapeur, passait dans un second cylindre, où il mettait en mouvement le piston, à la manière ordinaire. Quant à la vapeur qui l'avait chauffé, elle se condensait et, par un ajutage particulier, retournait à la chaudière.

Cette circonstance était fort avantageuse puisqu'elle permettait d'alimenter la chaudière avec de l'eau distillée, ce qui évitait les incrustations avec leurs conséquences, quelquefois si désastreuses.

Une fois que l'éther avait servi à opérer un travail sur le piston, il passait à travers une boîte remplie de petits tubes creux, incessamment traversés par un courant d'eau. Là il se condensait puis, repris par une pompe, il revenait au vaporisateur, où il était de nouveau volatilisé par un jet de vapeur et ainsi de suite.

L'économie constatée avec la machine *Du Tremblay* fut de 50 p. 100 sur le combustible, tout en produisant le même effet qu'une machine à haute pression à condenseur. Avec la machine à vapeur régénérée de M. Siemens on n'avait obtenu qu'une réduction des 2/3 sur la dépense de combustible.

La machine à vapeurs combinées eut un grand succès. Quatre navires de la ligne Marseille-Alger en furent pour-

vus. Le premier le *Du Tremblay* était de la force de 70 chevaux, les trois autres de 350 chevaux. Plusieurs constructeurs à Lyon possèdent des machines à éther de 50 chevaux. En Angleterre, quelques machines marines sont dè ce système[1]. Enfin le navire français le *Jacquard* d'une compagnie de Lyon est muni d'une machine à éther de la force de 600 chevaux. Il a fait pendant longtemps le service du Havre à New-York.

M. Lafont, officier de marine, émit l'idée de remplacer l'éther, corps trop inflammable par le chloroforme, beaucoup plus stable. Une machine de 20 chevaux dotée de ce système rendit de grands services pendant la construction du port de Lorient. Ensuite le gouvernement satisfait de ces résultats, fit établir une machine Lafont, de 125 chevaux, sur le navire le *Galilée*.

Pour remédier au défaut qu'a l'éther de ronger les pièces métalliques. M. Tissot l'a entièrement supprimé dans sa nouvelle machine. Il l'a remplacé par le chloroforme pur, additionné de 2 parties d'huile essentielle. Il n'emploie que ce mélange, sans faire non plus usage de la vapeur d'eau, ce qui simplifie considérablement la machine.

Ainsi construite, la machine Tissot à chloroforme pur, a été installée dans une brasserie à Lyon, où elle rend de grands services, d'après le dire de l'inventeur.

Une machine soit à éther, soit à chloroforme est réellement dangereuse par suite de la grande combustibilité du fluide ajouté à la vapeur. Un navire, mu par une machine à éther a été la proie des flammes en

[1] *Les Merveilles de la Science*, par Louis Figuier.

pleine mer. Employer concurremment l'éther et l'eau, c'est avoir la poudre et le brasier. Une menace d'incendie est éternellement suspendue sur le navire, la fabrique ou la manufacture dont le moteur est une machine à vapeurs combinées.

D'ailleurs, pour dire vrai, les moteurs *Du Tremblay*, Lafont et autres, on fait leur temps et il serait bien difficile, sinoin mpossible, de citer l'industrie ou l'usine possédant une machine à vapeurs combinées.

I. MACHINES A GAZ LIQUÉFIÉS

L'ammoniaque et l'acide carbonique.

De nombreux inventeurs, — rompant avec la routine, se sont lancés hardiment, à corps perdu, dirions-nous presque — à travers le champ infini des applications de la physique et de la chimie à la mécanique.

Avant d'entreprendre la description des machines motrices, construites sur de nouveaux principes, disons quelques mots des corps, des gaz plutôt, employés dans les moteurs.

L'un des premiers corps que l'on chercha à utiliser dans les machines pour remplacer la vapeur d'eau fut l'acide carbonique; ensuite vient l'ammoniaque. Voici sous quelle forme ils devaient travailler.

L'acide carbonique ($C\,O_2$ en chimie) composé d'oxygène et de carbone dans le rapport de 8 à 3, est le premier gaz que l'on ait distingué de l'air atmosphérique.

C'est Van Helmont qui en fit la découverte en 1644. Ce médecin ayant chauffé fortement des pierres calcaires reconnut qu'il s'en dégageait un air auquel il donna le nom de *gaz*. Black et Priestley en étudièrent avec soin les propriétés. Mais c'est Lavoisier qui en fit connaître

en 1776, exactement la nature, la composition et lui imposa le nom qu'il porte encore aujourd'hui[1].

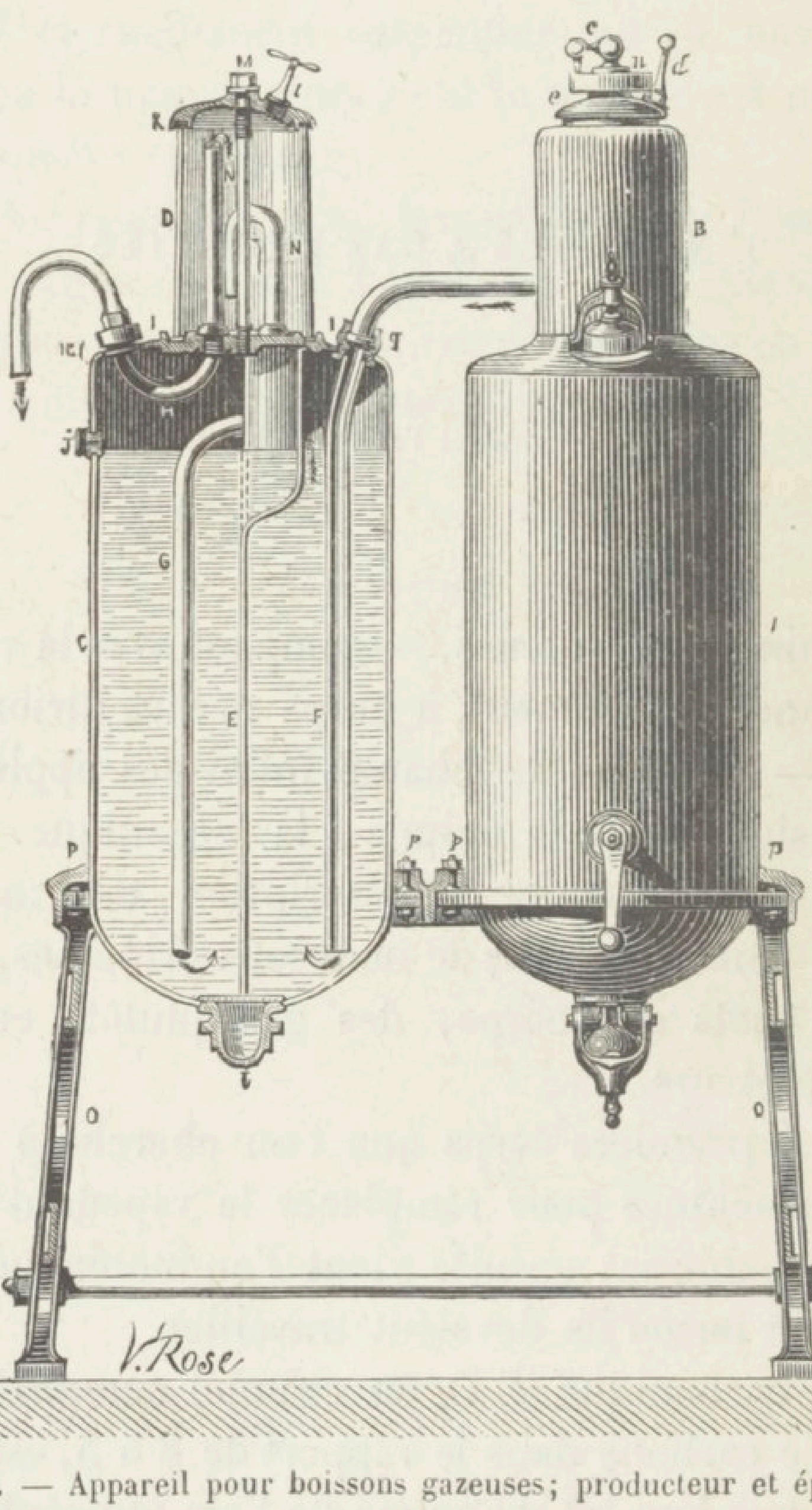


Fig. 100. — Appareil pour boissons gazeuses; producteur et épurateur.

En 1823, M. Thilorier, physicien français, parvint à le liquéfier de la façon suivante : Dans un récipient en fonte épaisse, monté sur pivot et se bouchant avec un

[1] *Traité de chimie*, par Langlebert.

écrou à vis intérieur, on verse 300 grammes d'eau à 30°, 200 grammes de bi-carbonate de soude, on place ensuite une éprouvette de cuivre contenant 500

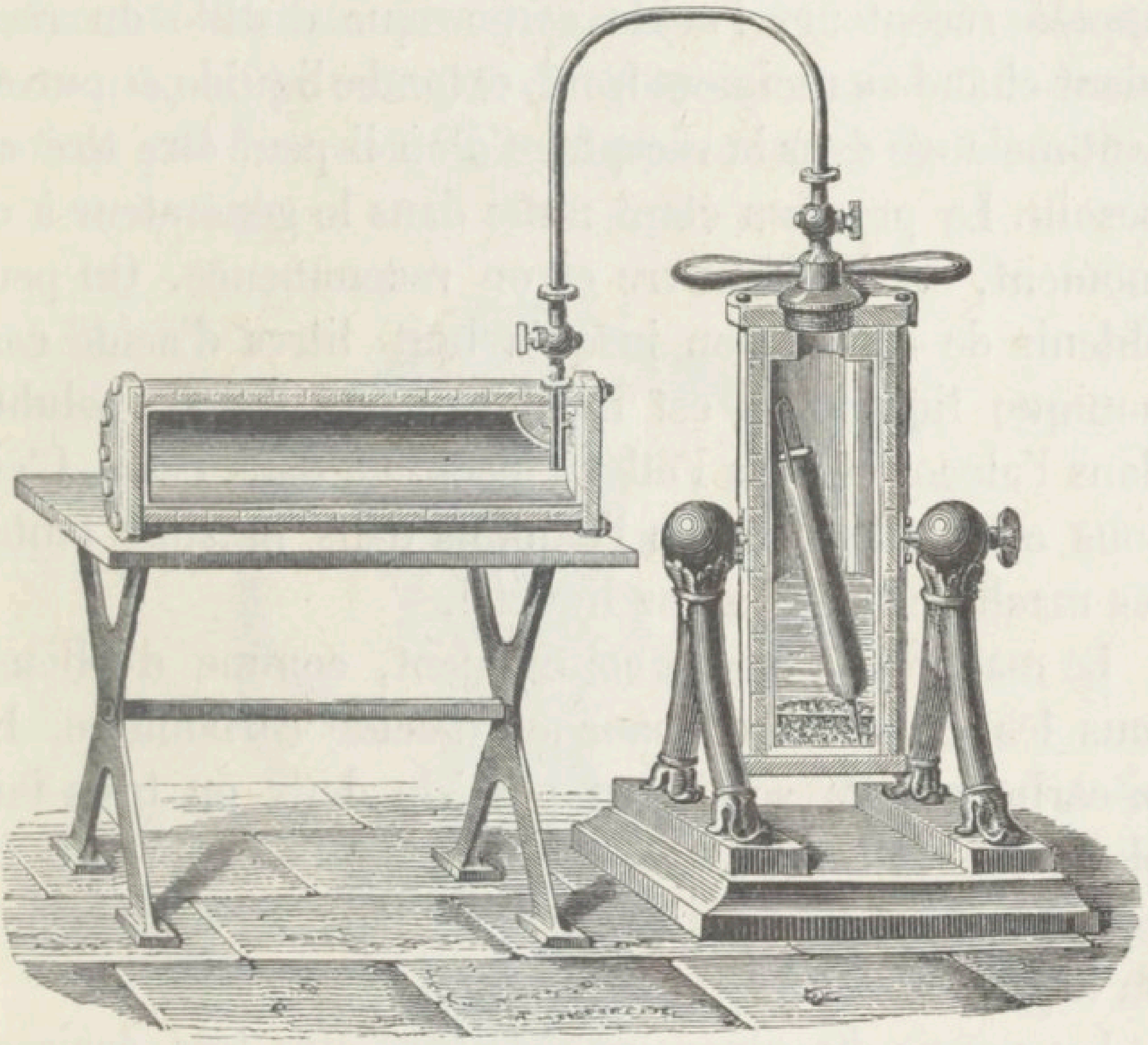


Fig. 101. — Appareil Thilorier pour la liquéfaction du gaz acide carbonique.

grammes d'acide sulfurique et l'on ferme avec le bouchon à vis (fig. 101).

Si l'on incline le récipient et qu'on le fasse tourner sur ses pivots, l'acide se mélange à l'eau et attaque le bi-carbonate de soude[1]. Celui-ci, dégageant alors une quantité de gaz 250 fois plus petite que l'intérieur du vase, la pression augmente, et à 36 atmosphères le gaz acide carbonique se liquéfie et se mélange à l'eau. Par

[1] *Cours de physique*, par Ganot.

suite de la réaction chimique qui se produit, la température s'élève. Si l'on met, au moyen d'un tube de cuivre, le générateur en rapport avec un autre vase, appelé récepteur, l'acide carbonique distille du récipient chaud au récipient froid, et tombe liquide et pur de tout mélange dans le récepteur d'où il peut être tiré au besoin. La pression étant nulle dans le générateur à ce moment, on le découvre et on recommence. On peut obtenir de cette façon jusqu'à huit litres d'acide carbonique liquide. Il est incolore, très fluide, soluble dans l'alcool et dans l'éther, insoluble dans l'eau. C'est sous cette forme qu'on l'emploie dans presque toutes les machines dites à gaz liquéfié.

Le marbre, la craie, contiennent, comme d'ailleurs tous les carbonates, beaucoup d'acide carbonique. Le bi-carbonate de soude en possède deux ou trois fois plus que le carbonate simple que l'on produit en grandes masses par le procédé Leblanc, c'est pourquoi on le préfère dans cette expérience.

Les parois du générateur doivent être très épaisses pour résister à la poussée intérieure. Sans cela on risquerait de les voir éclater. Un préparateur de Thilorier eut les jambes coupées par une explosion. Aussi, pour éviter ces terribles accidents, la construction de ces appareils a-t-elle été soigneusement étudiée. Une *chemise* de cuivre est recouverte par une épaisse gaîne en fonte, intérieurement doublée de plomb, pour rester neutre, c'est-à-dire sans s'user, pendant le mélange de l'acide sulfurique avec l'eau. Ainsi fabriqué le *générateur* peut résister à une pression de 1000 atmosphères.

L'acide carbonique ainsi préparé sert à la fabrication des boissons gazeuses et principalement de l'eau de

Seltz. Quand le gaz est liquide il passe du *producteur* dans l'*épurateur*, et de là dans un gazomètre à contre-poids où il est emmagasiné à une forte pression (fig. 100).

Ensuite un tube le conduit aux sphères des *saturateurs* (fig. 102) mus par des pompes recevant le mouvement par l'intermédiaire d'une courroie de transmis-

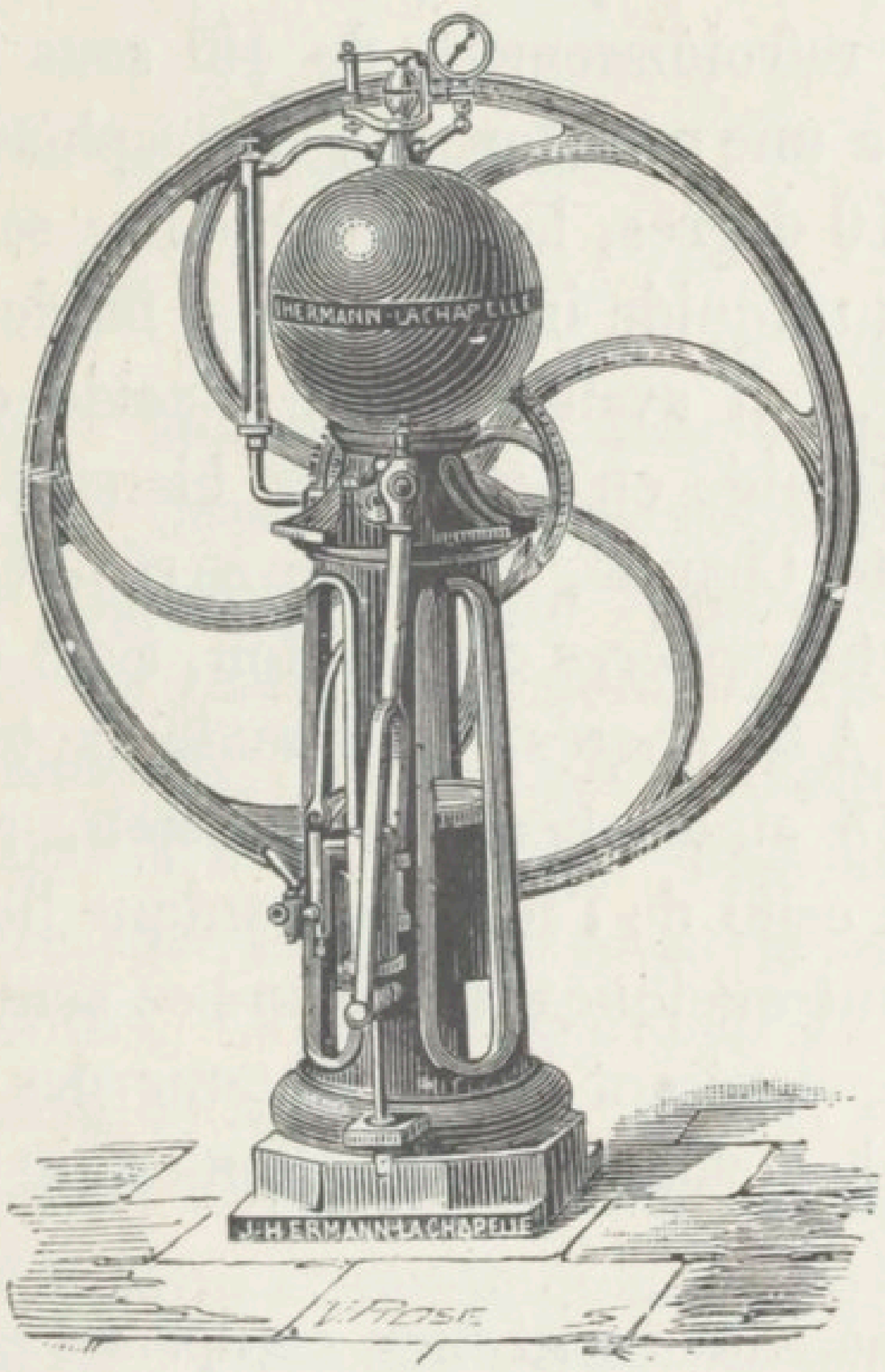


Fig. 102. — Saturateur pour boissons gazeuses.

sion. Enfin il est comprimé dans les siphons au moyen d'une pompe à main ordinaire.

On voit que l'acide carbonique liquéfié est employé dans l'industrie, ni plus ni moins que la vapeur d'eau ou que le gaz hydrogène.

Nous avons vu quelle préparation était nécessaire

pour obtenir l'acide sous la forme qu'il doit servir. Voyons maintenant pour l'ammoniaque :

Le nom d'ammoniaque a été donné à ce corps par les Arabes, qui le connaissaient depuis très longtemps et, les chimistes qui l'ont étudié les premiers, Scheele et Priestley, le lui ont conservé. C'est un gaz incolore, d'une odeur vive et piquante. Sa densité est de 0, 597. Soumis à un refroidissement de 40° sous la pression ordinaire ou a une pression de 7 atmosphères à la température de 10 degrés, le gaz ammoniac se liquéfie. Il forme alors un liquide incolore, très fluide et très mobile. Faraday, qui avait solidifié l'acide carbonique, réduisit ce liquide en une masse blanche, cristalline et transparente. Chauffé, ce liquide se réduit en vapeurs, à zéro de 4 atmosphères de pression, à 20 degrés de 8 atmosphères. A 60 degrés, elle abandonne tout son gaz, qui a alors 15 atmosphères de pression, ce qui n'est rien à côté de celle de l'acide carbonique liquéfié. C'est ce liquide, dont quelques inventeurs se sont servi pour leur machine, espérant par là obtenir des économies de combustible notables. Nous allons voir ce qu'il en est advenu.

Quelques machines sont bien comprises et ont donné des résultats satisfaisants, mais à côté de cela, combien d'inventeurs on perdu leur temps et leur argent à la recherche de systèmes impossibles, ne se basant sur aucun principe de la véritable science mécanique moderne.

III. LES PREMIERS MOTEURS A ACIDE CARBONIQUE

L'ingénieur Brunel.

C'est dans le but, poursuivi depuis longtemps, de diminuer le plus possible, la dépense de combustible, qu'un célèbre ingénieur français, M. Brunel, a cherché à employer l'acide carbonique comme force motrice.

En 1820, Humphry Davy avait indiqué la route à suivre pour arriver à des résultats supérieurs, en proposant de faire agir les gaz, comme la vapeur d'eau dans une machine. Ce fut en partant de ce principe que Brunel imagina son moteur.

Son appareil est formé de 5 cylindres (fig. 103), A, B, C, D, E, verticaux, communiquant entre eux. Les cylindres extrêmes renferment l'acide carbonique, qui y est comprimé et liquéfié une fois pour toutes, à l'aide d'une pompe. Chacun d'eux joue alternativement le rôle de chaudière et de condenseur, et à cet effet ils contiennent plusieurs tubes cylindriques dans lesquels on fait passer successivement de l'eau chaude et de l'eau froide[1]. L'acide passe dans les cylindres B, D par les tuyaux b b', et presse des pistons mobiles, au-dessous

[1] Ch. Laboulaye, *Dictionnaire des Arts et Manufactures.*

desquels est située une masse d'huile. L'huile remplit le cylindre central C et communique la pression à son piston *d* dont la tige *t* transmet le mouvement au mécanisme moteur, semblable à une machine horizontale.

Pour concevoir le jeu de cet appareil, supposons que l'eau chaude coule dans A et l'eau froide dans E, l'acide carbonique pressera plus fortement le piston de B que celui de D et le piston *d* de C montera. Si c'est le contraire qui arrive, l'acide pressant la face supérieure

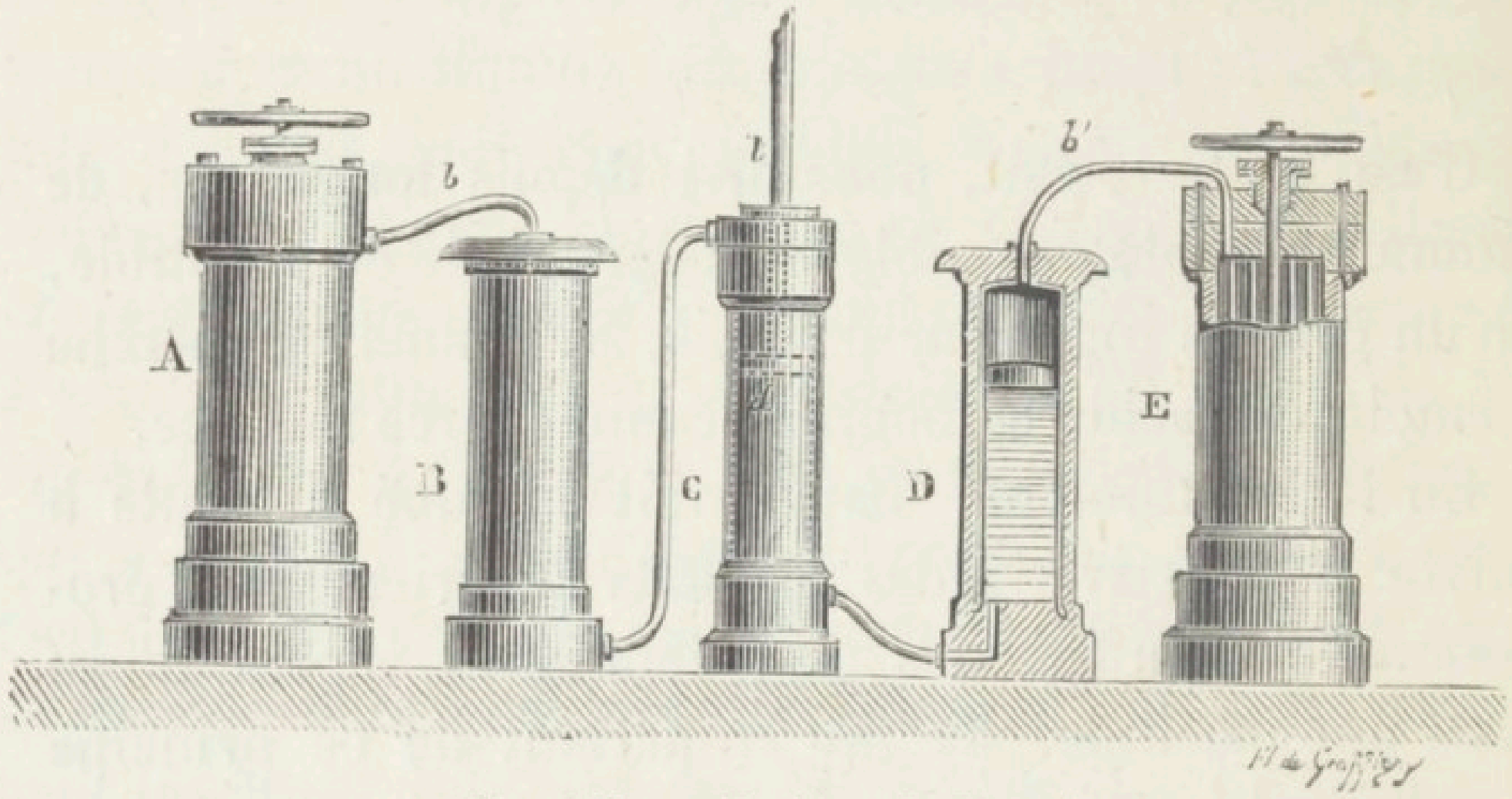


Fig. 103. — Machine de Brunel.

du piston le fera redescendre et ainsi de suite. La couche d'huile interposée prévient les fuites d'acide et les pertes de travail.

Ainsi était disposée la première machine à acide carbonique. Si l'idée, par elle-même, était bonne, l'arrangement des organes du moteur était fort défectueux. Les cylindres, d'une épaisseur de 5 centimètres, étaient d'un poids considérable. De plus, le rendement de travail ne fut pas si important et si régulier que dans les machines à vapeur. Enfin en 1823, Sadi-Carnot

prouva que Brunel ne pouvait obtenir que des effets minimes, en n'employant que de petites quantités de chaleur.

Malgré cela il faut rendre à l'ingénieur, l'honneur qui lui appartient. C'est lui, qui le premier a eu l'idée de remplacer la vapeur par un gaz, dans les machines, et ce n'est qu'après avoir consciencieusement étudié ce problème si complexe, que d'autres inventeurs ont fait connaître de nouveaux moteurs dont l'embryon était son idée perfectionnée, d'après tous les moyens que la science et l'expérience ont mis à notre portée. Enfin, c'est lui qui a montré l'exemple de ce que peut faire la conception, dans un ordre tout différent d'idées, et qui a indiqué aux chercheurs futurs, la route à suivre.

IV. MOTEUR A ACIDE CARBONIQUE

MM. Ghilliano et Cristin.

La création d'un véritable moteur à acide carbonique est due à MM. Ghilliano et Cristin.

Ce ne fut que longtemps après Brunel, alors que sa tentative était presque oubliée, en 1855, que ce nouveau moteur apparut. Voici d'après le livre de M. Armengaud aîné[1] en quoi consistait cet appareil (fig. 104).

L'acide carbonique, liquéfié par le procédé Thilorier, est renfermé dans un canon épais, en fer forgé et embouti. Près de ce récipient est placé le cylindre où se trouve le piston moteur. Ce cylindre, chauffé au bain-marie, est disposé comme celui d'une machine à vapeur et travaille comme lui. L'acide liquide arrivant dans le cylindre, dont la température intérieure est de 90 degrés, se dilate, se gazéifie instantanément. Par sa grande pression, il pousse le piston au bout de sa course, ce dernier redescendant ensuite, le chasse à son tour par le tube d'échappement et l'envoie au condenseur.

Ce condenseur est d'une forme particulière pour subir impunément les fortes pressions. C'est un tuyau en fer forgé, enroulé en serpentin et plongeant dans une

[1] *Traité des Moteurs.*

cuve d'eau. Le gaz, arrivant avec toute sa pression dans ce serpentin froid, se condense instantanément, puis, une pompe le reprend, et le renvoie dans le cylindre, où il se dilate et travaille sur l'autre face du piston pour le faire redescendre. Le mouvement alternatif se transforme en mouvement circulaire continu et l'arbre tourne, comme par l'action de la vapeur, au moins aussi régulièrement.

Toutes les pièces de ce mécanisme doivent être d'une

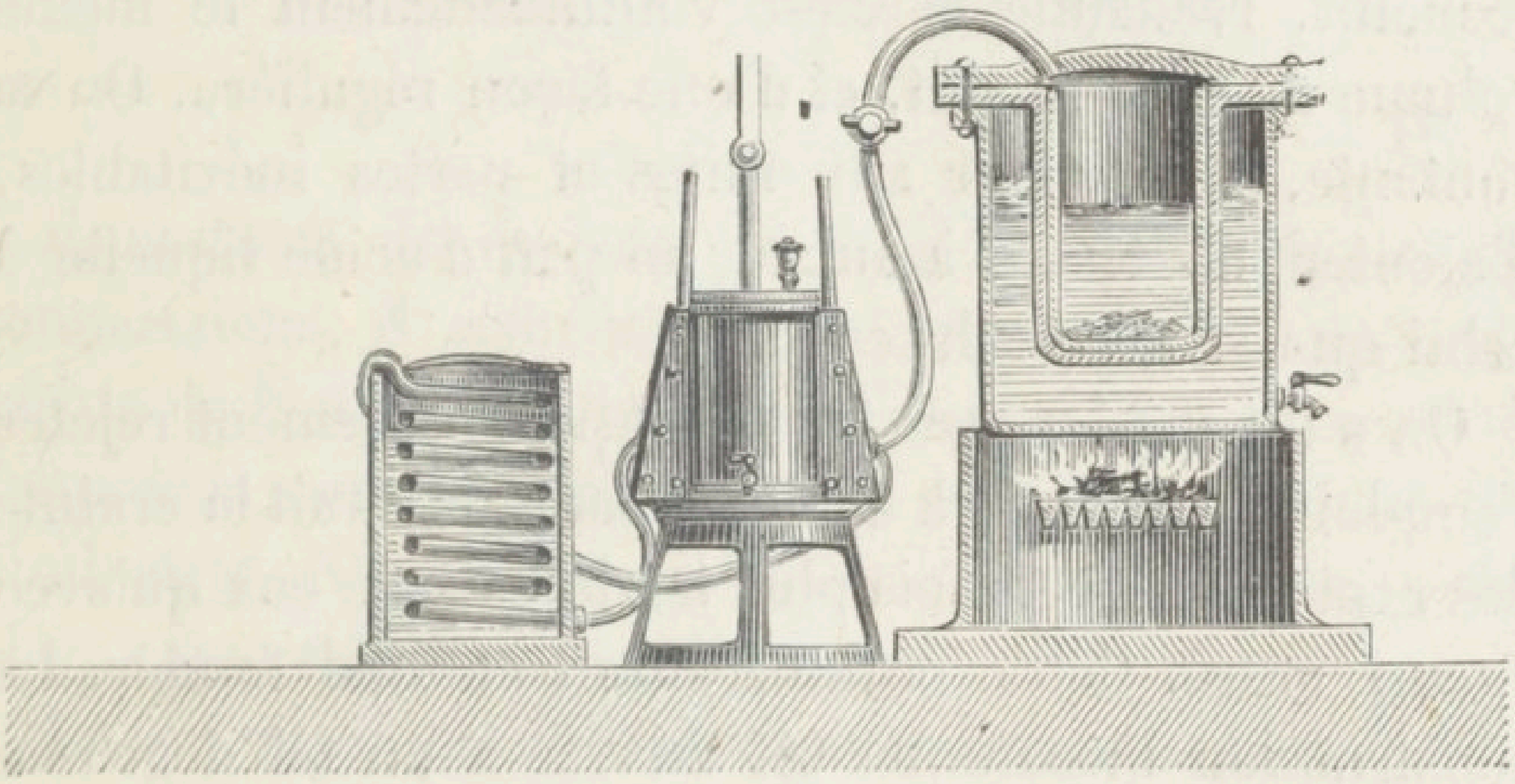


Fig. 104. — Moteur Ghilliano et Cristin.

solidité à toute épreuve, car la pression dans le cylindre, lorsque l'eau du bain-marie atteint une température de 100 degrés, est de 153 atmosphères, 158 kilogrammes par centimètre carré! C'est la plus forte pression à laquelle une machine ait marché, et nous n'en connaissons pas d'autre exemple.

Le récepteur a une épaisseur de plusieurs centimètres, calculée pour résister à une pression de 500 atmosphères, le cylindre moteur, le condenseur sont également très épais. Le type du mécanisme moteur est celui des premières machines verticales sans chaudière.

On a objecté, que l'économie tant recherchée dans les moteurs, ne serait pas réalisée dans ce système, que le prix de fabrication de l'acide liquéfié et des matières nécessaires à cette fabrication, que le combustible brut sous le cylindre, enfin toutes ces causes réunies feraient revenir au contraire le travail produit, deux ou trois fois plus cher qu'avec tout autre moteur. On s'est trompé. C'est toujours la même quantité d'acide carbonique qui travaille. Tour à tour il est vaporisé, condensé, recueilli, réchauffé et c'est continuellement le même volume de gaz qui agit, et d'une façon régulière. On se contente, pour parer aux fuites et pertes inévitables, d'ajouter de temps à autre, un peu d'acide liquéfié à celui que renferme le canon.

On a dit aussi que ce qui ferait principalement rejeter l'emploi des moteurs à acide carbonique serait la crainte des explosions, cent fois plus terribles avec eux qu'avec aucun autre. Cette crainte aurait été mal fondée. La construction mécanique est arrivée à un tel degré de perfection qu'en suivant les prescriptions mathématiques de l'épaisseur, rien n'aurait été à redouter, sauf les cas fortuits. Mais de même, qu'avec les meilleures machines à vapeur il arrive des accidents, il serait bien problématique d'affirmer le contraire pour cette machine.

MM. Ghilliano et Cristin prirent un brevet en 1855 pour leur moteur. Ils ne purent l'utiliser en nature et laissèrent expirer leur brevet, sans avoir fait ou tenter une expérience en grand. Leur invention, comme tant d'autres, passa inaperçue, et maintenant cette belle idée est complètement oubliée, excepté de quelques mécaniciens et ingénieurs.

SYSTÈMES MODERNES

Moteur à gaz acide carbonique de M. Marquis.

Ce système de moteur est le plus récent que nous connaissions, il remédie à quelques-uns des inconvénients de la machine de M. Ghilliano, et son inventeur l'annonce comme applicable de suite aux besoins de l'industrie. Nous allons voir ce que peut donner cette idée, convenablement appliquée.

Le principe sur lequel repose cette machine est la vaporisation à peu de frais de l'acide carbonique liquéfié, le peu de chaleur consommée étant suffisant pour produire des variations considérables de pression. Le système se compose de trois parties bien distinctes : le foyer, la chaudière et le mécanisme moteur.

Le socle est en fonte et fait corps avec l'enveloppe du fourneau. Il peut se boulonner, immédiatement son arrivée, sur n'importe quel parquet, sans aucun danger d'incendie, car le fourneau, proprement dit, est au gaz, ce qui évite toute complication et tout ennui pour la mise en marche. On tourne un robinet, et tout est dit.

Emboîté dans l'enveloppe du foyer, et retenu par quelques rivets se trouve le bain-marie. C'est un récipient cylindrique en bronze, muni de deux robinets de jauge

et d'une petite soupape à ressort. Un petit ajustage, fermé avec un bouchon à vis, permet d'introduire l'eau à chauffer. Un thermomètre gradué, dont la boule se trouve à l'intérieur, est fixé sur la paroi et sert à indiquer la chaleur de l'eau.

La chaudière mérite une description particulière. Elle est composée de trois épaisseurs d'un centimètre chaque, la première (intérieure) en cuivre, la seconde en fer forgé et embouti ; et la dernière est une sorte de gaîne en fonte coulée d'un seul bloc. Son poids est de 87 kilogrammes.

Ces trois épaisseurs, s'arrêtent à la *couronne*, l'enveloppe de cuivre seule descend, en cône tronqué, jusqu'au bas. Les autres sont retenues d'une manière invariable par deux larges cercles, frettés à chaud et entourant tout le cylindre. Ces cercles assurent encore une plus grande solidité à la chaudière.

Cette chaudière est simple, c'est-à-dire sans tubes ou bouilleurs. Le culot plongeant dans l'eau que contient le bain-marie, transmet facilement la chaleur à l'acide liquide.

Comme dans les machines verticales, le mécanisme moteur est fixé sur la chaudière. Sur les parois de celle-ci se voient les organes de sûreté employés dans les machines à vapeur, le tube de niveau, le manomètre et deux soupapes nouveau système. Sur le *ciel* se trouvent deux autres soupapes.

Différant en cela de MM. Ghilliano et Cristin, M. Marquis a rejeté l'emploi des pistons pour le bon fonctionnement desquels il faut ne pas trop serrer les bagues et presse-étoupes, ce qui cause, lorsqu'on se sert de la pression effrayante de l'acide carbonique, des fuites et

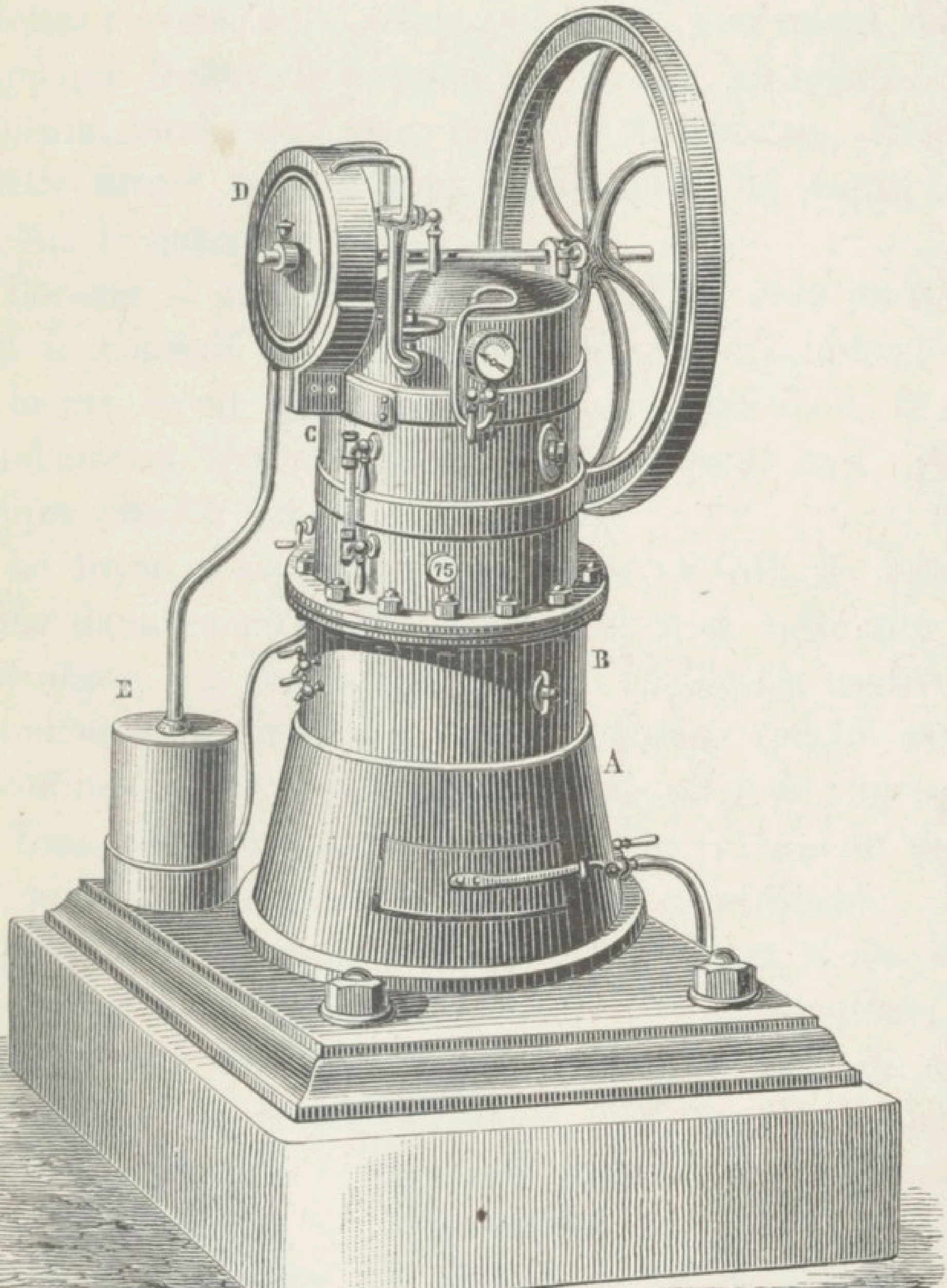


Fig. 105. — Moteur à acide carbonique, système Marquis.

A enveloppe du fourneau. — B bain-marie. — C chaudière. — D appareil moteur. — E condenseur en serpentin.

des pertes impossibles à empêcher. Son mécanisme moteur est analogue, sinon pareil, à celui de l'appareil hydraulique Dufort. Comme lui, c'est une roue à ailettes clavetée sur l'arbre de couche. Seulement, dans l'appareil Dufort, le courant qui pousse les ailettes est continu, tandis que, dans celui de M. Marquis, chaque ailette ferme tour à tour l'ouverture du tuyau qui amène le fluide.

Lorsque le gaz a travaillé, il est refoulé dans un tube qui le conduit au condenseur, disposé exactement de la même façon que dans le système précédent, il s'y condense et tombe liquide dans un petit vase cylindrique placé à cet usage.

Le tuyau d'aspiration de l'injecteur Giffard se termine dans ce récipient. Lorsqu'on veut alimenter la chaudière, on ouvre les tuyères, l'acide est aspiré et retourne à la chaudière par un ajutage spécial pour recommencer à y être vaporisé et travailler de nouveau.

Tous les calculs ont été établis pour un moteur dont la puissance devient relativement considérable, en rapport avec ses dimensions. Ainsi, il aurait, monté sur son socle bien entendu, 1 mètre 50 de hauteur, la chaudière 3 centimètres d'épaisseur et 0,30 de diamètre; le fourneau serait à 120 trous, brûlant, ouvert en plein de 3000 à 3800 litres de gaz à l'heure.

Le diamètre de la roue à ailettes serait de 0,32 centimètres, le nombre des ailettes de 18, le condenseur d'une hauteur de 40 centimètres et d'un diamètre de 28 centimètres; le serpentin en fer forgé faisant 15 tours sur lui-même et d'une épaisseur de 0.004 millimètres d'épaisseur, en même temps que 0.022 millimètres de section. Enfin la force développée serait

d'environ de 5 à 5 1/2 chevaux-vapeur. Ce chiffre est absolument approximatif, les données étant fort incertaines sur ce point sans précédents.

La chaudière est munie de quatre soupapes de sûreté, analogues à celles dont s'est servi Georges Stephenson dans ses premières locomotives. C'est un ressort que le gaz doit faire fléchir avant de s'échapper; le réglage s'obtient en serrant plus ou moins ce ressort et le jeu de la soupape est ainsi rendu automatique. Le manomètre est aussi d'un nouveau système. Un flotteur bouche exactement l'entrée du tube. La vapeur d'acide carbonique étant mise en rapport avec ce tube, appuie sur le flotteur et le pousse d'une certaine quantité d'après sa pression. Ce mouvement se communique à un bras de levier dont l'axe est celui de l'aiguille indicatrice. La poussée du gaz est compensée et réglée par l'intermédiaire d'un ressort spiral en acier qui fait revenir l'aiguille à zéro lorsque la pression cesse. C'est l'élasticité de ce ressort qui est le principe de ce manomètre métallique.

D'après la densité des métaux employés dans la construction, on a pu calculer le poids approximatif de ce moteur, poids qui se trouve être de 152 kilos, vide; avec fourneau, condenseur et accessoires, c'est-à-dire environ 30 kilogrammes par force de cheval.

Nous avons dit que le fourneau brûlerait 3500 litres de gaz à l'heure, une certaine économie serait donc réalisée sur le moteur à gaz. Ce moteur aurait plusieurs avantages auxquels a songé son inventeur. La pose est instantanée, il ne demande pas de conduite d'eau, il peut se poser dans les appartements, car sa marche est absolument silencieuse. La pression est ordinairement

de 50 atmosphères. La chaudière est construite en vue de pouvoir subir un effort triple. C'est cette énorme pression qui fait la puissance de la machine et pourtant — cela paraît paradoxal — elle pèse moins, à force égale, qu'une machine à vapeur. Cela tient à ce que la chaudière est fort petite. Elle ne renferme que 50 litres de liquide pour arriver au niveau déterminé. Le bain-marie est d'une capacité de 20 litres.

La conduite de ce moteur est très facile. On règle l'intensité du foyer au moyen d'un robinet. Une fois que le thermomètre indique que l'eau est à 60 ou 80 degrés, on laisse au gaz juste la chaleur nécessaire pour l'entretenir à cette température. Étant chauffée au gaz, la machine ne s'encrasse jamais. Il n'y a ni tubes à nettoyer, ni incrustations à enlever. Les produits de la combustion du gaz s'échappent par un tuyau à l'air libre.

L'un des avantages de cet appareil, est l'absence de toute pièce volumineuse. Ainsi il n'y a pas de cheminée, quelques trous percés sur les côtés de l'enveloppe du fourneau suffisent pour laisser s'échapper l'air chaud produit par la combustion du gaz. N'ayant pas d'échappement d'aucune sorte, la marche est silencieuse; de plus, comme il n'y a ni pistons, ni bielles, le mouvement peut avoir lieu sans chocs, sans secousses qui détériorent à la longue les meilleures machines à vapeur.

C'est un véritable moteur à gaz avec la légèreté en plus. Ainsi, le meilleur système que nous possédions, le système Bénier pèse 400 kilos par force de cheval; celui de M. Bisschop, 800 pour la même puissance. Une machine à vapeur pèse de 50 à 200 kilos pour la même force; quant au moteur Marquis, il pèse à peine

40 kilos, tout en développant la même quantité de travail que les machines susnommées, ce qui est considérable.

Quand, au tube de niveau, on voit qu'il faut alimenter, on tourne la manivelle de l'injecteur et la quantité de liquide nécessaire entre. Au moyen d'un robinet à trois eaux, on donne le mouvement de rotation au volant, dans le sens que l'on veut, sens que l'on peut changer instantanément en ouvrant un peu plus ce robinet. Voilà toutes les manœuvres à exécuter. Donc, nul besoin d'une personne spéciale pour la conduite. Le premier venu, avec quelques explications, la connaît, et peut diriger la machine.

Voilà, en détail, le meilleur moteur que nous connaissions jusqu'à présent. Il répond à toutes les questions du problème. Mais, — car il y a un mais, — si la théorie est très belle et exacte, la pratique justifiera-t-elle ce qu'on est en droit d'espérer?

That is the question.

VI. MOTEURS A GAZ AMMONIAC

On vient de voir les chances qu'avaient les moteurs à gaz acide carbonique liquéfié de réussir. Il ne nous reste plus à voir que quelques systèmes de moteurs à grande puissance, faible poids et surtout économiques. Parmi tous ces derniers, qui s'intitulent économiques sans l'être, nous décrirons deux systèmes, dont le principe est juste et permet de fonder quelques espérances de succès.

Le premier est celui de M. Pietro Cordenons, professeur au Lycée de Rovigo. Voici rapidement en quoi consiste son invention.

L'ammoniaque liquéfié est contenu dans un récipient de cuivre fondu d'un jet et pouvant supporter sans faiblir, une pression de 15 atmosphères. Comme dans le système de M. Marquis ce vase est emboîté dans l'enveloppe du fourneau. Le foyer est une lampe dite *multiflamme*, alimentée à l'essence minérale ou au pétrole. Les gaz de la combustion s'échappent au dehors par quatre tubes de cuivre traversant la chaudière, et qui en font une sorte de chaudière tubulaire.

La lampe fournit peu de chaleur; ce peu est cependant suffisant pour gazéifier l'ammoniaque. La vapeur produite a une température de 15 degrés de 4 atmo-

sphères. 30 degrés 8 atmosphères, chaleur d'ébullition assez basse.

Un tube de caoutchouc, installé sur un robinet de la chaudière, amène le fluide au mécanisme moteur. Ce dernier ressemble beaucoup au Moteur Rationnel de MM. Moret et Broquet. La disposition des pistons est la

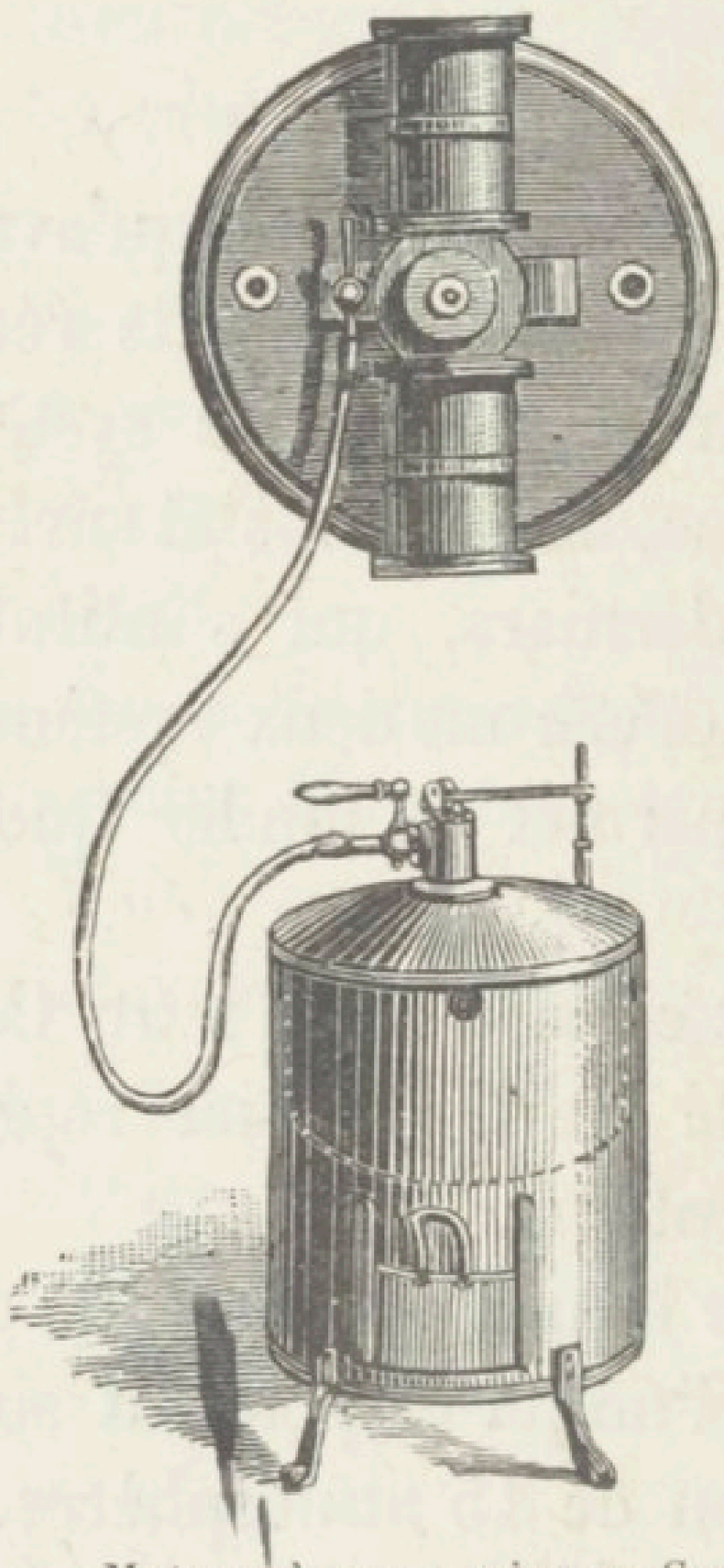


Fig. 106. — Moteur à ammoniaque Cordenons.

même, le gaz ammoniac agit tour à tour sur les deux faces des pistons, dont les tiges sont fixées directement sans bielle ni excentrique à un coude de l'arbre moteur.

Lorsque le gaz ammoniac a travaillé dans les deux cylindres, un second tube de caoutchouc le ramène au condenseur qui est formé d'un simple récipient en fer

rempli d'eau froide. Le tube passe à travers ce vase, le gaz qu'il contient se liquéfie et on le recueille par un robinet.

Pendant la marche l'alimentation s'opère automatiquement, par le jeu d'une pompe foulante microscopique, chassant une certaine quantité de liquide dans la chaudière, liquide qui se vaporise dès son entrée et travaille dans les cylindres moteurs.

Cet appareil, d'une construction très simple, sans organes délicats, ne pesant presque rien, nous semble appelé à rendre de très grands services pour la production instantanée, sans embarras, de la force motrice. Peut-être ce système pourrait-il rivaliser avec la poudre, dans certains cas, tels qu'à la guerre, pour la lumière électrique.

M. Piétro Cordenons a appliqué ce moteur à la direction d'un aérostat allongé. Les résultats comme direction ont été nuls, mais comme force de la machine ils ont été concluants[1]. La substitution du gaz ammoniac à la vapeur d'eau est une idée ingénieuse qui tôt ou tard portera ses fruits.

Un inventeur, M. Tixier de Bordeaux, a proposé ces temps derniers l'emploi de l'ammoniaque, successivement séparé de l'eau et liquéfié, puis agissant dans une machine rotative et se combinant à l'eau pour produire de la chaleur. Cette idée de chauffer l'ammoniaque par une réaction chimique n'est pas neuve, seulement personne n'avait songé à employer la vapeur de l'ammoniaque ayant travaillé, à cette fin. C'est là le seul mérite de l'invention.

[1] *La Science Populaire*, Mars 1881, article de M. Bitard.

M. Tixier a construit cet appareil pour la fourniture immédiate de la force motrice, chose qui pourrait être très utile parfois, soit aux armées en campagne, soit aux agriculteurs. Aussi a-t-il l'intention de reprendre le cours de ses études et de présenter bientôt le véritable type de sa machine, munie de tous ses perfectionnements et dans quelques-unes de ses applications

VII. MOTEUR A POUDRE

Opinion de quelques savants. — Résumé.

On aurait besoin parfois d'avoir, comme nous disions dans le précédent chapitre, une force motrice se développant instantanément, sans exiger de combustible et sans que le mécanisme tienne de place. Pour faire face à cette éventualité on a proposé l'emploi de la poudre, dont les gaz se développent avec autant d'intensité que la vapeur d'eau. Jusqu'à présent nous ne connaissons qu'une seule application de cette force motrice. C'est pour le battage des pieux.

Ordinairement, pour cette opération les pieux sont enfoncés dans le lit de la rivière ou du fleuve par les coups répétés d'une sorte de marteau appelé *sonnette*. Dans le système à poudre, les pieux ne sont pas en dommagés, comme avec la sonnette. On va savoir pourquoi.

Le jeu de cet appareil est simple à comprendre. Sur la tête du pieu on place la cartouche, de façon que le percuteur soit dans l'axe d'un marteau, placé au-dessus et accroché à une corde passant dans la gorge d'une poulie. Lorsque ce marteau tombe sur le percuteur, la cartouche éclate. Les gaz de la poudre, dilatés

par la chaleur repoussent le marteau et le recul produit enfonce le pieu d'une certaine quantité. Le placement de la seconde cartouche se fait automatiquement, de façon que, lorsque le marteau retombe, le même effet se reproduise et ainsi de suite.

On le voit, l'emploi de la poudre comme force motrice est une idée fort ingénieuse ; mais elle n'a qu'un défaut, celui de coûter beaucoup trop cher. La force produite de cette façon revient à un prix environ 90 fois supérieur à celui de la vapeur d'eau. Mais, comme le fait remarquer avec raison M. Laboulaye [1], dans certaines circonstances, on se sert de la poudre, comme on se sert du zinc dans les appareils électriques. Dans les deux cas le prix de revient du travail est plus élevé, il est vrai, mais on n'a pas à employer d'appareil moteur, la production du travail est plus rapide.

Nous avons maintenant étudié tous les moteurs connus, depuis l'antiquité jusqu'à nos jours : il ne nous reste qu'à rapporter l'opinion de quelques savants sur la théorie mécanique de la chaleur, à propos des machines dont la force première en dépend :

En 1823, M. Sadi-Carnot, oncle de celui qui a été ministre des travaux publics, que nous avons déjà cité, publia sa brochure *Réflexions sur la force motrice du feu*, dans laquelle il établissait pour principe que la substitution d'un corps à un autre dans les machines à feu, ne pouvait conduire à aucun avantage *théorique*. Plus tard la théorie mécanique de la chaleur fut rigoureusement établie par les calculs d'éminents physiciens

[1] *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, par Ch Laboulaye.

notamment de MM. Hirn, Regnault, Mayer, Joule, Tomson et Renkine. Cette théorie conduit à une conclusion que bien des inventeurs devraient ne pas perdre de vue. En effet, dans quelque machine que ce soit, quel que soit le liquide employé, la *même quantité de chaleur développe le même travail*. C'est une loi inflexible.

Si dans quelques nouveaux moteurs on a obtenu des résultats économiques, cela tient surtout, non pas au corps employé, mais bien à la manière d'en faire emploi, d'après la plus ou moins bonne disposition des organes et en faisant rendre à la chaleur tout son effet mécanique. C'est pourquoi nous prédisons aux moteurs à acide carbonique, chauffés au gaz, un certain regain de vogue, car ils utilisent toute la chaleur, perdue ou imcomplètement consommée dans les autres systèmes.

C'est en connaissance de cause que M. Ericcson a inventé sa machine à air chaud. Il n'avait pas la prétention de produire de grands effets avec peu de chaleur, mais bien de supprimer tous ces changements de vapeur en mouvement, et de chaleur en vapeur. Il voulait employer directement la chaleur ou le mouvement. La théorie était bonne, seulement la marche suivie étant fausse il n'est arrivé qu'à des résultats imparfaits.

Depuis l'invention de la machine à vapeur, la science des moteurs a fait peu de progrès, excepté pourtant dans les moteurs à gaz. La machine à vapeur est-elle le type idéal, celui qui doit survivre à tous les autres? Nous ne le croyons pas, d'autant plus que les calculs de savants éminents prouvent qu'elle est fort imparfaite. Bien des systèmes proposés pour la remplacer ont échoué. Pourtant parmi ces derniers, nous citerons le

moteur électrique, bien des fois renié et rejeté comme stérile. Il n'en est, il est vrai, qu'à son enfance, aussi on aurait tort de se décourager. Est-ce lui qui remplacera un jour la vapeur? Nous l'ignorons et laissons à l'avenir le soin de nous l'apprendre, en rappelant le mot de Franklin sur les ballons : « Ce n'est qu'un enfant..., « mais il grandira! »

Nous avons parcouru en détail tous les genres de moteurs et leurs innombrables variétés, toutes les différentes forces motrices et leurs modes d'emploi. Nous allons les récapituler en quelques mots.

D'abord l'homme, sa force musculaire, les travaux qu'il accomplit seul ou en collaboration avec les machines.

Les animaux travaillant sous sa direction et diminuant la somme de ses peines.

Les forces naturelles mises à profit pour le mouvement de divers appareils et, en premier lieu, le vent, moteur des moulins et des bâtiments à voiles.

L'eau, actionnant les roues hydrauliques, les turbines, les moulins à marée, le bélier, le moteur Dufort.

L'air, échauffé, comme dans la machine Ericcson et ses dérivés, ou comprimé comme dans le moteur Taverdon.

La pression atmosphérique dans la machine de Papin et celle de Huyghens.

Le feu, dans les appareils à vapeur, les innombrables applications de ces appareils, leur construction, leur manœuvre, les différents types qui se subdivisent à leur tour en machines secondaires.

Les gaz, d'abord l'hydrogène bicarboné ayant fait

surgir les inventions de MM. Lenoir, Otto et Langen, Otto, Bisschop, Bénier, etc.

L'éther et le chloroforme caractérisés par les machines de du Tremblay, Tissot, Lafont.

L'acide carbonique, actionnant les moteurs de Brunel, de Ghilliano et Cristin, de Marquis.

Ensuite la puissance mystérieuse de l'électricité, force invisible agissant dans les spires des électro-aimants et provoquant des effets aussi surprenants qu'inattendus.

Enfin la force explosible de la poudre à canon produisant sans appareils des effets considérables.

D'après cette énumération successive, on peut se rendre compte des progrès accomplis par la science des moteurs, depuis les temps les plus reculés jusqu'à notre époque, féconde en inventions de tous genres. C'est une véritable histoire des conquêtes de l'esprit humain, dans l'une des branches les plus importantes de la science.

FIN

TABLE DES GRAVURES

1. Ouvriers au monte-charges 6
2. Roue de carriers. 7
3. Le cheval moteur 10
4. Cheval attelé au wagonnet. 11
5. Le chien moteur; chien dans une roue 13
6. Éléphant chargé 14
7. Chien attelé 15
8. Intérieur d'un moulin à vent. 20
9. Coupe d'un moulin à vent 22
10. Le moulin l'*Eclipse*. 25
11. Détail du moulin l'*Eclipse* 27
12. Anémomètre. 29
13. Voilier. 31
14. Brouette à voile. 32
15. Vélocipède à voile 33
16. Voiture à voiles.. 35
17. Moulin à eau. 40
18. Roue hydraulique à coursier circulaire 41
19. Roue Poncelet à palettes courbes 42
20. Turbine Fourneyron. 47
21. Roue-hélice Girard 50
22. Moteur hydraulique Dufort. 54
23. Horloge de Nuremberg. 58
24. Ressort spiral. 60
25. Barotrope Marquis 61
26. Hélicoptère 63
27. Plan automoteur 64
28. Machine atmosphérique de Huyghens 68

29. Machine de Papin. 69
30. Moteur à air chaud d'Ericcson. 75
31. Machine à air chaud de Laubereau. 79
32. Machine Daulton 84
33. Moteur Taverdon à air comprimé 85
34. Perforatrice à air comprimé. 89
35. Éolipyle. 97
36. Vase de Salomon de Caux. 100
37. Le « New-Digester » du docteur Papin. 101
38. 2e machine de Papin 103
39. Machine de Savery. 104
40. Machine de Newcomen 108
41. Machine de Watt 111
42. Détente Meyer. 115
43. Machine de Leupold. 116
44. Différentes sortes de rivures 118
45. Coupe de la chaudière Field. 119
46. Coupe en plan de la chaudière Lachapelle 121
47. Tiroir à coquille. 122
48. Bielle ordinaire. 123
49. Tige-bielle d'excentrique 123
50. Tête d'excentrique 125
51. Soupape de Papin. 128
52. Soupape-balance. 128
53. Manomètre à air comprimé 130
54. Manomètre Bourdon. 130
55. Tube de niveau d'eau 131
56. Porte-tube séparateur Damourette. 133
57. Modérateur de Watt, à force centrifuge. 134
58. Injecteur Giffard. 135
59. Machine horizontale. 139
60. Machine à vapeur horizontale 141
61. Machine verticale 143
62. Machine Bréval 144
63. Machine H.-Lachapelle. 145
64. Machine à cylindre oscillant Cavé 147
65. Machine rotative Behrens 153
66. Machine Broterhood 155
67. Machine rotative Uhler 156
68. Moteur Tison, diagramme. 159
69. Moteur Tyson faisant manœuvrer un ventilateur. 160
70. Moteur rationnel. 162
71. Chaudière Pifre et Mouchot. 164
72. Locomotive Crampton 167
73. Arrière d'une locomotive 171
74. Locomotive américaine 181

75. Locomotive routière 182
76. Appareil moteur d'un navire 197
77. Locomobile 189
78. Locomobile 1/2 fixe 190
79. Le « Monitor engine » 191
80. Machine d'atelier 193
81. Pompe à vapeur. 194
82. Marteau-pilon , ... 195
83. Locomotive sans foyer 202
84. Electro-aimant en fer à cheval 206
85. Électro-aimant simple. 206
86. Moteur électrique Bourbouze. 210
87. Moteur Froment. 212
88. Moteur Loiseau 215
89. Moteur Bonnet 216
90. Moteur Gaiffe 218
91. Le bateau le « Téléphone » 223
92. Appareil moteur d'une locomotive électrique. 226
93. Chemin de fer Siemens. 227
94. Locomotive Murchison 229
95. Détail du moteur Lenoir 234
96. Moteur Lenoir. 235
97. Moteur Otto et Langer 243
98. Moteur à gaz Otto 247
99. Moteur Bisschop. 251
100. Appareil pour boissons gazeuses 266
101. Appareil Thilorier. 267
102. Saturateur 269
103. Machine Brunel. 272
104. Moteur Ghillano et Cristin.. 275
105. Moteur Marquis 279
106. Moteur à ammoniaque 286

FIN DE LA TABLE DES GRAVURES

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Avant-Propos 1

CHAPITRE I

MOTEURS ANIMÉS

I. L'homme moteur 5
II. Les animaux moteurs 9

CHAPITRE II

MOTEURS A VENT

I. Les moulins 19
II. Les véhicules à voiles 31

CHAPITRE III

MOTEURS HYDRAULIQUES

I. Les roues 39
II. Les turbines 44
III. Les moulins à marée 60
IV Le moteur Dufort 62

CHAPITRE IV

LES BAROMOTEURS

I. Ressorts, poids, barotrope, hélicoptère, etc. 57

CHAPITRE V

LES MOTEURS A AIR

I. Machine atmosphérique. 67
II. Moteurs à air chaud 73
III. Moteurs à air comprimé. 83

CHAPITRE VI

MOTEURS A VAPEUR

I. Genèse 95
II. Machines depuis S. de Caux 99
III. James Watt, Leupold. 110
IV. Organes des moteurs. 118
V. Les machines modernes. I. Horizontales. — II. Verticales. — III. Rotatives. 139
VI. Moteurs à petite puissance 158
VII. Comment on conduit une locomotive 166
VIII. Des explosions 176
IX. Applications de la vapeur. 180
X. Divers modes d'emploi de la vapeur 199

CHAPITRE VII

MOTEURS ÉLECTRIQUES

I. Froment, Jacobi 205
II. Systèmes modernes. 214
III. Applications de l'électricité. 221

CHAPITRE VIII

MOTEURS A GAZ

I. Machine Lenoir. 233
II. Système Otto. 241
III. Système Bisschop. 249
IV. Moteur Bénier 255

CHAPITRE IX

MOTEURS A GRANDE PUISSANCE

I. Machine du Tremblay. 261
II. Machines à gaz liquéfiés. 265
III. L'ingénieur Brunel 271
IV. Machine Ghilliano. 274
V. Machine Marquis. 277
VI. Moteurs à gaz ammoniac 285
VII. Moteurs à poudre, opinion des savants 289
Conclusion 292

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES FOSSILES

PAR

GASTON TISSANDIER

Nulle pierre ne peut prendre forme de coquilles ni d'autre animal si l'animal même n'a bâti sa forme....

BERNARD PALISSY.

C'est aux fossiles seuls qu'est due la naissance de la théorie de la terre.

CUVIER.

DEUXIÈME ÉDITION

ILLUSTRÉE DE 188 VIGNETTES D'APRÈS LES DESSINS

DE

DELAHAYE, GILBERT, MESNEL, RAPINE, ETC

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Les Merveilles de la Photographie. 2e édition. 1 vol. in-18 illustré. Hachette, 1874.

L'Eau. 6e édition. 1 vol. in-18 illustré. Hachette, 1875.

La Houille. 3e édition. 1 vol. in-18 illustré. Hachette, 1875.

Éléments de chimie. 6e édition. 4 vol. in-18 avec figures dans le texte. (En collaboration avec M. P.-P. Dehérain.) Hachette, 1870.

Voyages aériens. 1 vol. gr. in-8 illustré de 117 gravures sur bois et de 6 pl. en couleur. (En collaboration avec MM. Glaisher, Flammarion et de Fonvielle.) Hachette, 1870.

En ballon! Pendant le siège de Paris. — Souvenirs d'un aéronaute. 1 vol. in-18. E. Dentu, 1871.

Les Ballons dirigeables. Expériences de M. Henri Giffard en 1852 et en 1855, et de M. Dupuy de Lôme en 1872. Brochure in-18. E. Dentu, 1872.

L'Héliogravure. Son histoire et ses procédés, ses applications à l'imprimerie et à la librairie. Conférence faite au Cercle de la librairie. Brochure in-8. (En vente au Cercle de la librairie.)

Histoire de mes ascensions. 1 vol. in-8 illustré de nombreuses gravures, par Albert Tissandier. Paris, Maurice Dreyfous, 1878.

Les Martyrs de la science. 1 vol. in-8 illustré de 20 gravures, par Gilbert. Paris, Maurice Dreyfous, 1880.

Les Récréations scientifiques ou l'Enseignement par les jeux. 1 vol. in-8 avec 224 gravures. Paris, G. Masson, 1881.

Causeries sur la science. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque des écoles et des familles*, illustré de 94 gravures. Paris, Hachette et Cie, 1880.

PARIS. — IMP. A. LAHURE, RUE DE FLEURUS, 9.

PRÉFACE

DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Les peuples qui ont vécu sur le globe terrestre dans le cours des temps historiques n'y ont pas séjourné sans laisser d'irrécusables traces de leur existence; les événements auxquels ils se sont trouvés mêlés, les combats qu'ils ont livrés, les monuments qu'ils ont édifiés, les mœurs, les coutumes, auxquels ils étaient soumis, apparaissent aux yeux de l'historien par la découverte de ruines, de médailles ou de documents divers, qui lui permettent de faire revivre les civilisations du passé. Les anneaux des chevaliers romains recueillis dans le sable qui avoisine le lac de Trasimène, les hiéroglyphes de l'ancienne Égypte, les constructions de l'Inde ou du Mexique, sont des exemples de ces restes précieux qui, étudiés, compulsés et

comparés à d'autres vestiges, ressuscitent les drames de l'histoire.

On a souvent dit que les *fossiles* sont pour le géologue ce que les médailles sont pour l'historien. Tandis que celui-ci s'occupe des changements successifs dont l'humanité a été l'objet dans la suite des siècles, celui-là étudie les modifications qui se sont opérées dans les règnes organique et inorganique de la terre. L'examen des fossiles, c'est-à-dire des débris ou des vestiges d'animaux et de plantes conservés dans l'épiderme terrestre, lui démontre qu'une multitude d'êtres vivants se sont succédé sur les continents avant que l'homme ait apparu à leur surface; il lui apprend en outre que ces populations animales différaient de celles qui habitent aujourd'hui notre sphéroïde. Cette science des animaux fossiles constitue la *Paléontologie.*

Le nombre des espèces animales ou végétales qui existent actuellement sur le globe terrestre dépasse peut-être un million, sans compter les animalcules microscopiques et les infusoires, dont l'abondance est telle qu'un verre d'eau peut en contenir autant qu'il y a d'hommes sur la terre entière. De Candolle estimait le nombre des plantes terrestres à 120 000, et M. Lindley affirme que

l'on peut compter plus de 80 000 plantes phanérogames et 10 000 cryptogames. Suivant Temminck, le nombre des mammifères connus s'élève à plus de 800; d'après Cuvier, celui des poissons est de 6000. On a déterminé plus de 6000 espèces distinctes d'oiseaux. A tous ces nombres il faudrait ajouter, pour être complet, celui des reptiles et des invertébrés. L'Océan enfante des êtres innombrables. Lamarck faisait déjà remarquer que la classe des polypiers renferme à elle seule plus d'individus que les insectes [1].

Le naturaliste qui jette les yeux sur la faune et la flore des temps actuels est saisi de vertige devant l'étonnante multiplicité des formes organiques, qui lui représente en quelque sorte le spectacle de l'infini! Que dirait le paléontologiste s'il pouvait connaître toutes les espèces qui ont vécu dans la suite des temps, à tous les âges de notre monde? Il aurait à multiplier les chiffres précédents par le nombre de fois que la nature a modifié la forme des êtres à travers les époques géologiques! On conçoit donc que la paléontologie se meut dans un champ d'une étendue prodigieuse. Quelque nombreuses que soient les espèces fossiles connues, on

[1] Charles Lyell, *Principes de Géologie*. Paris, 1848.

en trouve constamment de nouvelles, et il est probable que chaque jour on en découvrira encore. Ce que nous savons de l'histoire de la terre n'est rien à côté de ce qu'il nous reste à apprendre. Mais ce que l'on connaît actuellement des êtres fossiles, grâce aux impérissables fondateurs d'une science née d'hier, grâce aux travaux, aux investigations des chercheurs de tous les pays, est cependant assez considérable pour remplir des musées entiers, pour fournir la matière d'un des plus imposants chapitres du livre de la nature, et pour offrir un éternel aliment aux méditations des plus grands savants et des plus profonds philosophes.

N'est-ce pas assez dire que le modeste ouvrage que nous avons écrit n'a que de très humbles prétentions? Il offrira au lecteur des tableaux successifs, où sont groupés quelques-uns des êtres qui ont vécu dans le cours des âges géologiques; il ne lui apprendra pas la paléontologie d'une façon complète, mais il lui donnera peut-être le désir de l'apprendre; il lui communiquera le goût de cette grande et sublime histoire ancienne de la terre, que la science moderne ressuscite, malgré l'immensité du temps qui l'en sépare.

Fidèle au plan que nous avons adopté dans nos précédents ouvrages, auxquels le public a bien

voulu faire un accueil sympathique, nous n'avons pas négligé de parler d'abord des hommes à qui l'on doit la science des fossiles, des impérissables créateurs de la paléontologie. Il nous a toujours semblé que s'il est utile de connaître les résultats de la science actuelle, il ne l'est pas moins d'apprendre comment a procédé l'esprit humain pour les obtenir. Le tableau de la lutte de l'intelligence contre l'inconnu, celui des efforts qu'elle ne cesse de faire pour conquérir quelques vérités nouvelles, est toujours fortifiant et rempli d'attrait. Il offre de beaux exemples à tous ceux qu'animent l'ardeur du travail et l'amour de la nature.

Nous avons voulu faire connaître les découvertes les plus récentes, qui, tout en ayant préoccupé le monde savant, n'ont pas encore été décrites au public dans des livres qui lui soient facilement accessibles. Les recherches de M. Grand'Eury sur les *houillères de Saint-Étienne*, les observations de M. P. Gervais sur le *Ceratodus de la Nouvelle-Hollande*, les *tortues à dents*, et la curieuse faune du cap de Bonne-Espérance, décrite par le professeur Owen, étudiée par MM. Gervais, Gaudry et Fischer, le nouveau *Palæotherium* de Vitry, l'*oiseau à dents* de l'argile de Londres, les *poissons fossiles* de Puteaux, l'admirable *Megathe-*

rium dont le Muséum vient de s'enrichir, les découvertes du professeur Marsh aux États-Unis, le *Dinoceras*, le *Brontotherium*, l'*éléphant fossile* du Gard trouvé par M. Cazalis de Fondouce, les résultats récents de l'*histoire de l'homme fossile*, ont été passés en revue avec soin, ainsi que les travaux les plus récents de MM. Gaudry, Gervais, Alph. Milne Edwards, de Quatrefages, etc., etc. Les notices qui traitent de ces questions nouvelles sont accompagnées de gravures inédites, dont la plupart ont été exécutées sous la direction de M. P. Gervais. Dans notre première édition, nous adressions nos sincères remerciements au savant professeur du Muséum pour son précieux concours. Aujourd'hui, la mort est venue briser sa carrière si bien remplie; nous ne pouvons plus rendre hommage qu'à sa mémoire.

Les autres gravures qui accompagnent notre texte proviennent en partie du *Cours de Paléontologie* d'Alcide d'Orbigny ; elles ont déjà été utilisées précédemment par M. Louis Figuier dans son ouvrage intitulé : *la Terre avant le déluge*. Nous avons emprunté d'autres sujets d'illustrations à *l'Homme primitif* du même auteur, et quelques beaux fossiles au livre *les Pierres*, dû à M. L. Simonin. Nous ajouterons enfin que, parmi les œuvres qui nous ont

servi à retracer l'histoire sommaire des fossiles, nous nous faisons un devoir de citer les *Ossements fossiles* de Cuvier, la *Paléontologie française* d'Alcide d'Orbigny, les mémoires originaux de M. A. Gaudry sur les *animaux fossiles de l'Attique*, le travail de M. A. Milne Edwards sur les *oiseaux fossiles de l'Allier*, de nombreuses notes publiées dans les *Annales des Sciences naturelles*, dans le *Bulletin de la Société de Géologie*, dans des journaux étrangers, les *Éléments de Géologie* et l'*Antiquité de l'Homme*, de Ch. Lyell, ainsi que plusieurs mémoires insérés dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, etc., etc.

G. T.

LES FOSSILES

CHAPITRE PREMIER

LA SCIENCE DES FOSSILES

I

Les débris d'êtres disparus. — Les jeux de la nature. — Opinion des anciens sur les fossiles. — Les premiers géologues. — Les Égyptiens. — Pythagore et Ovide. — Aristote et Xénophanes de Colophon. — L'empereur Auguste. — Pline. — Bernard Palissy.

Depuis le jour où l'homme a, pour la première fois, soulevé l'épiderme terrestre pour y creuser des sillons et pour y tracer des chemins; depuis l'époque où il a su pénétrer dans le sein de l'écorce superficielle, soit pour y dérober l'eau potable, soit pour ravir aux entrailles du sol la pierre à bâtir ou le minerai, il a dû mettre en lumière l'existence des pétrifications et des coquilles. Comment pourrait-il en être autrement, puis-

que les débris d'animaux et de plantes, les empreintes de fougères, les restes d'ossements, admirables témoi-

Fig. 1. — Empreintes de coquilles fossiles sur une roche calcaire (Terrain silurien.)

gnages d'anciennes formes organiques, se révèlent au milieu de tous les terrains sédimentaires, plus ou moins

bien conservés dans la matière minérale. Il n'est, pour ainsi dire, pas possible de creuser les assises de craie qui abondent à la surface de la terre, d'ouvrir les immenses gradins qui forment le terrain silurien, le terrain jurassique, sans y découvrir d'innombrables empreintes de coquillages (fig. 1 et 2). Croirait-on cependant que les premiers découvreurs de ces *fossiles*

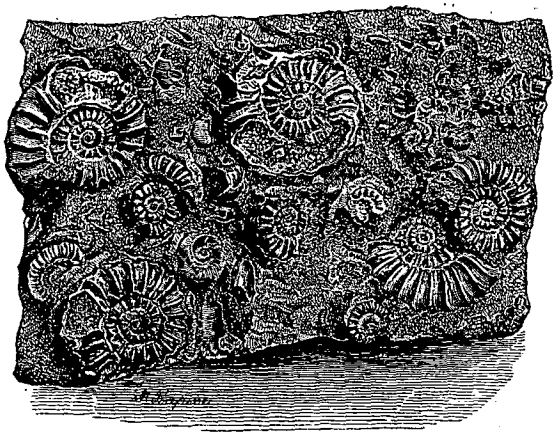


Fig. 2. — Empreintes d'ammonites du terrain jurassique.

étaient bien plutôt portés à les considérer comme des reliefs bizarres, dus à une cause fortuite, à un hasard inexplicable, qu'à les regarder comme les incontestables vestiges d'êtres disparus?

Il n'a jamais manqué toutefois d'esprits clairvoyants qui ont protesté contre un tel aveuglement.

Sir Ch. Lyell nous rapporte que le livre sacré des

Indous, le plus vieux livre du monde, écrit huit cents ans avant l'ère chrétienne, renferme déjà un bel exposé des évolutions successives dont les êtres vivants ont été l'objet à travers les âges. L'auteur de cet antique ouvrage attribue la création première à un Être infini devant lequel il se prosterne, à un Esprit sublime qui donne au monde son entière extension quand il est éveillé, qui l'anéantit au contraire quand il s'endort. Par une telle alternative d'heures de veille et d'heures de repos, cette Puissance éternelle revivifie et détruit successivement l'immense assemblage des créatures[1]. N'est-ce pas indiquer, sous une forme pleine de grandeur et de poésie, les transformations de l'organisme, telles que peuvent les concevoir les naturalistes modernes?

Les prêtres égyptiens, d'après Hérodote, n'ignoraient pas que les couches inférieures des vallées du Nil abondent en coquilles marines; ils savaient aussi qu'on ne manque pas d'en rencontrer à profusion quand on creuse les collines qui les environnent. Aucun peuple plus que les Égyptiens n'a remué le sol pour y élever des temples formidables, pour y découper des canaux immenses, nul plus que lui n'a dû révéler l'évidence des phénomènes géologiques. Tous les hommes ont en outre entendu parler des tremblements de terre qui anéantissent des pays prospères, des inondations ou des déluges qui submergent des villes entières : comment l'idée des révolutions du globe ne se retrouve-

[1] *Institutes de la loi hindoue*, ou Code de Manou, traduit du sanscrit par sir William Jones. 1796.

rait-elle pas dans la plupart des cosmogonies de l'Égypte ou de l'Orient?

En nous rapprochant des temps modernes, nous voyons Pythagore nous parler en termes explicites des métamorphoses de la terre ; et plus tard, Ovide, en ranimant cette doctrine, la complète en quelque sorte par des propositions que ne désavouerait aucun savant moderne. Quand le grand poète s'écrie : « Rien ne meurt dans ce monde, les choses ne font que varier et changer de forme... Naître signifie qu'une chose commence à être différente de ce qu'elle fut auparavant; mourir, veut dire qu'elle cesse d'être la même chose. » Quand il affirme encore que « la terre ferme a été convertie en mer..., que la mer a été changée en terre..., que des coquilles marines gisent loin de l'Océan[1]... » ne parle-t-il pas alors non plus en littérateur, mais en savant et en vrai philosophe ?

Quand nous lisons dans le *Traité des Météores* d'Aristote que « les révolutions du globe sont si lentes, comparativement à la durée de notre vie, que leurs progrès sont tout à fait inappréciables[2], » n'avons-nous pas la preuve manifeste que l'idée de créations antérieures à celle de l'homme n'était pas inconnue des anciens?

Il serait injuste d'oublier le nom d'un grand savant grec, Xénophanes de Colophon, le fondateur de la philosophie éclectique ; cet illustre admirateur de la nature avance en termes énergiques que les empreintes fos-

[1] *Métamorphoses* d'Ovide, livre XV.
[2] *De Meteor.*, lib. II, cap. XIV, XV et XVI.

siles d'animaux et de plantes sont réellement les traces d'êtres ayant vécu jadis; il affirme que les montagnes au sein desquelles on les rencontre ont autrefois constitué le fond de la mer. Il ne serait pas plus juste de refuser à l'empereur Auguste le titre de précurseur de la paléontologie. Le neveu du grand César avait rassemblé une belle collection de fossiles dans sa villa de Capri. Un peu plus tard, Pline le naturaliste n'en parle pas moins, dans ses écrits, d'ossements aux proportions colossales, qu'il attribue à des géants ou à des héros d'un autre âge.

Malgré ces efforts de la philosophie naturelle dans l'antiquité, malgré ces audaces d'esprits supérieurs, pendant tout le moyen âge et pendant les périodes brillantes qui lui succèdent jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, l'opinion dominante fut que ces fossiles, que ces pierres figurées, étaient des jeux de la nature, *lusus naturæ*, suivant l'expression des savants de ces époques. Quelles sottises n'imaginaient-ils pas, ces philosophes aux abois, pour se convaincre que l'évidence était l'erreur? N'allaient-ils pas jusqu'à prétendre que les pétrifications étaient des dessins formés par l'action mystérieuse des étoiles sur les couches terrestres!

Cependant, au milieu du seizième siècle, de cette grande époque où parurent les Bacon et les Galilée, un homme doué d'un puissant génie, Bernard Palissy, jeta les premières bases de la science des fossiles, et construisit les fondations du grand monument de la géologie moderne. — Il semblerait que l'artiste ait souvent l'intuition de la nature, car cent ans

avant Palissy, Léonard de Vinci avait déjà osé affirmer que la lente pétrification des débris calcaires, comme les coquilles des mollusques, était le fait du limon qui se dépose au fond des eaux et englobe peu à peu tous ces restes.

« Le nom de Bernard Palissy est empreint dans la mémoire de la plupart des esprits cultivés ; on sait qu'il vécut au seizième siècle, qu'il était potier de terre et qu'il découvrit le vernis des faïences.... Mais ce que l'on sait moins généralement, c'est que cet homme, sans éducation première, sans aucune notion de littérature, sans connaissance de l'antiquité, sans secours d'aucune espèce, à l'aide des seuls efforts de son génie et de l'observation attentive de la nature, posa les bases de la plupart des doctrines modernes sur les sciences et les arts, qu'il émit sur une foule de hautes questions scientifiques les idées les plus hardies et les mieux fondées, qu'il professa le premier en France l'histoire naturelle et la géologie, qu'il fut l'un de ceux qui contribuèrent le plus puissamment à renverser le culte aveugle du moyen âge pour les doctrines de l'antiquité ; que cet ouvrier sans culture et sans lettres a laissé des écrits remarquables par la clarté, l'énergie, le coloris du style ; qu'enfin cet homme simple et pur, mais puissant par le génie, fournit l'exemple de l'un des plus beaux caractères de son époque, et qu'il expia par la captivité et la mort sa persévérance courageuse et sa fermeté dans ses croyances [1]. »

[1] P. A. Cap. *Œuvres complètes de Bernard Palissy*. Paris, 1844.

Palissy naquit près de la petite ville de Biron, entre le Lot et la Dordogne, dans un modeste petit village. On ignore les détails de son enfance, mais on sait que dès sa jeunesse il se mit à voyager et parcourut les Pyrénées, la Flandre, les Pays-Bas, les Ardennes et les bords du Rhin... « En ouvrier nomade, nous dit-il lui-même, exerçant à la fois la vitrerie, la pourtraicture et l'arpentage, mais observant surtout les pays et les curiosités naturelles, parcourant les montagnes, les forêts, visitant les carrières et les mines, les grottes et les cavernes. »

Après s'être établi à Saintes, après avoir consacré de longues et pénibles années à la découverte de sa belle terre émaillée, Palissy vint à Paris, où il résolut de faire la démonstration publique de ses théories sur les fossiles. Cet humble potier de terre, qui ne savait ni grec ni latin, appela à lui les philosophes et les savants, et, « à la face de tous les docteurs, il osa dire dans Paris que les coquilles fossiles étaient de véritables coquilles déposées autrefois par la mer dans les lieux où elles se trouvaient alors, que des animaux et surtout des poissons avaient donné aux pierres figurées toutes leurs différentes figures [1]. »

Palissy rassemble les objets nécessaires à ses démonstrations, il classe avec méthode les cristaux et les fossiles qu'il a recueillis dans ses voyages, et fonde ainsi le premier cabinet d'histoire naturelle. Avec de telles preuves en main, il se sent fort et inébranlable dans

[1] Fontenelle, *Histoire de l'Académie.*

ses convictions; il est prêt à résister à l'amertume des critiques, à la jalousie des envieux, à l'aveugle fureur des ignorants; aussi ne craint-il pas de s'écrier fièrement : « Vas quérir à présent tes philosophes latins pour me donner argument contraire[1]. »

Comment l'illustre artiste n'aurait-il pas acquis la plus ferme conviction, s'il avait ramassé, comme cela n'est pas douteux, quelques-unes de ces empreintes que le géologue foule du pied dans toutes les régions du globe? En jetant un simple regard sur la représentation de pétrifications les plus répandues et les plus vulgaires (fig. 3 et 4), ne sera-t-on pas stupéfait en songeant à l'aveuglement de ceux qui n'attribuaient qu'au hasard seul la cause de leur formation?

Bernard Palissy, dans ses œuvres, a choisi la forme du dialogue. Il met en scène deux personnages imaginaires : l'un s'appelle *Théorique*, et représente la scolastique; c'est un pédagogue, ignorant, indocile, qui bien souvent excite la pitié par la sottise de ses réparties; l'autre, *Practique*, renverse sans cesse le lourd raison-

[1] Nous croyons intéressant de reproduire dans sa charmante naïveté le titre textuel des œuvres de Palissy :

DISCOURS ADMIRABLES
DE LA NATURE DES EAUX ET DES FONTAINES TANT NATURELLES QU'ARTIFICIELLES
DES MÉTAUX, DES SELS ET SALINES, DES PIERRES, DES TERRES
DU FEU ET DES ÉMAUX
AVEC PLUSIEURS AUTRES EXCELLENTS SECRETS DE CHOSES NATURELLES
PLUS UN TRAITÉ DE LA MARNE
FORT UTILE ET NÉCESSAIRE POUR CEUX QUI SE MELLENT DE L'AGRICULTURE
LE TOUT DRESSÉ PAR DIALOGUES ESQUELS SONT INTRODUITS
LA THÉORIQUE ET LA PRACTIQUE
PAR M. BERNARD PALISSY, INVENTEUR DES RUSTIQUES FIGULINES DU ROY
ET DE LA ROYNE SA MÈRE.

nement de son interlocuteur. Avec quelle verve, quel esprit, quelle agilité il se plaît à combattre des opinions *fagotées* à l'avance. Ce livre inimitable est un des grands monuments littéraires du seizième siècle. L'auteur a

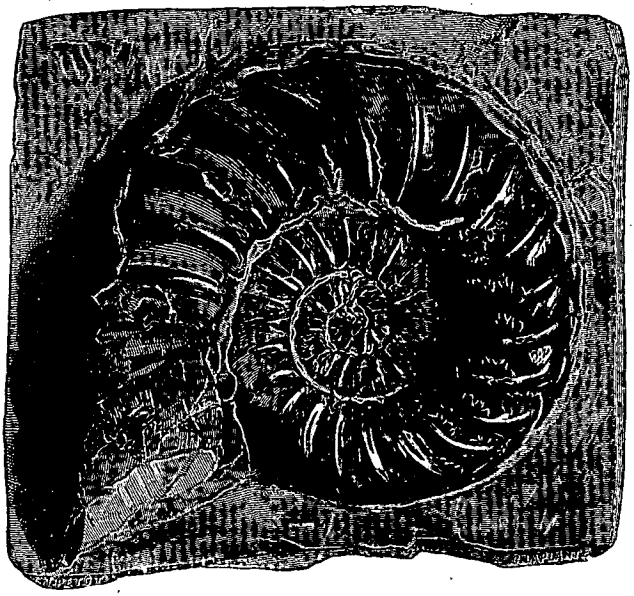


Fig. 5. — Exemple de pétrification. (Ammonite du terrain jurassique.)

la passion qui subjugue, l'élan de l'innovateur, l'éloquence naturelle d'un grand esprit : il s'élève souvent aussi haut que Montaigne. Qu'on en juge par ce passage, que Palissy écrit après avoir longuement démontré que les pierres ne croissent pas, comme on le croyait généralement à son époque :

« Théorique. — Et où est ce que tu as trouvé cela,

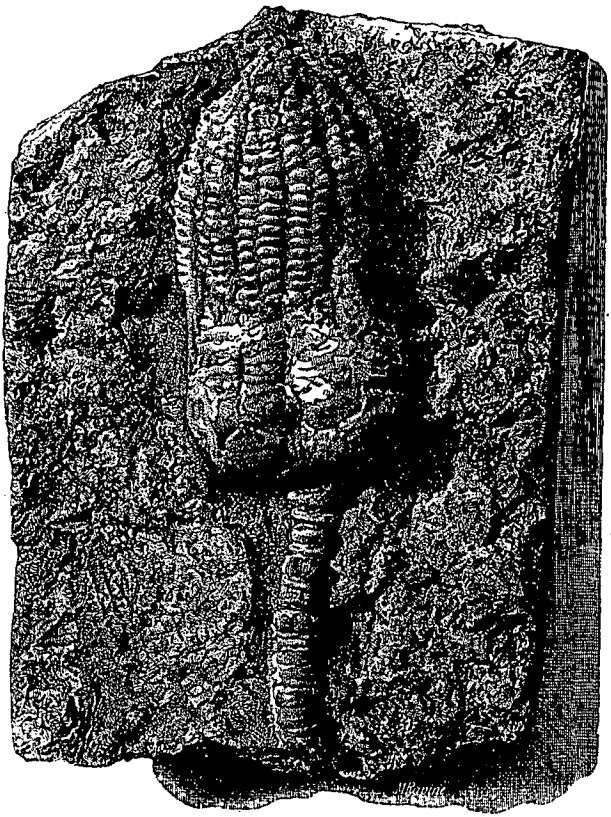


Fig. 4. — Exemple de pétrification de corail. (Encrinite liliforme, du terrain jurassique, grandeur naturelle.)

par escript, ou bien dis moi en quelle école as tu esté, où tu puisses avoir entendu ce que tu dis?

« Practique. — Je n'ai point eu d'autre livre que le ciel et la terre, lequel èst connu de tous, et est donné à tous de connaître et lire ce beau livre; or ayant lu èn celuy, j'ai considéré les matières terrestres, parce que, je n'avais point estudié en l'astrologie pour contempler les astres. »

En lisant les *Discours admirables*, on s'étonne de la nouveauté, de la variété des observations de Palissy sur la constitution des montagnes et des différents sols, sur l'origine des espèces minérales, sur la formation, le mode d'accroissement des pierres, qu'il examine sous leurs divers rapports de forme, de couleur, de cohésion, de poids et de densité. Les cristallisations, les stalactites, les bois pétrifiés, les fossiles, la marne, les faluns, rien n'échappe à ses recherches, et fidèle à sa méthode habituelle d'investigation, il rattache tous les faits recueillis à quelque vue générale qui, presque toujours, est la plus directe et la plus féconde.

« Quand j'ai eu de bien près regardé aux formes des pierres, dit Palissy, j'ai trouvé que nulle d'icelles ne peut prendre forme de coquilles, ni d'autre animal, si l'animal même n'a bâti sa forme... Le rocher, qui est tout plein de diverses espèces de coquilles, a été autrefois vases marins, produisant poissons. Si aucuns ne le veulent croire, je leur montrerai la dite pierre, pour couper broche à toutes disputes [1]. »

Palissy nous apprend qu'il a fait des observations précieuses et des découvertes importantes, surtout dans

[1] *Œuvres complètes de Bernard Palissy.*

les Ardennes et dans la Champagne. «.... J'ai fait plusieurs figures des coquilles pétrifiées qui se trouvent par milliers ès montagnes des Ardennes et non seulement des coquilles, ains aussi des poissons.... ayant toujours cherché en mon pouvoir de plus en plus les choses pétrifiées, j'ai trouvé plus d'espèces de poissons ou coquilles pétrifiées en la terre, que non pas des genres modernes qui habitent à la mer Océane. »

Nous nous bornerons à ces quelques citations, car il faudrait rapporter en entier l'œuvre du grand artiste; non seulement il se révèle partout comme savant mais il apparaît aussi comme un profond penseur, quand il écrit par exemple : « La science se manifeste à qui la cherche ! » et plus loin : « On ne doit pas abuser des dons de Dieu, et cacher ses talents en terre, car il est écrit que le fou cachant sa folie vaut mieux que le sage celant son savoir. »

Malgré les révélations d'un tel génie, la science des fossiles n'est pas encore fondée après Palissy. Les œuvres de cet esprit incomparable furent à peine connues de son vivant, et les paroles énergiques, vibrantes, convaincues du « potier de terre » ne devaient être entendues qu'un siècle après sa mort!

II

Buffon et ses prédécesseurs. — Réaumur. — De Jussieu. — Réfutation des nouvelles doctrines. — Voltaire et les coquilles des pèlerins. — Les singes et le transport des fossiles. — Les poissons des repas romains. — Le clou de Franklin.

Il se produisit au commencement du siècle dernier un grand mouvement en faveur du progrès des sciences naturelles et particulièrement de la géologie. Si Buffon est particulièrement célèbre pour avoir repris les doctrines de Palissy, il serait injuste de passer sous silence les esprits éminents qui l'ont précédé dans ses affirmations. En 1670, Augustin Scilla reprit avec vigueur les opinions de « l'inventeur des rustiques figulines, » et peu après, Leibnitz leur donna l'autorité de son génie. Plus tard, Fontenelle, dans son *Histoire de l'Académie*, indique qu'il croit fermement à l'existence des fossiles. « Dans tous les siècles assez peu éclairés, dit-il, et assez dépourvus du génie d'observation et de recherches pour croire que tout ce qu'on appelle aujourd'hui *pierres figurées* et les coquillages mêmes trouvés dans la terre étaient des jeux de la nature, ou quelques accidents particuliers, le hasard a dû mettre au jour une infinité de

ces sortes de curiosités, que les philosophes même, si c'étaient des philosophes, ne regardaient qu'avec une surprise ignorante ou une légère attention, et tout cela périssait sans aucun fruit pour le progrès des connaissances... » « Les idées de Palissy, dit plus loin l'illustre secrétaire de l'Académie, se sont réveillées dans l'esprit de plusieurs savants, elles ont fait la fortune qu'elles méritaient ; on a profité de toutes les coquilles, de toutes les pierres figurées que la terre a fournies, peut-être seulement sont-elles devenues aujourd'hui trop communes, et les conséquences qu'on en tire sont en danger d'être bientôt trop inconfestables.

On voit que peu à peu la vérité apparaît et se fait jour. A la même époque, Réaumur découvre un grand amas de coquillages fossiles en Touraine. Jussieu ramasse aux environs de Saint-Chaumont, dans le Lyonnais, une grande quantité de pierres écailleuses et feuilletées, dont presque tous les feuillets portaient sur leur superficie l'empreinte d'une tige ou d'une feuille de plante [1], « comme si on avait collé avec la main ces débris végétaux, qui appartiennent tous à des plantes étrangères, » en même temps plusieurs voyageurs rapportent la nouvelle de semblables découvertes faites dans les pays les plus lointains. Dans ses récits de voyages, le naturaliste Shaw raconte que sur la montagne de Castravan, au-dessus de Barut, il y a un lit de pierre blanche mince comme de l'ardoise, et dont chaque feuille contient un grand nombre et une grande diversité

[1] La figure 5, ci-contre, donne une idée exacte de certaines empreintes de feuilles fossiles.

de poissons, pour la plupart fort plats et fort comprimés.

Buffon allait rassembler l'histoire de ces découvertes éparses, seconder les efforts de ces disciples de la vérité, défendre la grande cause de la géologie, avec la puissance de son style, l'autorité de son grand nom et surtout avec ce qui est au-dessus des formes du langage ou de l'éclat de la célébrité, c'est-à-dire avec

Fig. 5. — Pétrifications de feuilles. (*Conoptoris*) terrain jurassique.

des faits, matériaux indestructibles du monument scientifique.

« Tout le monde, dit Buffon, peut voir par ses yeux les bancs de coquilles qui sont dans le collines des environs de Paris, surtout dans les carrières de pierre, comme à la chaussée près de Sèvres, à Issy, à Passy et ailleurs. On trouve à Villers-Cotterets une grande quan-

tité de pierres lenticulaires ; les rochers en sont même entièrement formés, et elles y sont mêlées sans aucun ordre avec une espèce de mortier pierreux qui les tient toutes liées ensemble. A Chaumont, on trouve une si grande quantité de coquilles pétrifiées, que toutes les collines, qui ne laissent pas d'être assez élevées, ne paraissent être composées d'autre chose ; il en est de même à Courtagnon, près de Reims, où le banc de coquilles a près de quatre lieues de largeur sur plusieurs de longueur. Je cite ces endroits parce qu'ils sont fameux et que les coquilles y frappent les yeux de tout le monde..... J'ai souvent examiné des carrières de haut en bas, dont les bancs étaient remplis de coquilles ; j'ai vu des collines entières qui en sont composées, des chaînes de rochers qui en contiennent une grande quantité dans toute leur étendue. Le volume de ces productions de la mer est étonnant et le nombre de ces dépouilles d'animaux marins est si prodigieux qu'il n'est guère possible d'imaginer qu'il puisse y en avoir davantage dans la mer ; c'est en considérant cette multitude innombrable de coquilles et d'autres productions marines, qu'on ne peut pas douter que notre terre n'ait été pendant un très long temps un fond de mer peuplé d'autant de coquillages que l'est actuellement l'Océan... Il ne faut pas croire, en effet, comme se l'imaginent tous les gens qui veulent raisonner sur cela sans avoir rien vu, qu'on ne trouve ces coquilles que par hasard, qu'elles sont dispersées çà et là, ou tout au plus par petits tas, comme des coquilles d'huître jetées à la porte ; c'est par montagnes qu'on les trouve, c'est par

bancs de 100 et 200 lieues de longueur; c'est par collines et par provinces qu'il faut les toiser....

« On a trouvé à Amsterdam, qui est un pays dont le terrain est fort bas, des coquilles de mer à 100 pieds de profondeur sous terre, et à Marly-la-Ville, à six lieues de Paris, à 75 pieds; on en trouve de même au fond des mines et dans des bancs de rochers, au-dessous d'une hauteur de pierre de 50, 100, 200 et jusqu'à 1000 pieds d'épaisseur, comme il est aisé de le remarquer dans les Alpes et les Pyrénées; il n'y a qu'à examiner de près les rochers coupés à plomb, et on voit que dans les lits inférieurs il y a des coquilles et d'autres productions marines.... J'entends ici par coquilles, non seulement les dépouilles des coquillages, mais celles des crustacés, comme tayes et pointes d'oursin, et aussi toutes les productions des insectes de mer, comme les madrépores, les coraux, les astroïtes, etc. [1]. »

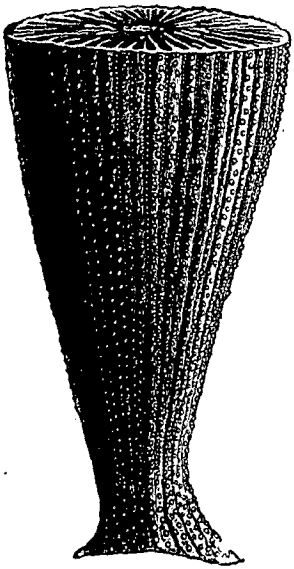


Fig. 6. — Polypier fossile de la craie.

[1] On sait, en effet, que les collections paléontologiques abondent en empreintes d'animaux marins semblables à ceux dont parle Buffon. Les

Il est impossible de parler un langage plus net et de présenter sous une forme plus claire des faits plus affirmatifs. Cependant ces théories soulevèrent d'innombrables protestations, et l'on regrette de compter Voltaire au nombre des plus ardents adversaires du grand

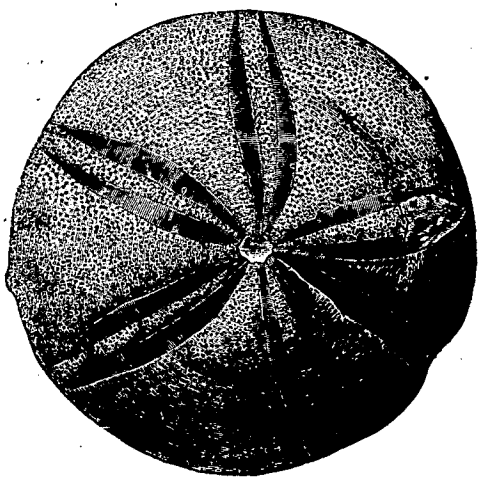


Fig. 7. — Oursin fossile.

naturaliste. L'illustre auteur du *Dictionnaire philosophique* alla, comme on le sait, jusqu'à prétendre que les coquilles alpines de M. de Buffon étaient tombées des chapeaux de quelques pèlerins se rendant à Rome.

Quand Buffon riposta en alléguant de nouvelles preuves, en se servant du témoignage de voyageurs qui

fig. 6, 7 et 8 reproduisent l'aspect de quelques remarquables échantillons fossiles de polypier, d'oursin et d'étoile de mer.

ont vu des coquilles fossiles sur les montagnes de l'Inde, de l'Amérique, de l'Afrique, il se rencontra un naturaliste assez aveuglé par les préjugés et la routine pour lui répondre que, d'après la Loubère, les singes s'amusent souvent à transporter des coquilles, du rivage de la mer au sommet des montagnes, et que des poissons fossiles

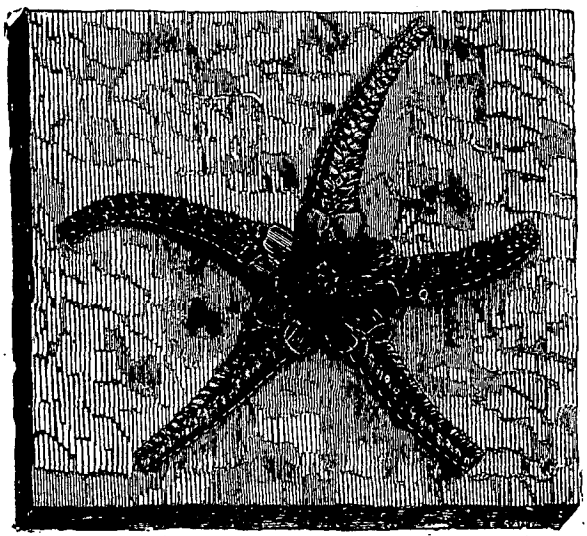


Fig. 8. — Étoile de mer fossile (*Palæocoma.*)— Las.

trouvés en Italie ne sont à son avis, que des poissons rares, rejetés jadis de la table des Romains parce qu'ils n'étaient pas assez frais [1].

[1] *Histoire naturelle, générale et particulière*, par M. de Buffon. Nouvelle édition. Tome Ier. Paris, Imprimerie royale, 1769.

Lorsque le grand naturaliste français lance à la face de ses adversaires de nouvelles découvertes, qui chaque jour viennent confirmer ses doctrines, un auteur anglais, Tancred Robinson, doute encore de l'existence des fossiles, au point d'affirmer qu' « il y a eu des coquilles de mer, dispersées çà et là sur la terre, par les armées, par les habitants des villes et des villages! »

Ne croirait-on pas entendre la voix de ceux qui considéraient naguère les haches taillées des temps primitifs comme des vieilles pierres à fusil du premier empire?

En présence de si misérables arguments, de si pauvres objections, dégagés d'erreurs si grossières pour nier des faits incontestables, n'est-on pas conduit à dire, avec Franklin, que la vérité, tant elle est difficile à faire pénétrer dans la cervelle humaine, peut se comparer à un clou qu'il faut enfoncer, non pas par la pointe, mais par la tête?

III

Georges Cuvier fondateur de la géologie et de la paléontologie. — Les ossements fossiles et l'anatomie comparée. — Les époques géologiques. — Les espèces éteintes. — Les révolutions du globe. — Les adversaires de Cuvier : Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, Ch. Lyell, Darwin.

On voit que, malgré les Palissy et les Buffon, la paléontologie n'est pas encore créée; il n'est guère question jusqu'ici que de coquilles et quelquefois de poissons, mais on ne parle pas des ossements fossiles, on ne soupçonne pas l'existence antérieure d'une foule d'êtres différents de la création actuelle et que le puissant génie de Cuvier va faire revivre. Ce grand naturaliste, dont l'esprit brillera toujours par cette découverte de ce qui fut jadis, admirable divination du passé, nous dit lui-même le moment précis où il eut l'idée de ses travaux. En regardant attentivement le crâne d'un éléphant que Messerchmidt avait rapporté de ses voyages, le hardi novateur s'aperçut que les éléphants fossiles étaient d'une espèce différente des éléphants modernes. « Cette idée, dit Cuvier, que j'annonçai à l'Institut dès 1796, m'ouvrit des vues toutes nouvelles

sur la théorie de la terre ; un coup d'œil rapide, jeté sur d'autres os fossiles, me fit présumer tout ce que j'ai découvert depuis, et me détermina à me consacrer aux longues recherches et aux travaux assidus [1]. »

Dans ce premier mémoire, Cuvier allait ouvrir l'ère des plus étonnantes découvertes que les sciences naturelles aient jamais faites. Il allait d'abord faire apparaître aux yeux du monde savant stupéfait les gigantesques *mammouths*, qui n'ont plus actuellement de représentants sur la terre, et dont les ossements se sont rencontrés dès lors en si grande abondance (fig. 9). Le travail de Cuvier produisit une grande sensation; on y remarque surtout aujourd'hui cette phrase, pour ainsi dire prophétique : « Qu'on se demande, dit-il, pourquoi l'on trouve tant de dépouilles d'animaux inconnus, tandis qu'on n'en trouve aucune dont on puisse dire qu'elle appartient aux espèces que nous connaissons, et l'on verra combien il est probable qu'elles ont toutes appartenu à des êtres d'un monde antérieur au nôtre, à des êtres détruits par quelques révolutions du globe, à des êtres dont ceux qui existent aujourd'hui ont rempli la place. »

Toute la sûreté de la méthode que Cuvier inaugure avec une telle puissance d'intuition réside dans l'anatomie comparée. En mettant en parallèle les ossements fossiles avec les ossements des animaux vivants, l'illustre savant français reconnaît d'abord que ces premiers n'appartiennent pas à des espèces actuelles :

[1] *Recherches sur les ossements fossiles.*

l'idée de créations d'animaux, antérieures à la création actuelle, lui apparaît dans son ensemble imposant. Le voile qui a caché pendant tant de siècles les phénomènes du passé, vient d'être soulevé pour la première fois. En soumettant les ossements fossiles à un examen scrupuleux, à une investigation minutieuse, Cuvier arrive à retrouver le genre de vie, le genre d'alimentation, la forme des animaux auxquels ces os ont appartenu ; il peut les définir, les reconstituer et les classer dans les cadres zoologiques que Linné n'avait édifiés que pour y grouper les espèces vivantes. Une dent, un sabot du pied, suffisent quelquefois à Cuvier pour être conduit, par le raisonnement qui suit de près l'observation, à deviner l'espèce d'où proviennent ces infimes débris. N'est-il pas certain que la dent, faite pour déchirer une proie, que les ongles acérés, destinés à saisir, appartiennent à un carnassier? N'est-il pas manifeste qu'un pied à sabot a dû appartenir à un herbivore? Mais si l'on sait que l'être disparu était carnivore ou herbivore, on sera conduit à définir quelques autres particularités de son organisme, et il ne sera pas impossible d'en faire la reconstitution complète.

« Cette méthode précise, rigoureuse, de démêler, de distinguer les os confondus ensemble ; de rapporter chaque os à son espèce ; de reconstruire enfin l'animal entier d'après quelques-unes de ses parties, cette méthode une fois conçue, ce ne fut plus par espèces isolées, ce fut par groupes, par masses, que reparurent toutes ces populations éteintes, monuments antiques des révolutions du globe. On put dès lors se faire une

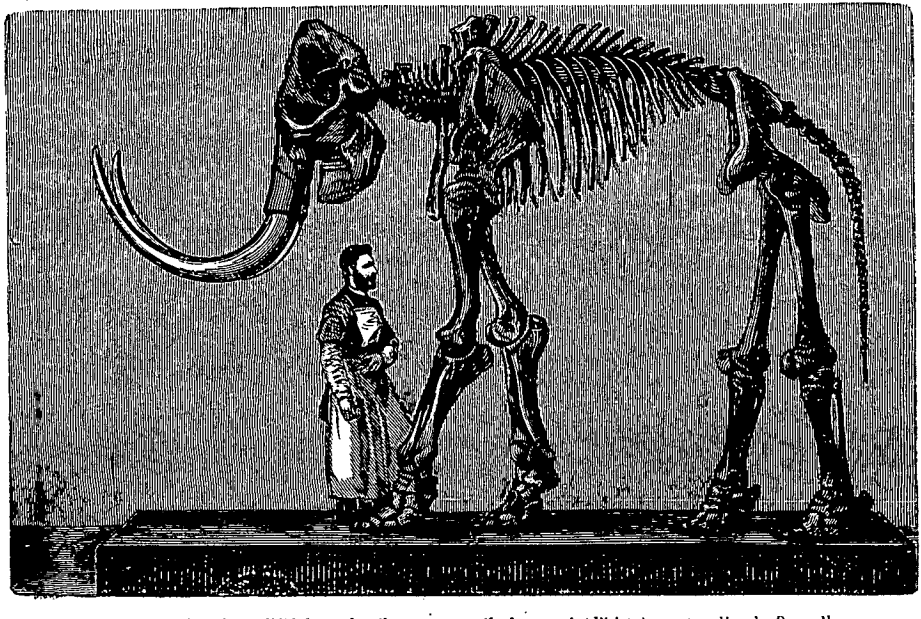


Fig. 9. — Squelette d'éléphant fossile *mammouth* du musée d'histoire naturelle de Bruxelles.

idée non seulement de leurs formes extraordinaires, mais de la multitude prodigieuse de leurs espèces. On vit qu'elles embrassaient des êtres de toutes les classes ; des quadrupèdes, des oiseaux, des reptiles, des poissons, jusqu'à des crustacés, des mollusques, des zoophytes et des végétaux [1]. »

Éclairés par l'éclat d'une si vive lumière, les faits prennent un relief inattendu, et les conséquences se succèdent par un enchaînement logique jusqu'à conduire à des révélations inattendues. Une fois, par exemple, qu'il a été bien établi que les ossements d'éléphants fossiles appartiennent à des espèces disparues, et que ces débris d'êtres qui ne sont plus se trouvent répandus avec une extraordinaire profusion sur une grande partie de la surface du globe, on est conduit à admettre qu'une cause physique, qu'une révolution brusque et soudaine a dû effacer tout à coup cette population animale dont on ne rencontre plus les descendants. Le mot de la grande énigme des révolutions du globe vient d'être dit ! Une mer étendue a bercé ses vagues au-dessus des continents que nous habitons aujourd'hui, et les fonds des océans actuels ont peut-être été l'asile de mammifères disparus : tout sur ce globe a été soumis à travers les âges à des changements perpétuels : c'est la loi de notre planète.

Non seulement l'anatomie comparée ressuscite les créations de l'antiquité du sphéroïde terrestre, non seulement elle révèle une histoire tout à fait inconnue

[1] *Éloge historique de Georges Cuvier*, par Flourens.

et apporte à la zoologie des richesses inattendues, mais elle va plus loin encore, et contribue à édifier tout d'une pièce l'imposant édifice de la géologie. Avec cette nouvelle faculté de discerner les espèces, l'observateur distingue sûrement leur vie aquatique ou terrestre; il va saisir dans les couches terrestres des différences qui avaient jusque-là échappé aux esprits les plus clairvoyants, et définir les terrains qui en renferment les vestiges. L'ordre de succession de ces terrains va apparaître et remplacer la confusion et le chaos qui étaient le caractère des idées scientifiques précédentes. Cuvier ne tarde pas à voir que des règnes d'animaux divers se trouvent superposés dans l'écorce terrestre à des profondeurs différentes et dans des terrains particuliers dont les caractères y sont empreints. D'une main prophétique, il relève successivement ces feuillets, que l'on a comparés aux pages du grand livre de la nature, et il y déchiffre ces hiéroglyphes qui s'y trouvent imprimés par les vestiges des fossiles. Sous la couche terrestre qui tient emprisonnés les restes des éléphants, des rhinocéros ou d'autres espèces fossiles, voisines de celles qui vivent de nos jours, apparaissent d'autres couches plus profondes, d'un âge plus ancien, où se rencontrent d'autres débris d'animaux, tout à fait différents de ceux qui sont nos contemporains actuels; au-dessous, dans des terrains plus anciens encore, le savant contemple l'imposant spectacle d'une flore et d'une faune encore nouvelles. Il aperçoit les argiles et les gisements qui précèdent la craie, avec leurs mammifères marins; plus loin, les mammifères

disparaissent à ses yeux et d'étranges reptiles, des crocodiles gigantesques, des lézards volants se dressent tout à coup comme des apparitions fantastiques. S'il continue à s'enfoncer plus profondément dans le sol, à descendre encore quelques-uns de ces gradins géologiques, il voit les grès avec leurs empreintes végétales de palmiers et de bambous, il traverse le calcaire alpin, avec ses ossements de tortues, les schistes bitumineux avec leurs poissons, et rencontre les vestiges des derniers quadrupèdes. Dans les bancs inférieurs, voilà les immenses amas de houille avec leurs empreintes de fougères et de palmiers; au-dessous de ceux-ci, voilà des mollusques, des zoophytes et des crustacés; plus loin encore il arrive enfin aux terrains primitifs, où disparaît toute trace d'organisme; il a touché les plus antiques formations de la couche terrestre; il a mis la main sur les fondements de l'enveloppe du globe. Il conclut que l'écorce de notre planète est formée de couches superposées, à la surface de chacune desquelles ont vécu des êtres distincts, des créations successives à travers des âges différents, dont il a su établir une chronologie relative. L'échelle du renouvellement des populations animales apparaît; des lois immuables se laissent entrevoir : « lois immenses qui ont déplacé les mers, noyé ou découvert les continents, éteint les races vivantes, et posé d'époque en époque les assises portant aujourd'hui les cités des hommes[1]. »

Cuvier est ainsi conduit à diviser l'histoire géologi-

[1] E. Littré, *Cuvier et les ossements fossiles.* 1834.

que en périodes distinctes, qu'il sépare l'une de l'autre par des révolutions, des cataclysmes et des bouleversements; il ne se contente plus de l'inspection des terrains antiques; il étudie les phénomènes qui se passent actuellement sous nos yeux et qui modifient chaque jour le relief des continents. Il voit la pluie qui lave le penchant abrupt des montagnes et entraîne en glissant sur ses flancs, le limon que le fleuve roulera jusqu'à la mer, où il forme ainsi des alluvions; il contemple la mer dont les flots se brisent sur le rivage, dont les vagues dégradent et rongent le pied des falaises escarpées, et en rassemble ailleurs les débris sur les plages; il assiste au mouvement des dunes de sable que poussent les courants atmosphériques, il écoute le mugissement des feux souterrains qui se manifestent dans les volcans, qui ébranlent parfois le sol, en redressent les couches, et rompent l'épiderme terrestre durci. Il reconnaît ainsi que la surface actuelle du globe est incessamment remaniée par la lente action de ces causes naturelles, et qu'elle a dû subir leur influence dans les âges antérieurs. Mais il affirme en même temps qu'elles ont été insuffisantes à la formation de l'écorce terrestre, et que des bouleversements inconnus, des soulèvements, des inondations, des déluges ont accompli les révolutions géologiques du passé, et contribué à anéantir les populations animales anciennes, qu'une nouvelle création devait remplacer.

Cuvier allait, au sujet de cette doctrine, rencontrer un redoutable adversaire dans l'illustre Lamarck. Ce dernier n'admettait pas le principe des révolutions,

mais il voulait que les animaux actuels ne fussent que des variétés des animaux fossiles; il croyait fermement qu'à travers les âges et sous l'action des influences extérieures, les êtres vivants se transforment peu à peu par degrés, et que les animaux de notre époque dérivent par des changements successifs des espèces antérieures, d'où ils doivent tirer leur origine. Lamarck et son compatriote Geoffroy Saint-Hilaire combattirent ainsi les vues de Cuvier et donnèrent naissance à la théorie de l'évolution, qui trouva comme partisans Gœthe et Owen en Allemagne, et qui devait de nos jours donner naissance au darwinisme. Ces discussions philosophiques ont autrefois passionné les esprits, et le débat se continue de nos jours avec retentissement. Nous en indiquons ici l'origine, mais nous croyons qu'il est contraire à la logique d'en parler avec plus de détails avant d'avoir suffisamment exploré le domaine des faits.

Nous ajouterons cependant que Cuvier se faisait peut-être une idée exagérée des cataclysmes du passé. De savants géologues, parmi lesquels nous placerons au premier rang sir Ch. Lyell, ont expliqué les modifications terrestres par des évolutions lentes de la surface; ils disent par exemple que le sol se soulève peu à peu de nos jours sur certaines côtes, et que ces mouvements insensibles dans la vie de l'humanité peuvent se traduire par des modifications profondes s'ils se continuent dans le même sens pendant des milliers d'années. Ne semble-t-il pas que, comme il arrive bien souvent, la vérité se trouve au milieu de ces doctrines, peut-être exagérées si elles sont absolues? Il est vrai que le globe

est modifié par des phénomènes constants et réguliers, que la pluie entraîne peu à peu la matière de la montagne et la précipite dans la vallée; il est vrai que la mer s'éloigne insensiblement et lentement de certaines côtes qui s'élèvent, mais il n'en est pas moins vrai que des îles s'élèvent tout à coup, de nos jours encore, du sein des mers, que des tremblements de terre violents fissurent le sol de nos continents, et il est probable que les actions lentes et continues comme les révolutions brusques et soudaines ont agi les unes et les autres sur la matière minérale et sur la nature organique. La divergence des opinions est sans doute nécessaire à la découverte de la vérité, l'exagération même des inventeurs de doctrines est souvent féconde, mais il est certain que, bien souvent aussi, les plus importants résultats obtenus par la philosophie naturelle sont le fruit d'un judicieux éclectisme.

CHAPITRE II

LES PREMIERS AGES

I

Le globe terrestre dans l'espace. — Hypothèse de sa formation. — La théorie de Laplace. — L'écorce terrestre et les premiers océans. — Terrains sédimentaires. — Formation des fossiles. — Fossiles complets. — Les empreintes. — Terrains éruptifs. — Les époques géologiques. — Classification des terrains.

Avec les puissants télescopes modernes, on a pu compter dans la partie visible de l'espace qui nous entoure, plus de 20 millions d'étoiles ! Ces étoiles sont des soleils, séparés entre eux par des distances qui confondent notre esprit.

Les nébuleuses, comme la Voie Lactée, en sont entièrement formées, et l'on connaît aujourd'hui quatre mille de ces amas, constitués par des milliards de

soleils. « D'après des calculs qui ne sont point hors de vraisemblance, dit Alexandre de Humboldt, la lumière, malgré sa foudroyante rapidité, emploie plus de deux millions d'années à traverser l'incommensurable distance qui nous sépare de ces astres! »

Toute cette partie du ciel qui frappe nos regards n'est elle-même qu'un point au milieu de l'infini!

En envisageant ce tableau grandiose, la terre apparaît avec une écrasante petitesse. Mais si infime qu'elle soit, elle est encore immense à nos yeux. On concevra que c'est une œuvre ambitieuse pour l'homme d'imaginer des hypothèses sur la formation de l'univers. Cependant Herschel et Laplace ont conçu deux théories rationnelles qui s'accordent avec les faits et qui se confirment souvent par les découvertes.

On admet généralement qu'à une époque infiniment éloignée, la matière pondérable était à peu près répandue dans l'espace d'une manière uniforme. Mais il existait çà et là des points de condensation. Sous l'influence de l'attraction, ils ont formé des centres de mouvement, autour desquels s'est groupée la matière ambiante. Les nébuleuses ont ainsi apparu dans le ciel, et la matière, en se condensant à travers les siècles, a donné naissance à des étoiles ou soleils, animés d'un mouvement de rotation autour de leur axe. Des anneaux de matières cosmiques se seraient échappés de la masse fluide de notre soleil en mouvement, et par leur rupture sous le jeu de l'attraction, ils auraient engendré des parties sphériques, destinées à fournir aux planètes leurs éléments constitutifs.

La terre a donc été à son origine une vaste sphère, incandescente et lumineuse. Circulant au sein de l'espace, elle s'est condensée dans la suite des âges ; vers le centre de la nébulosité, un noyau des matières les plus denses a pris naissance, et il a toujours été en grandissant aux dépens de l'atmosphère, formée d'abord des vapeurs de métaux, et des substances que nous connaissons actuellement à l'état solide.

Peu à peu la température du globe, excessive à l'origine, s'abaisse, les substances volatilisées se précipitent à la surface du sphéroïde en rotation ; à travers les siècles, la terre perd son éclat lumineux ; une croûte durcie se fige à l'extérieur, et bientôt, l'eau, qui n'a encore existé qu'à l'état de vapeur, se condense à son tour.

Elle tombe sur une sphère brûlante, et se volatilise ; puis elle y retombe encore après avoir repris l'état liquide, pour en être chassée de nouveau sous forme de vapeur.

Mais le refroidissement continue, et l'eau finit par triompher du feu. Elle séjourne à l'état liquide sur le sphéroïde terrestre ; elle y forme le premier océan ; océan sans limite qui enveloppe d'une pellicule fluide notre globe planétaire.

Les temps géologiques vont commencer.

Des sédiments se déposent au fond des mers et forment les premières assises des terrains ; mais la matière centrale, toujours incandescente, s'infiltre par des injections ignées, et détermine des ruptures dans l'épiderme solidifié ; avec le concours du temps elle va y pro-

duire des plissements et des boursouflures. Les terres fermes s'élèvent çà et là au-dessus du niveau des mers ; elles gagnent en étendue autour des points émergés ; la vie va pouvoir apparaître.

Ainsi, la pellicule solide qui entoure le globe est formée d'un sol primordial, dont l'origine est ignée, et qui sert de base à des *terrains sédimentaires* ou *neptuniens*, c'est-à-dire à cette partie de l'écorce terrestre formée au sein des eaux, soit par le dépôt des substances que ces eaux tenaient en suspension, soit par celui des matières qu'elles renfermaient d'abord à l'état de dissolution. C'est au milieu de ces terrains de sédiment que se rencontrent les fossiles. Pendant les longues périodes de repos où se formèrent ces dépôts, une population considérable d'animaux et de végétaux vivait au sein des eaux ; quand les cadavres de ces êtres organisés tombaient au fond de la masse liquide, ils étaient reçus dans le limon pâteux, qui en prenait l'empreinte, et les parties fixes de leur corps, les os, les dents, la coquille, étaient englobées et restaient intactes, puisqu'elles étaient à l'abri de la putréfaction par leur nature minérale. Plus tard le limon, à la suite d'un soulèvement, a cessé d'être le fond de la mer, il est devenu terre sèche, s'est consolidé avec les débris animaux ou végétaux qu'il renfermait dans sa masse. Ces restes innombrables constituent les fossiles que le naturaliste étudie actuellement, et à l'aide desquels il fait revivre le monde du passé.

C'est ainsi que le géologue retrouve parfois la substance primitive de l'être anéanti, et que notamment les

huîtres et un grand nombre de mollusques apparaissent avec leurs coquilles, qui ont gardé parfois leur aspect et leurs couleurs. Mais il arrive plus fréquemment que le temps a seulement respecté quelques parties de l'individu et que d'autres ont été détruites ; on remarque même très souvent que la coquille d'un mollusque a disparu et que son moule seul est nettement conservé dans la roche où elle a laissé son empreinte.

Fig. 10. — Libellule fossile.

Les coquilles, les empreintes de feuilles, les débris d'ossements ne sont pas les seules traces des mondes du passé. Les êtres les plus délicats, comme les insectes (fig. 10), ont laissé subsister leur fidèle image au sein des assises du globe ; il n'est pas jusqu'aux plus petits

animalcules dont on ne rencontre les infimes débris : un savant observateur, M. l'abbé Castracane, a démontré récemment que les microscopiques diatomées se trouvent dans les plus anciennes roches de l'histoire ter-

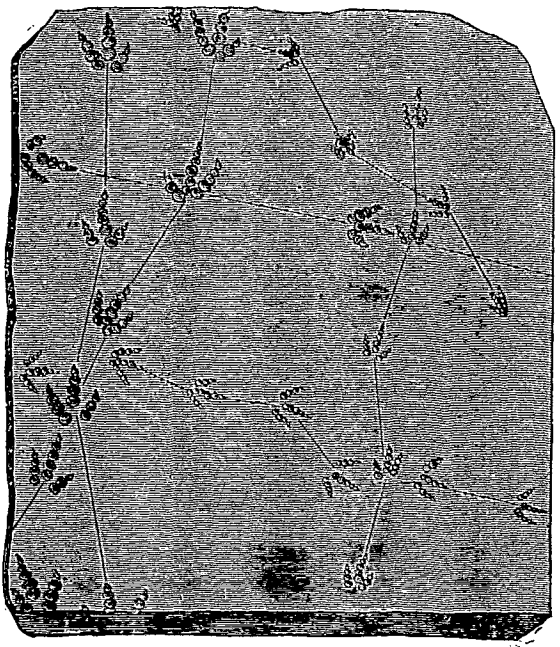


Fig. 11. — Empreintes de pieds de tortue fossile sur une plaque de grès.

restre[1]. Les foraminifères abondent dans les gisements de craie; la dépouille des infiniment petits forme

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 6 juillet 1874, t. LXXIX.

actuellement les plus imposantes assises de l'enveloppe terrestre.

L'existence des anciens habitants de notre globe ne se révèle quelquefois ni par des restes de leur sub-

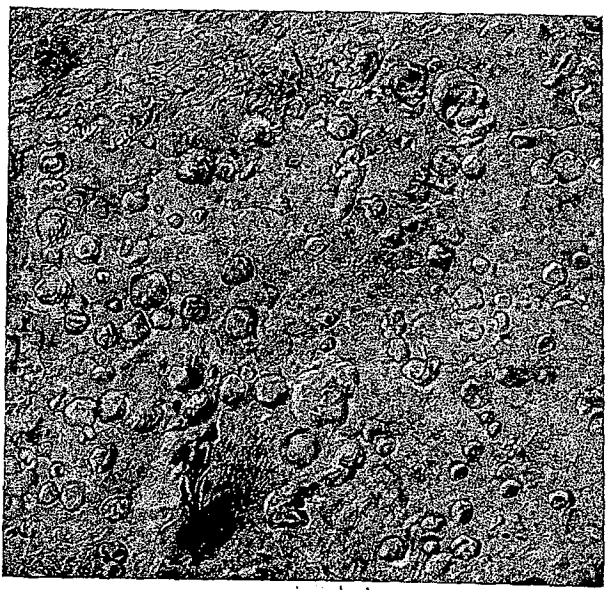


Fig. 12. — Empreintes de gouttes de pluie fossile (d'après une photographie).

stance, ni par des empreintes de leur corps ; elle peut se manifester par des traces extérieures, comme celle de leur passage sur un terrain mou, que plus tard le temps a durci. On a trouvé en Écosse une plaque de grès où s'apercevaient très nettement les empreintes des pas d'une tortue fossile (fig. 11) ; pareille découverte

s'est faite aux États-Unis, où les pieds gigantesques de formidables batraciens ont souvent laissé, dans des roches anciennes, leur moule nettement gravé, comme celui d'un cachet dans de la cire molle. Il n'est pas jusqu'à des gouttes d'eau de pluie dont la marque ne se distingue au milieu de certaines formations géologiques (fig. 12) : les ondulations des vagues des mers antérieures sur les plages de mondes disparus, l'action du vent sur des sables d'un autre âge se manifestent parfois encore par des empreintes irrécusables.

Tous ces débris, tous ces vestiges, toutes ces ruines se rencontrent à profusion dans les terrains sédimentaires déposés au sein des eaux.

Mais, à différentes reprises, les matières ignées intérieures sont venus percer le sol primordial ou les couches sédimentaires ; ils y ont formé les *roches éruptives*, des *filons* ou des *terrains plutoniens* en relevant les dépôts aqueux; en changeant leur niveau primitif ou leur situation horizontale.

On conçoit donc comment le travail des feux souterrains a pu soulever les montagnes par l'élévation des couches inférieures, et comment les eaux ont d'autre part donné naissance à des roches, à des massifs géologiques par voie de sédimentation. Nous ne pouvons indiquer que très sommairement les idées relatives à ces grands phénomènes. Nous dirons toutefois que la réaction du noyau en fusion sur l'épiderme solide a souvent déterminé des rehaussements et des affaissements d'une façon lente et continue ;

l'action se continuant dans le même sens pendant des milliers d'années, on comprend en effet que l'accumulation continuelle de petits effets puisse produire des résultats immenses.

En comparant soigneusement les diverses strates superposées et les fossiles dont elles abondent, les géologues ont pu déterminer l'âge relatif des couches et des groupes de strates. Ces diverses roches neptuniennes superposées et différemment composées ont été groupées dans un ordre idéal, embrassant la totalité de l'histoire organique de la terre, c'est-à-dire de cette partie de la durée géologique pendant laquelle la vie organique existait. « De même que l'on a divisé ce que l'on appelle « l'histoire universelle » en grandes et petites périodes, caractérisées par l'épanouissement successif des principaux peuples et limitées par les faits saillants de leur histoire, de même nous subdivisons la durée infiniment longue de l'histoire organique terrestre en une série de grandes et petites périodes. Chacune de ces périodes est caractérisée par une flore et une faune spéciales, par le développement prédominant de tel groupe donné d'animaux ou de végétaux ; chacune d'elles se distingue de la période précédente et de la suivante par un changement partiel, mais frappant, dans la composition de sa population organique [1]. »

Voici comment on peut représenter le tableau de cette classification des terrains, adoptée par la géologie moderne. On divise habituellement les couches terres-

[1] Hæckel.

tres de la façon suivante, en partant de la surface du globe, où se trouve le terrain contemporain :

ÉPOQUE OU PÉRIODE CONTEMPORAINE.	
ÉPOQUE QUARTENAIRE.	
ÉPOQUE TERTIAIRE.	terrain pliocène
	— miocène
	— éocène
ÉPOQUE SECONDAIRE.	— crétacé
	— jurassique
	— triasique
ÉPOQUE PRIMAIRE.	— permien
	— carbonifère
	— dévonien
	— silurien
	— cambrien
	— laurentien.

Telle serait la composition de l'écorce terrestre, par ordre d'étages successifs. Il est utile de faire remarquer que sous le jeu des soulèvements dus à la formation des terrains éruptifs, les couches les plus anciennes peuvent apparaître à la surface du sol [1]; il importe encore de bien faire observer que la division de ces époques n'a rien d'absolu et qu'elle ne constitue qu'un procédé tout artificiel pour faciliter l'étude.

Chacun de ces terrains est formé de plusieurs étages, eux-mêmes subdivisés en sous-étage ou en zones paléontologiques, au milieu desquelles apparaissent de

[1] Les terrains de sédiment, qui forment une grande succession de couches de toute origine et de toute nature, sont superposés en stratification concordante quand ils n'ont pas subi de déplacements ; mais très souvent on les trouve morcelés et enchevêtrés par les soulèvements. Il est probable que leur série complète n'existe nulle part à la surface de la terre, mais on a pu la définir en comblant les lacunes qui existent sur un point déterminé par les observations faites ailleurs, en intercalant à leur place les assises suivant leur âge relatif.

nouvelles espèces. M. A. Gaudry estime au nombre de 110 ces zones ou ces subdivisions. « Si élevés que soient ces chiffres, dit le savant professeur, ils ne nous donnent qu'une idée imparfaite du nombre de fois où les espèces nouvelles ont apparu, car déjà dans plusieurs zones on a reconnu diverses petites couches qui renferment des espèces particulières ; de telle sorte que ces petites couches peuvent être considérées comme représentant autant de moments où quelques traits de la mobile figure du monde ont été changés. »

Tous ces feuillets de l'épiderme terrestre ne forment par leur superposition qu'une bien mince épaisseur si on la compare au diamètre de la terre. Voici en effet la puissance approximative des différentes assises géologiques :

Tertiaire d'Europe	3,000 mètres.
Secondaire —	4,000
Permien en Allemagne	1,200
Carbonifère en Irlande	3,000
Dévonien en Angleterre	3,000
Silurien —	6,500
Cambrien —	4,000
	24,700 mètres.

Qu'est-ce qu'une semblable couche de 24 700 mètres. à côté du diamètre de notre sphéroïde, qui mesure plus de 12 700 000 mètres ?

Représentons-nous donc l'écorce terrestre comme formée d'une partie ignée inférieure, qui gagne en épaisseur par le refroidissement, et par conséquent s'accroît sans cesse de haut en bas, et d'une partie

sédimentaire très peu épaisse qui s'accroît dans le sens contraire.

Si l'on connaît à peu près l'épaisseur de la couche sédimentaire, il est très difficile d'apprécier la puissance totale des parties solidifiées qui tiennent emprisonné le feu central. On peut se les figurer approximativement comme la peau d'une orange dont la chair représenterait les substances en fusion.

C'est au sein de cette pellicule superficielle que les êtres antérieurs ont vécu et que les formations géologiques se sont succédé ; c'est à sa surface que l'homme passe, pendant l'infime durée de sa vie !

II

Temps primaires. — Terrain laurentien. — Apparition des êtres vivants. — L'*eozoon* ou le premier animal. — L'*eophyton* ou la première plante. — Organismes des terrains siluriens. — Les crustacés. — Les trilobites. — Durée considérable des temps siluriens. — Terrain dévonien. — Les poissons.

La classification des terrains sédimentaires, que nous avons représentée par le tableau de leur ordre successif, a été établie d'après leur ancienneté relative, déterminée elle-même par les fossiles dont on a dû caractériser l'espèce.

Les époques consécutives présentent entre elles des différences très saillantes, mais il ne faudrait pas se les exagérer ; à côté de ces caractères distincts, elles sont parfois unies par des traits de ressemblance très prononcés. La paléontologie entrevoit actuellement une succession d'êtres organisés qui forment à travers les âges géologiques comme une vaste chaîne de créatures, dont malheureusement un grand nombre d'anneaux sont perdus, et peut-être à jamais.

Mais il est bon de faire remarquer que les fossiles

sont loin d'être tous connus, que de nouvelles découvertes peuvent chaque jour venir fermer des lacunes dans l'échelle des êtres.

S'il n'est pas impossible de reconstituer ainsi le tableau complet de l'organisme, il est téméraire de vouloir pénétrer les mystères de sa formation.

Nous avons vu tout à l'heure qu'après son refroidissement à travers l'espace, l'eau s'est condensée à la surface du sphéroïde ; les premiers terrains de sédiment se sont formés, et en creusant aujourd'hui le sein de ces couches primitives, on y trouve les débris des premiers êtres vivants sur le globe.

Le terrain primordial est le *Laurentien ;* les géologues ont cru pendant longtemps que le *Cambrien* était la plus ancienne couche où des êtres vivants aient laissé leur trace ; mais il allait appartenir à des savants américains, membres du Geological Survey du Canada, de découvrir aux environs du fleuve Saint-Laurent une nouvelle assise de terrains primitifs. « Les savants canadiens, dit M. A. Gaudry, ont trouvé dans le laurentien des masses mamelonnées que MM. Dawson, Carpenter et d'autres paléontologistes ont regardées comme ayant appartenu à des êtres vivants : on les a inscrites sous le nom d'*Eozoon* (animal aurore). De nombreux naturalistes contestent leur origine organique; mais ceux qui l'admettent sont d'accord pour les ranger parmi les foraminifères. L'étude des eozoons est digne de nos préoccupations ; car si l'on reconnaît qu'ils ont été organisés, il faut reporter encore plus loin que nous ne le supposions la date de l'apparition de la vie sur la terre;

et il est permis de croire que la nature organique a commencé sous la forme sarcolaire, c'est-à-dire sous la forme la plus simple qu'on puisse concevoir. »

Un peu au-dessus du laurentien, dans le terrain cambrien, on a mis la main sur de très nombreux fossiles dans des roches qui ont été pendant longtemps considérées comme ne contenant pas de restes organiques. Ces fossiles, qui existent dans des couches extrêmement anciennes, ont un grand intérêt, car leur étude démontre que dès l'apparition de la vie les modifications des êtres ont été successives. C'est dans le cambrien que s'est trouvée la trace de la première plante : on l'a désignée sous le nom d'*Eophyton* (plante aurore) ; c'est un cryptogame vasculaire qui a marqué l'ère de la végétation sur notre globe.

Dans ces couches primitives, les animaux marins sont d'une structure tout à fait élémentaire. La vie semble s'essayer par des formes simples, dont les vestiges se rencontrent bientôt en abondance au milieu des terrains siluriens, ainsi nommés des anciens Silures, qui habitaient les comtés de Shrop, Hereford et Radnor, contrée classique de ces terrains géologiques. Les fossiles de ces premiers âges du monde sont constitués par des polypiers, des foraminifères et des échinides, des mollusques bryozoaires, aux formes singulières, et des crustacés inférieurs. Les empreintes qui dominent appartiennent à la famille des trilobites, entièrement disparue de nos jours, et dont nous reproduisons l'aspect bizarre ; les figures 13, 14, 15, représentent trois genres distincts de ces animaux, qui foisonnent dans

l'étage silurien inférieur. Le bilan de la faune silurienne

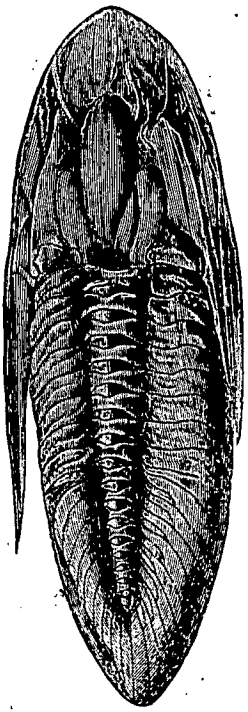


Fig. 13. — Trilobite des temps siluriens inférieurs (*Ogygia Guettardi*), grandeur naturelle.

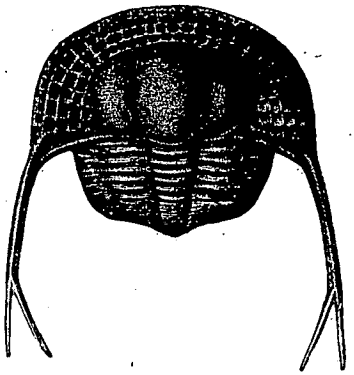


Fig. 14. — *Trinucleus Pongerardi.*

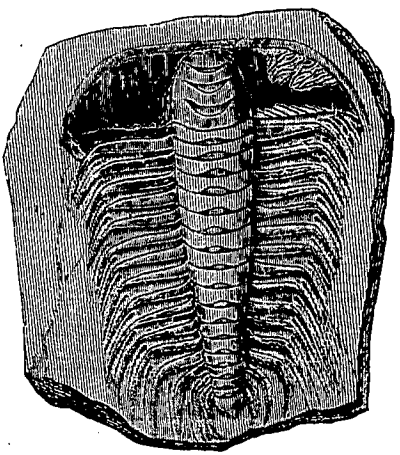


Fig. 15. — *Paradoxides.*

est considérable, puisqu'elle comprend aujourd'hui

plus de 10000 espèces distinctes. La richesse zoologique de ces mers primitives était extraordinaire, mais on n'y voit encore que des formes imparfaites, et les vertébrés ne sont représentés que par des poissons, dont l'apparition a lieu dans les couches supérieures. Les vestiges d'annélides siluriens offrent par leur forme un intérêt tout spécial (fig. 16).

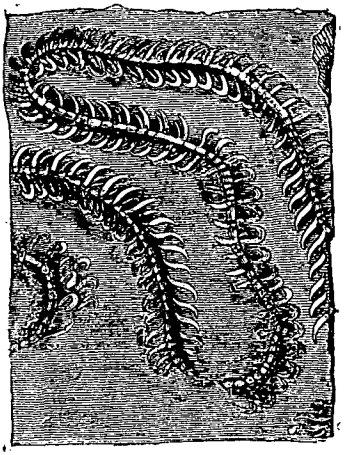


Fig. 16. — Annélide des terrains siluriens (*Nereites cambriensis*)

Parmi les mollusques céphalopodes, on remarque plusieurs représentants (fig. 17), qui se complètent par d'autres espèces à l'étage supérieur du même terrain. Les trilobites y abondent toujours et s'y distinguent par des formes particulières; ils s'y manifestent à leur maximum de développement.

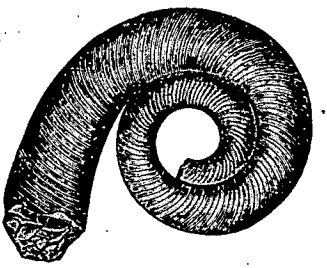


Fig. 17. — Céphalopode des terrains siluriens (*Lituites cornu-arietis*).

Ces mers, dont l'existence remonte à une époque si éloignée des temps modernes, renfermaient aussi des plantes dont la nature nous a conservé l'as-

pect ; leur abondance était telle que les géologues en ont compté plus de 1500 espèces ; ce sont des algues et des lycopodes d'une forme gracieuse, dont on voit ci-dessous quelques types bien conservés (fig. 18).

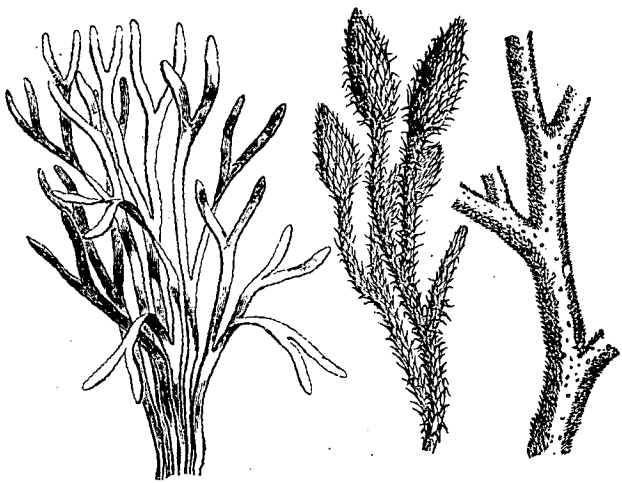


Fig. 18. — Plantes de la période silurienne, algues et licopodes.

Les polypiers croissaient au sein des océans siluriens, et on les retrouve aujourd'hui avec leur physionomie singulière (fig. 19) ; ils appartiennent presque tous à la famille des *Zoanthaires*.

Ainsi ces mers primitives étaient très abondamment peuplées ; la variété des genres de quelques familles, comme celle des trilobites, était si considérable qu'on peut affirmer qu'elle n'a jamais été dépassée ;

l'abondance des espèces n'était pas moins prodigieuse Ces espèces varient souvent dans les différents étages des terrains siluriens ; c'est ainsi qu'au milieu des couches immédiatement superposées aux plus anciennes,

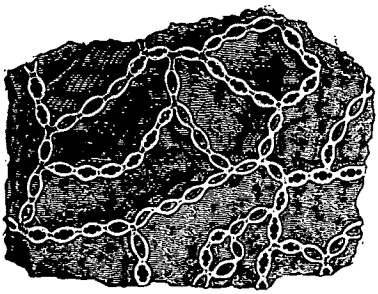


Fig. 19. — Polypier silurien (*Halycites labyrinthicus*).

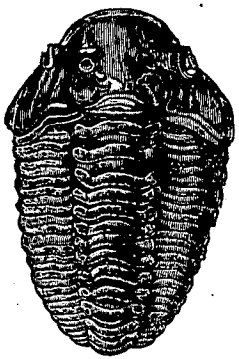


Fig. 20. — Trilobite *Calymene Blumenbachii*).

on trouve des trilobites qui diffèrent de ceux des âges précédents (fig. 20) et des brachiopodes d'un aspect caractéristique (fig. 21).

Certains auteurs ont appelé ces époques primitives l'âge des algues ou des animaux dépourvus de crâne. En effet, dans la première portion de la grande histoire organique terrestre, les mers recouvraient la surface entière de notre globe, et les plantes marines formaient au sein de ses eaux de véritables forêts, auprès desquelles la mer des Sargasses n'offre qu'une faible étendue. Il est à remarquer que la durée des époques géologiques est d'autant plus grande qu'elles sont

plus anciennes, comme l'atteste l'épaisseur des sédiments qui y ont pris naissance. L'histoire des terrains laurentien, cambrien et silurien embrasse évidemment un laps de temps d'une étendue considérable ; l'énorme

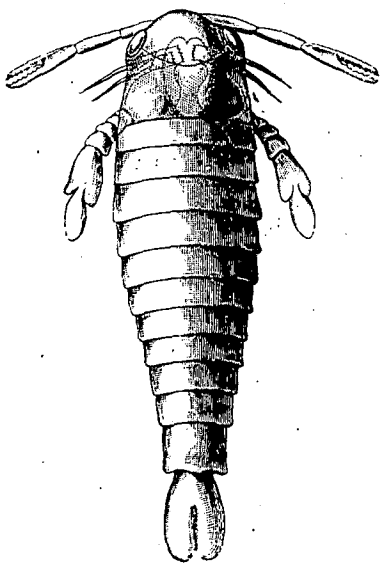


Fig. 21. — *Pterygotus bilobus.*

épaisseur ou puissance de ces trois systèmes dépasse celle de toutes les autres assises géologiques qui se sont formées après eux dans les temps postérieurs. Il semble rait résulter de cette simple observation que la durée des premiers âges excède de beaucoup celle de tous les âges suivants jusqu'aux temps modernes. Ajoutons

encore que dans la plupart des strates primitives, le plus grand nombre des fossiles, les plus anciens et les plus importants, sont détruits ou tout à fait méconnaissables.

En quittant le terrain silurien pour s'élever d'un gradin dans les formations géologiques, on pénètre dans le terrain dévonien, qui a été ainsi nommé parce qu'il a d'abord été étudié dans le Devonshire, en Angleterre. Aucune discordance de stratification ne le sépare des couches auxquelles il se superpose ; on peut donc affirmer qu'il résulte de la suite du travail de dépôt sédimentaire dans les mers primitives.

On y retrouve un certain nombre des espèces de l'étage précédent, mais on y rencontre aussi d'innombrables fossiles nouveaux. Les poissons qui ont apparu déjà, prennent à présent une importance considérable ; ces premiers vertébrés forment une faune du plus haut intérêt. Quelques-uns d'entre eux offraient un aspect particulier et portaient une sorte de carapace solide,

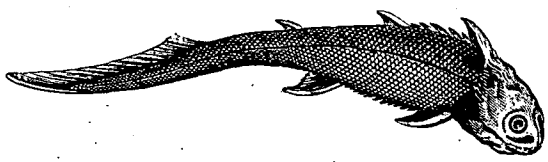


Fig. 22. — Poisson des temps dévoniens (*Acanthodes*).

une cuirasse brillante, d'où leur nom de *ganoïdes* (γανος, brillant) (fig. 22).

Ces poissons sont encore aujourd'hui représentés dans la nature vivante ; le bichir du Nil, notamment,

offre avec ces antiques vertébrés, de grands points de ressemblance, surtout par ses écailles osseuses, revêtues d'un bel émail extérieur.

Les trilobites diminuent, mais ils prennent parfois une forme singulière et se hérissent de pointes aiguës et proéminentes (fig. 23).

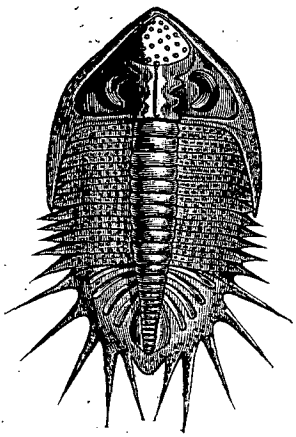


Fig. 23. — Trilobite dévonien (*Dalmania punctata*).

On voit, par cet aperçu rapide des fossiles de cette époque, que la faune dévonienne peut être considérée comme la continuation de la faune silurienne. Quelques espèces passent du premier terrain au second, quelques autres disparaissent; d'autres enfin prennent naissance et se revêtent de formes nouvelles qui tendent évidemment vers un perfectionnement manifeste.

La flore est encore humble et primitive, mais elle offre déjà de l'intérêt; les algues marines abondent (fig. 24) et les plantes terrestres se révèlent aussi par des espèces nombreuses, que l'on compte environ au nombre de cent quatre-vingts. Les *Calamites*, les *Stigmaria*, les *Sigillaria*, les *Lepidodendron* se montrent

Fig. 24. — Plantes des temps dévoniens.

comme les précurseurs de l'étonnante flore houillère.

Nous venons de passer rapidement en revue les premières époques des temps primaires; mais nous ne saurions trop nous efforcer de faire remarquer encore

une fois, que ces divisions sont tout artificielles; les époques géologiques ne sont pas unes; elles comprennent au contraire des phases multiples qui se sont succédé à travers une innombrable suite de siècles, pendant laquelle la vie a changé plusieurs fois. Chaque nouvelle étude des paléontologistes apporte à ces époques de nouvelles divisions, qui, probablement, se subdiviseront encore. Pour donner une idée des aperçus que peut fournir l'observation minutieuse des terrains, nous citerons l'exemple des résultats récents obtenus par MM. Hicks et Harkness dans le terrain cambrien du pays de Galles. Ces géologues émérites ont découvert des fossiles nombreux dans des couches qui étaient considérées jusqu'alors, comme absolument dépourvues de vestiges organiques. Les faits de l'histoire du globe que la science a recueillis, ne sont que peu de chose à côté de ceux qu'il lui reste à connaître.

Les belles recherches d'un savant américain, M. Hall, ont permis d'établir de même dans le terrain silurien vingt et une subdivisions, qui, pour la plupart, apparaissent avec des débris distincts d'êtres vivants. Le terrain devonien, dans le Devonshire, a été divisé en trois étages; aux États-Unis, il s'est présenté avec onze subdivisions, qui apparaissent successivement avec de nouveaux fossiles correspondant à des êtres distincts.

Quoi qu'il en soit, il est certain que ces premiers âges de notre monde ne comptent encore que des formes plus ou moins simples de l'organisme; il paraît

manifeste que le développement de la vie s'accomplit graduellement, car à l'époque silurienne la nature est plus riche qu'à l'époque précédente ; elle ne l'est pas autant que l'époque dévonienne, qui lui succède. Cette ère nouvelle marque un progrès réel dans l'histoire du globe, avec les poissons dont elle abonde, et dont les débris ont résisté à l'injure des siècles.

CHAPITRE III

LES FORÊTS HOUILLÈRES

I

Les fossiles du charbon de terre. — Formation de la houille. — Fougères gigantesques. — Recherches de M. Grand'Eury. — Les houillères de Saint-Étienne. — Durée de l'époque carbonifère.

La période carbonifère, qui continue la série des époques géologiques aux temps primaires, est sans contredit une des plus importantes et des plus curieuses de l'histoire de la terre. Les terrains houillers, si abondants dans les entrailles du sol, si précieux comme aliments de l'industrie moderne, sont formés de la substance même de forêts immenses, qui ont couvert de leurs rameaux la surface terrestre pendant des temps d'une incalculable étendue.

La flore houillère est d'une incomparable richesse; elle a été particulièrement observée, et son étude nous permet de jeter les yeux sur un monde extraordinaire qui ne ressemble en rien à celui de notre époque.

Le terrain carbonifère doit son nom aux amas de charbon fossile qu'on y rencontre en abondance, mais on y trouve en alternance dans toute son épaisseur des poudingues, des grès et quelquefois même des schistes ardoisiers. Les assises de houille apparaissent nettement stratifiées, mais leur observation démontre qu'elles ont été soumises après leur formation à des dislocations considérables.

Ces immenses masses de charbon sont les résidus de la décomposition d'une flore extraordinairement abondante, dont les vestiges, conservés jusqu'à nous, ne nous permettent pas seulement de nous représenter les espèces végétales qui la constituaient, mais nous autorisent à faire des conjectures plausibles sur le climat de l'époque houillère et sur les phénomènes naturels qui la caractérisent[1].

Les terres fermes en ces temps antiques ont gagné en étendue, principalement sur le continent européen. La température devait être élevée, l'humidité atmosphérique très abondante. L'air était sans doute très riche en acide carbonique, et favorisait singulièrement le développement d'une végétation luxuriante. Des pluies fréquentes apportaient encore au monde végétal l'élément de sa vie, et formaient des torrents qui glissaient

[1] Voyez *la Houille*, l'un des volumes de la *Bibliothèque des merveilles*.

avec impétuosité sur le sol et entraînaient au sein de leurs eaux des blocs de pierre, des galets et des sables, que l'on trouve presque partout aujourd'hui à la base des gisements houillers. La température était égale à la surface du globe; ce qui le prouve d'une façon certaine, c'est l'uniformité des débris de végétaux houillers; les mêmes plantes se retrouvent dans les amas de charbon fossile du Nord et dans ceux du Sud, depuis les gisements du Spitzberg jusqu'à ceux du centre de l'Afrique.

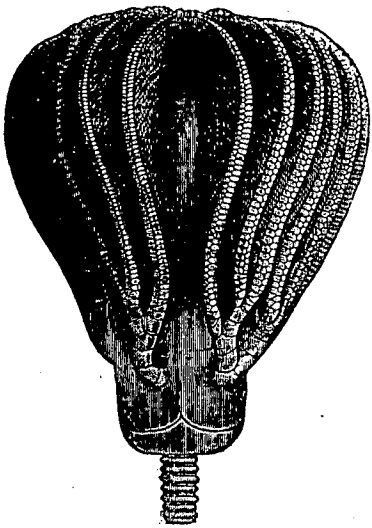


Fig. 25. — *Platycrinus.*

A l'époque houillère, la terre était couverte de forêts luxuriantes, coupées d'immenses fondrières et de lacs

ou d'étangs qui étalaient à la surface du sol de vastes nappes d'eau. Des poissons placoïdes y trouvaient l'existence et vivaient à côté de nombreux gastéropodes. Les mers renfermaient un grand nombre de zoophytes, qui consistaient essentiellement en polypiers et en crinoïdes. Les encrines étaient abondantes et le genre *Platycrinus* (fig. 25) a laissé de nombreux témoins de son existence. Les océans étaient encore remplis à profusion d'une innombrable série d'espèces de mollusques, de quelques crustacés et de poissons. Les polypiers figurent pour une grande part dans cette liste des êtres vivants aux temps carbonifères, et les foraminifères microscodiques y jouent un rôle considérable.

Les reptiles commencent à se montrer sur les continents de cet âge du monde, et leur présence signale un nouveau progrès dans l'échelle de l'organisme, mais ils n'y apparaissent qu'à de rares intervalles, car la plupart appartiennent aux reptiles marins et font des eaux océaniques leur domaine habituel. Au milieu des forêts, l'air est parfois traversé par des insectes ailés, des orthoptères voisins des blattes et des sauterelles; au pied des arbres touffus, quelques batraciens analogues à des salamandres ou à des grenouilles rampent au milieu d'une verdure abondante. L'*Archegosaurus* (fig. 26), dont la tête a été trouvée dans les bassins houillers de Saarbruck, peut nous donner une idée de ces étranges populations animales de l'époque carbonifère.

La flore houillère est la plus riche de celles qui se sont montrées sur les continents avant la belle flore tertiaire, dont nous envisagerons plus tard le tableau

grâce aux magnifiques recherches de MM. Ad. Brongniart, Gœppert, Schimper, Corda, Lindley et plus récemment M. Grand'Eury, les espèces végétales dont les débris ont formé les houillères, peuvent en grande partie apparaître à nos yeux.

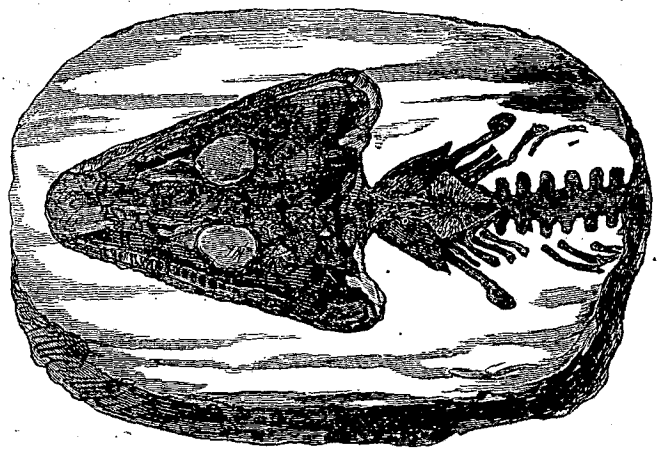


Fig. 26. — Tête d'Archegosaurus (1/2 grandeur naturelle).

« Parmi les empreintes végétales du charbon de terre, les plus fréquentes sont produites par des feuilles de fougères; mais ces fougères du monde primitif ne sont pas celles qui croissent encore dans nos climats, car il n'en existe pas actuellement plus de trente à quarante espèces, et les contrées en nourrissaient alors plus de deux cents, toutes beaucoup plus analogues à celles qui habitent maintenant entre les tropiques [1]. »

[1] Brongniart, *Flore antédiluvienne.*

Des palmiers énormes, des calamites aux troncs élancés (fig. 27), prêles géantes qui atteignaient jusqu'à dix ou douze mètres d'élévation, des *Sigillaria* dont le tronc cannelé (fig. 28) était surmonté d'un panache de feuilles étroites, des *lepidodendrons* aux tiges bifurquées

Fig. 27. — Tronc d'un calamite.

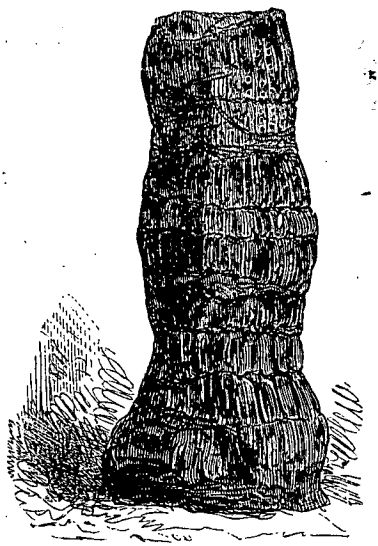


Fig. 28. — Tronc d'un sigillaria.

(fig. 29), des *astérophyllites* aux rameaux délicats (fig. 30), des *Odontopteris* au feuillage touffu (fig. 31), des lycopodes arborescents, abritaient la surface terrestre d'un ombrage épais.

M. Grand'Eury a récemment fait de la flore des ter-

rains houillers supérieurs, et surtout de ceux du bassin de Saint-Étienne, l'objet d'une étude importante qui a

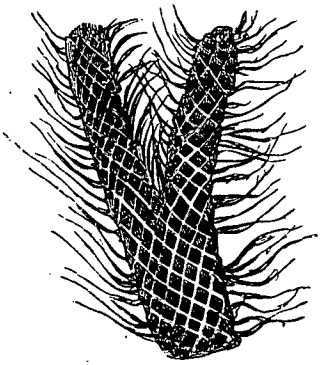


Fig. 29. — Lepidodendron.

jeté une vive lumière sur ces anciens représentants du monde végétal.

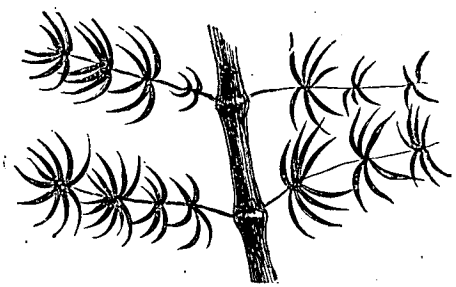


Fig. 30. — Asterophyllites.

Le caractère essentiel de cette flore ancienne, celui qui contribue le plus à la physionomie particulière du

paysage, est la prépondérance des cryptogames vasculaires, qui comprennent les Fougères, les Lycopodiacées, les équisétacées. Les Fougères constituaient la famille la plus nombreuse en espèces, dont un grand nombre

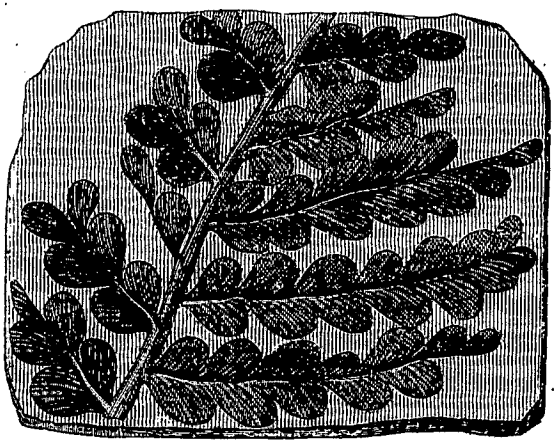


Fig. 31. — Fougère houillère (*Odontopteris*).

avaient des dimensions considérables. M. Grand'Eury a trouvé des fructifications d'*Odontopteris* qui permettent de ranger ce genre dans la tribu des Marattiées.

Les prêles gigantesques étaient abondantes et atteignaient des dimensions considérables (fig. 32). Tous ces végétaux se reconnaissent à leurs tiges marquées d'articulations dont les intervalles sont sillonnés de stries parallèles. Les travaux de M. Grand'Eury ont conduit ce savant à établir une division entre les vraies *Calamites* et les *Calamodendrées*.

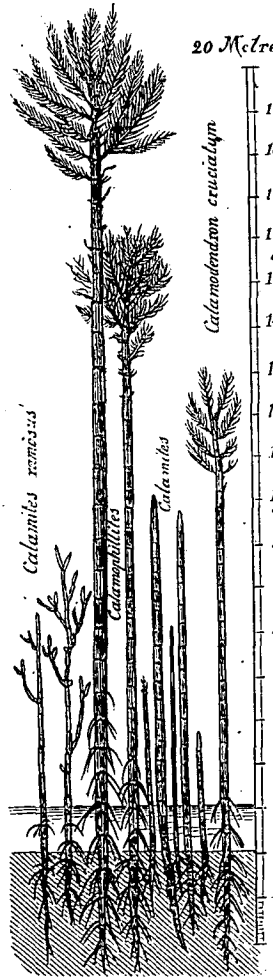


Fig. 32. — Flore carbonifère des houillères de la Loire, d'après M. Grand'-Eury.

Les Calamodendrées sont des équisétacées arborescentes, dont les rameaux et les jeunes tiges portent des feuilles verticillées et dont les tiges contiennent un cylindre ligneux entourant une large moelle. Elles renferment deux genres distincts : les *Calamodendrons* et les *Arthropitys*. Sous le nom provisoire de Calamophyllites, M. Grand'-Eury décrit des tiges portant des feuilles longues et étroites, verticillées, dressées, souvent appliquées contre la tige, et qui paraissent être identiques avec les anciens Astérophyllites. Les Dicotylédonées gymnospermes (Conifères et Cycadées) paraissent avoir formé la plus grande partie des végétaux terrestres et ont beaucoup

contribué à la formation de la houille. Le *Flabellaria brassifolia*, qu'on avait pris autrefois pour un palmier, est devenu le type du genre *Cordaïtes*, à côté duquel vient se placer le genre *Noggerathia*. Ces derniers sont rares dans le bassin de Saint-Étienne, mais les *Cordaïtes* y sont très abondants et très variés; ils ont des feuilles sessiles, rétrécies à la base, et ressemblent aux *Dammara* de la végétation actuelle par leurs organes végétatifs, et par leurs fructifications aux *Taxinées ;* les rameaux sont très divisés et forment des embranchements successifs, à divisions alternes, dressées ou étalées. C'étaient des arbres d'un port majestueux, qui atteignaient une élévation de vingt à trente mètres. Le tronc était droit, nu ; la couronne très ramifiée et les branches se terminaient chacune par un bouquet de longues feuilles comme celles des *Yucca*, ou, dans d'autres cas, plus courtes, elliptiques, comme celles des *Dammara*.

Les *Sigillaria*, qui paraissent devoir se classer parmi les Dicotylédonées gymnospermes, à côté des Cycadées, avec leurs racines connues sous le nom de *stigmaria*, sont également très fréquents. On voit que, grâce aux persévérantes recherches de M. Grand'Eury, de véritables richesses fossiles sont sorties des bassins houillers, et la flore antédiluvienne s'est accrue de documents nouveaux et importants.

Cette flore de l'époque houillère remonte, on peut le dire, jusqu'à l'origine du règne végétal ; les végétaux dont on trouve les restes dans les terrains de transition qui précèdent les bassins houillers sont peu nombreux

et ne diffèrent guère des végétaux de l'époque houillère; ceux-ci peuvent donc être considérés comme la végétation primitive.

Dans les temps antérieurs, comme nous l'avons vu, les terres émergées nourrissaient un certain nombre de plantes; cette végétation pauvre et peu nombreuse a augmenté progressivement et n'a atteint son maximum de développement que vers la fin de l'époque houillère, où elle est représentée par ces vastes forêts qui recouvraient presque entièrement les terres émergées.

M. Élie de Beaumont a calculé la quantité de carbone que produisent annuellement nos forêts actuelles; d'après ces calculs, il ne pourrait se former sur l'étendue des dépôts houillers que $0^m,016$ de ce combustible en un siècle. Dumont a compté à Liège quatre-vingt-cinq couches de houille, dont quelques-unes ont deux mètres au moins d'épaisseur. Admettons pour ces couches une épaisseur moyenne de $0^m,60$, et nous aurons un dépôt pour la formation duquel il n'aura pas fallu moins de l'existence de nos forêts actuelles pendant trois cent mille années consécutives.

L'examen de la flore houillère nous met encore en présence de deux faits d'une importance de premier ordre; malgré la différence qui existe entre ces végétaux anciens et ceux qui couvrent actuellement notre globe, les lois générales d'organisation végétale n'ont nullement changé, et les formes qu'on y rencontre se rattachent plus ou moins directement à quelques-unes des formes qui existent encore de nos jours[1].

[1] *Ann. des sciences nat. Botanique.* — *La Nature*, 1re année, 1873.

II

Affaissement du sol après les temps carbonifères. — Période permienne. Les descendants des végétaux houillers. — Faune permienne.

L'étude des massifs géologiques démontre qu'après les temps carbonifères, le sol a dû subir des dépressions; il paraît s'être abaissé en amenant à sa surface les eaux de la mer, au moins sur une grande partie de l'Europe; cela n'est pas douteux pour la Russie, pour le centre de l'Allemagne et une notable partie des Vosges. Ces phénomènes ont dû se manifester peu à peu, sans commotion violente, car la faune et la flore permiennes nous offrent des espèces végétales et animales qui ne diffèrent pas sensiblement de celles que nous a présentées l'époque antérieure. Il est à remarquer que les plantes offrent des caractères intermédiaires entre ceux qui distinguent les végétaux de la houille et les types que nous allons voir apparaître à l'âge qui va suivre.

Les Fougères se rencontrent encore dans les terrains permiens, qui tirent leur nom du pays de Perm en

Russie, où ils forment une grande partie du massif géologique de cette région. Les Lycopodiacées y abondent, et parmi les Noggerathiées, arbres à la cime élevée, dont la forme peut se placer entre celle des Cycadées et celle des Conifères, nous citerons le *Noggerathia expansa*, dont nous représentons un vestige fossile (fig. 33).

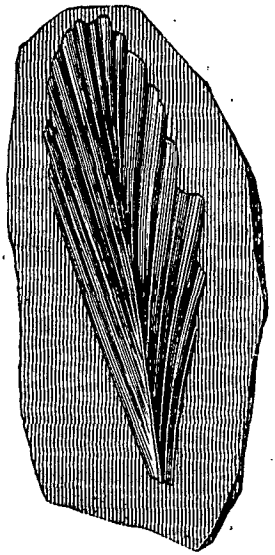


Fig. 33. — Feuille de *Noggerathia.*

Dans les mers permiennes, les groupes semblent se distinguer par les signes d'une décadence réelle. On y trouve un genre de reptile particulier, qui offre cer-

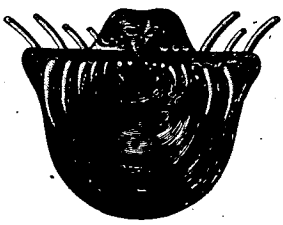


Fig. 34. — *Productus.*

taines analogies avec quelques-uns de nos crocodiles, c'est le *Protosaurus;* on y rencontre des polypiers assez abondants, des spirifer, dont l'un deux, le *Productus horridus* (fig. 34), est caractéristique des terrains où il a laissé des vestiges. Les céphalopodes se réduisent à quelques genres peu abondants, et les crus-

tacés ne sont plus représentés que par un trilobite, qui figure pour la dernière fois dans la faune terrestre.

On pourrait réunir ensemble les terrains carbonifères et permiens, parce qu'ils offrent de grandes analogies au point de vue paléontologique; ils se subdivisent, comme ceux qui les précèdent dans les temps primaires, en plusieurs zones distinctes, que nous passerons sous silence, car nous ne pouvons entreprendre ici qu'un tableau très sommaire et très condensé des connaissances paléontologiques.

On a vu toutefois que la nature organique a fait des progrès bien saillants à la fin des temps primaires, et que les végétaux, surtout, ont pris un accroissement remarquable.

Ces plantes croissaient abondamment sur tous les continents, et leurs tiges rapprochées formaient une végétation luxuriante au sein des marécages et des tourbières, où vivaient déjà des coquilles d'eau douce. Cette flore était surtout remarquable par le nombre des végétaux, par leur extraordinaire vigueur, mais elle aurait offert au regard un spectacle monotone. Aucune plante, quelle que soit la richesse de son feuillage, n'est encore pourvue de fleurs, et ces riches parures du monde végétal ne vont apparaître que dans les âges postérieurs.

Ainsi, nous pouvons nous représenter les continents d'alors, cachés sous la verdure de forêts épaisses; mais les végétaux à fleurs n'embaument pas l'atmosphère de leurs parfums, et les campagnes ne sont pas embellies par ces couleurs vives et brillantes que nous y admirons aujourd'hui. Les reptiles n'étaient pas encore puissants

et variés ; le chant des oiseaux, le cri des mammifères, ne se faisaient pas entendre.

Pendant combien de siècles le tableau de la vie des âges primitifs recouvrit-il la surface terrestre? C'est ce qu'il est impossible de savoir, car les limites du temps, comme cel les de l'espace, sont en dehors de la portée humaine. Pénétrons-nous bien de cette pensée que la durée des époques géologiques est immense, si on la compare, non pas seulement à la vie de l'homme, mais à celle de l'humanité tout entière. Quand nous voulons apprécier les distances qui séparent entre eux les corps célestes, nous reconnaissons que les mesures terrestres deviennent insuffisantes par leur extrême petitesse. Ce qui est vrai pour l'étendue, l'est aussi pour le temps. Qu'est-ce que la durée de l'histoire des hommes à côté de celle que la nature met en œuvre pour élaborer la grande suite de sa propre histoire?

CHAPITRE IV

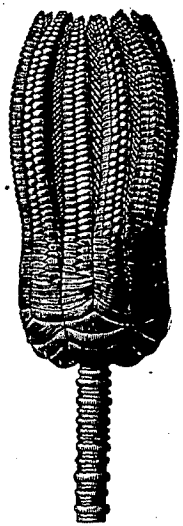
L'AGE DES REPTILES

I

Période triasique. — Apparition des ammonites. — Empreintes de pas fossiles. — Labyrinthodontes. — Le Ceratodus et les fossiles vivants. — Les tortues à dents, ou dicynodontes. — Les anomodontes du professeur Owen.

Avec les terrains permiens, nous abandonnons les temps primaires et nous arrivons à une époque nouvelle dans cette magnifique histoire de la création des êtres terrestres. Jusqu'ici, dans les âges que nous venons de passer en revue, nous avons aperçu des forêts immenses, des mers étendues, peuplées de poissons particuliers, mais les traces des animaux terrestres ne se sont pour ainsi dire pas offertes à notre investigation. Le globe a appartenu au monde des eaux, aux crustacés,

aux poissons ; il va devenir le théâtre d'une génération nouvelle et se présenter comme la grande scène où l'on apercevra des êtres bizarres, des reptiles formidables et fantastiques qui s'y développeront dans la suite des temps.



Le terrain inférieur de l'époque secondaire est désigné sous le nom de trias, parce qu'il est formé de trois parties distinctes, le grès bigarré, le calcaire conchylien et les marnes irisées, qui sont échelonnées de bas en haut, dans l'ordre où nous les mentionnons.

On trouve dans la faune du trias un certain nombre des types anciens, mais on va les voir s'éteindre peu à peu, en même temps qu'en apparaîtront d'autres en quantité prodigieuse.

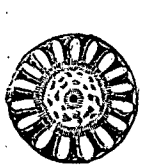


Fig. 35.
Encrinus liliiformis.

Dans les mers, il faut signaler d'abord la présence des *Ceratites*, que l'on peut considérer comme le point de départ des *Ammonites*, si importants dans l'étude des terrains, et qui ont joué un rôle considérable dans l'histoire primitive de notre monde. Les *spongiaires* et les *polypiers* deviennent très nombreux, et parmi les échinodermes, l'*Encrinus liliiformis* laisse des vestiges d'une extraordinaire abondance. La faune ichthyologique n'est

pas en progrès, mais les reptiles commencent à se développer et à prendre une remarquable vigueur. Non seulement ces êtres singuliers ont laissé jusqu'à nous des débris de leur squelette, mais des traces bien plus fugitives de leur passage sur la terre nous sont encore révélées. Sur les terrains sablonneux du terrain conchylien, sur les grès du Massachusets et du Connecticut, on aperçoit parfois ces empreintes de pas dont nous avons parlé dans un des chapitres précédents, et qui apparaissent comme de précieux vestiges de ces animaux formidables. C'est surtout en Amérique que de si étranges trouvailles ont été faites à plusieurs reprises différentes, et ont fourni à la paléontologie plus de cinquante espèces distinctes. D'heureux chercheurs ont mis la main sur une plaque portant des traces irrécusables de pas d'un batracien ou d'un reptile, dont on a retrouvé une partie du squelette : c'est le *Labyrinthodonte*, animal de dimensions énormes, dont le crâne atteint parfois $1^{m},30$ de longueur, et qui paraît intermédiaire entre les reptiles et les batraciens. La matière osseuse de ses dents, quand on en a fait une coupe transversale, présente une série d'enchevêtrements très compliqués, qui rappellent les circuits d'un labyrinthe; ce caractère a présidé au baptême du curieux être triasique.

La figure 36 représente l'empreinte fossile d'un pied d'animal de grande taille, à côté duquel on voit la marque de gouttes de pluie, gravées sur une plaque de grès du trias provenant des États-Unis. M. Hitchkook rapporte cette empreinte à trois doigts, au pied d'un

grand oiseau qu'il nomme *Orchitichnite*[1]. Ce savant naturaliste a retrouvé une grande quantité de ces remarquables empreintes, qui lui ont permis d'entrevoir une trentaine d'espèces différentes. L'une d'elles signale un

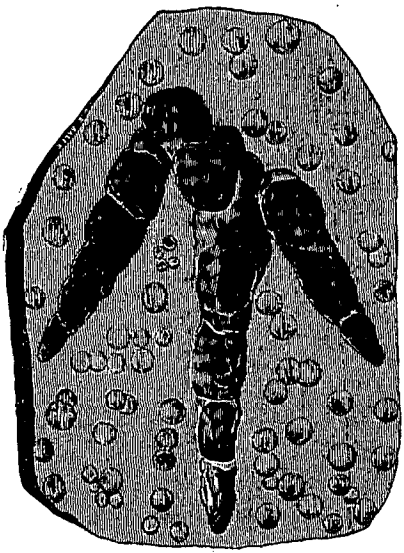


Fig. 36. — Empreinte d'un pied d'oiseau dans le grès du trias aux États-Unis.

animal qui devait atteindre une dimension colossale, puisque en mesurant la distance de ses pas, on s'assure qu'il faisait des enjambées de plus de deux mètres!

[1] Nous avons déjà parlé précédemment des empreintes fossiles de gouttes de pluie, au sujet desquelles il serait permis d'émettre des doutes, si elles n'avaient été particulièrement étudiées par des observateurs tels que Cunningham, Hitchesk, Lyell, etc. M. Cunningham notamment, que cite spécialement Alcide d'Orbigny, dans son remarquable *Cours de paléontologie*, décrit les empreintes de pluie qu'il a observées dans les

Un autre naturaliste, M. Deane, a fait connaître des traces de pas, dont un certain nombre indiquent nettement qu'elles proviennent d'un pied palmé et qu'elles seraient dues par conséquent à un oiseau.

L'étude des terrains sédimentaires triasiques nous apprend d'une façon certaine que le mouvement des terres et des mers s'est continué à travers les siècles ; vers le milieu de cette longue période, c'est-à-dire au moment où elle a pris l'apogée de son développement, le centre et l'ouest de l'Europe formaient le fond des océans. Le lieu où Paris devait s'élever était enfoui sous

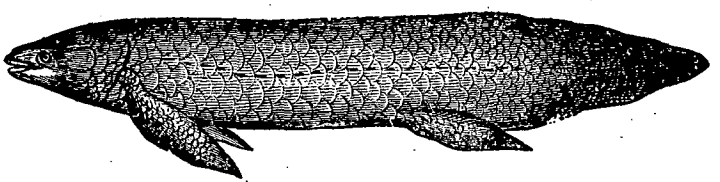


Fig. 37. — Ceradotus de la Nouvelle-Hollande.

une épaisse couche liquide ; les rivages de la mer triasique atteignaient les Vosges et le plateau central. Les océans étaient l'asile de poissons divers, et parmi ceux dont on a recueilli les débris fossiles, nous citerons le Ceratodus. Agassiz a défini ce poisson en étudiant ses

carrières de Storeton Hill, et il en explique très bien la formation par des phénomènes récents : « Les effets d'une pluie, tombant sur des cendres très fines du Vésuve, s'y font remarquer en globules arrondis, semblables à ceux que produirait l'eau d'un arrosoir sur un parquet couvert de poussière. Même phénomène a été observé sur les grès de Storeton Quarry. En certains cas, les globules sont petits et circulaires, comme s'ils eussent été produits par une pluie légère ; en d'autres, ils sont plus gros, de forme moins régulière, indiquant une pluie plus violente. »

dents, que l'on rencontre fréquemment, soit en Wurtemberg, soit en Lorraine, et il lui a donné le nom que les paléontologistes ont admis depuis. Mais, il y a quelques années, quelle ne fut pas la surprise de M. Krefft, directeur du Muséum de Sidney, quand il pêcha dans les fleuves d'Australie le Ceratodus vivant ! On en a pris qui ne mesurent pas moins de $1^{m},20$ de longueur. Le Ceratodus actuel est anologue à celui qui vivait aux premiers âges du monde ; il a donc résisté aux modifications si nombreuses qui se sont accomplies à la surface de notre globe. Nous représentons (fig. 37) le Ceratodus actuel de la Nouvelle-Hollande, qui offre une grande analogie avec le Ceratodus des mers triasiques. « Ces animaux, dit M. le professeur Gervais, qui en a fait une étude très minutieuse, joignent à l'apparence extérieure des anguilles la présence de fortes écailles, ainsi que des ouïes plus largement ouvertes, et leur conformation intérieure s'éloigne notablement de celle des anguilliformes. »

Le Ceratodus offre cette particularité remarquable de présenter des poumons, organes spéciaux de respiration aérienne, en même temps que des branchies lui servent à la respiration dans l'eau. Il a les poumons d'un reptile aérien, les branchies d'un poisson aquatique ; aussi peut-il vivre alternativement dans l'air et dans l'eau. Il constitue un troisième genre de *dipnés* (qui signifie double poumon).

C'est encore à cette singulière faune du trias qu'il faut rapporter les tortues à dents, dont des recherches récentes dans l'Afrique australe ont fait connaître la

forme étrange, et dont nous représentons les plus remarquables échantillons (fig. 38 et 39).

Les premières découvertes de reptiles fossiles dans les couches triasiques du Cap sont dues à M. Andrews Geddes Bain ; elles furent poursuivies par plusieurs géologues émérites, parmi lesquels nous citerons le professeur

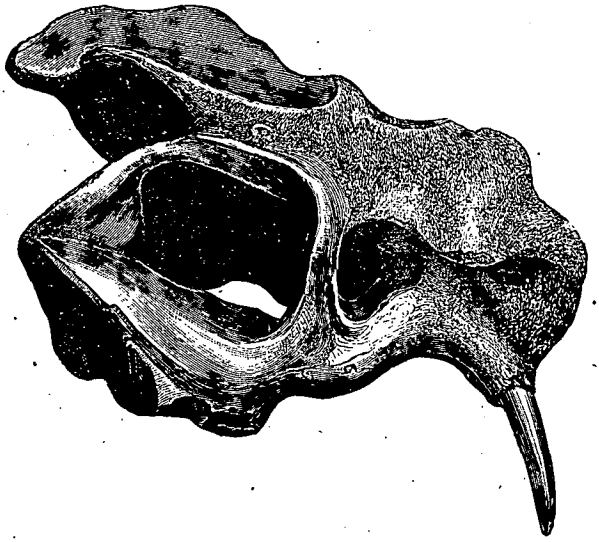


Fig. 38. — Dicynodon tigriceps (Owen) (1/6 grandeur naturelle).

Owen ; en France, les débris de ces reptiles fossiles se sont éclairés d'une vive lumière, grâce aux savantes investigations de MM. P. Gervais, A. Gaudry et Fischer. Cette faune erpétologique est caractérisée par des crocodiles, des labyrinthodontes, des dinosauriens, qui atteignent des dimensions prodigieuses, et qui nous

révèlent de véritables géants, puisque leurs vertèbres sont deux fois plus grandes que celles de nos éléphants !

Les individus les plus curieux de cette population singulière sont les tortues à dents, dont le crâne

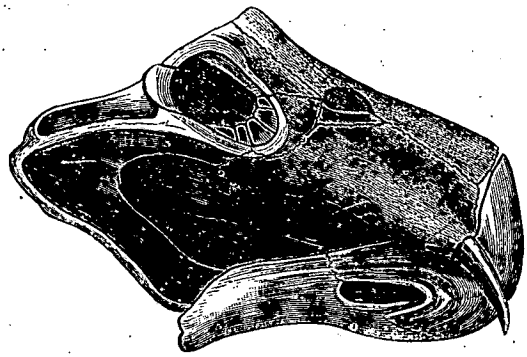


Fig. 39. — Tortue à dents. Ptychognathus declivis; fossile découvert dans les couches triasiques du cap de Bonne-Espérance (1/6 grandeur naturelle).

présente deux longues défenses courbées, rappelant un peu celles des morses actuels. Ce caractère les a fait désigner sous le nom de dicynodon, ce qui veut dire en grec : *deux dents de chien*.

D'après les études de ces fossiles, M. le professeur Richard Owen a trouvé que les dicynodontes se rapprochaient des tortues par certains caractères saillants, et qu'ils s'en éloignaient sous d'autres rapports, pour offrir quelques analogies avec les lézards. M. Huxley confirme cette dernière opinion, et prétend que ces animaux, à jamais disparus, devaient être munis d'une longue queue.

A côté de ces êtres, qui, mis en parallèle avec ceux de notre faune actuelle, nous paraissent vraiment bizarres, la flore du trias est pauvre et ne mérite guère de fixer notre attention ; c'est à peine si elle compte une centaine d'espèces végétales, qui se rattachent toutes aux familles antérieures, et parmi lesquelles dominent les Fougères.

Pendant longtemps la terre a gardé sa végétation primitive ; c'est bien lentement que des formes nouvelles apparurent à sa surface et purent s'y développer.

II

Le terrain jurassique..— Le monde des océans. — Les Ammonites et les Bélemnites. — Les reptiles gigantesques. — Les poissons-lézards-crocodiles. — Ichthyosaure et Plésiosaure. — Les lézards volants. — Les différents étages des terrains jurassiques. — Apparition des premiers oiseaux. — Terre végétale fossile.

Le terrain jurassique a pris son nom des montagnes du Jura; il consiste essentiellement en massifs argileux et calcaires, de formation presque entièrement marine. Çà et là, il présente à différents niveaux quelques assises ferrugineuses et des rognons siliceux. La période jurassique est certainement une des plus importantes dans l'histoire de notre sphéroïde; ses gisements ne nous offrent pas moins de 4700 espèces fossiles, qui attestent comme une recrudescence énergique dans les manifestations de la vie [1].

[1] On a proposé un très grand nombre de divisions des terrains jurassiques ; les unes sont déduites de la présence de tel ou tel fossile dominant ; les autres sont basées sur la couleur de la roche. C'est ainsi que l'on comprend dans les terrains jurassiques le lias, l'oolithe inférieur, l'oolithe moyen et l'oolithe supérieur. Dans un aperçu rapide comme celui que nous présentons au lecteur, nous ne pouvons insister sur ces divisions que certains paléontologistes émérites; comme M. Alcide d'Orbigny, ont

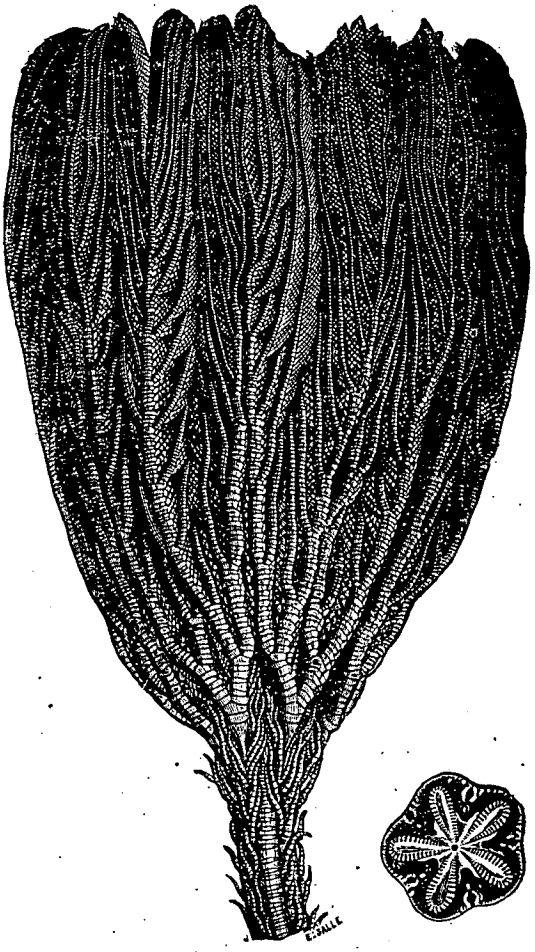


Fig. 40. — *Pentacrinus fasciculosus* (grandeur naturelle).

Les mers jurassiques qui se sont succédé pendant la longue formation que nous étudions, abondent en polypiers immenses, qui, pour la première fois, s'offrent à nos yeux avec la puissance de véritables récifs. — Les zoophytes les plus remarquables sont le *Palæocoma Fustembergii* et le *Pentacrinus* (fig. 40), dont les vestiges se rencontrent très abondamment. — Les mollusques céphalopodes commencent à prendre une certaine importance, et appartiennent pour la plupart à la famille des Ammonitides.

Les Ammonites, qui pullulent pendant une longue suite de siècles, ont complètement disparu aujour d'hui. Le nom de ces fossiles provient de la ressemblance qu'ils présentent avec la corne d'Ammon.

C'étaient des mollusques à coquille circulaire enroulée en spirale, dont les genres fossiles sont pour ainsi dire innombrables. Les figures 41 et 42 en représentent deux formes bien distinctes; mais s'il fallait donner les images de toutes celles que l'on connaît aujourd'hui, un livre comme celui que le lecteur a sous les yeux ne suffirait pas à les contenir. La spirale de la coquille était divisée en une série de cavités, dont le corps de l'animal n'occupait que quelques-unes, les autres restant vides (fig. 43). Un tube particulier, qui traversait ces cavités, pouvait se remplir d'eau, et l'animal, en expulsant ou en attirant le liquide, se rendait à volonté plus ou

fait plus nombreuses encore. Disons une fois pour toutes que notre modeste ouvrage n'a pas la prétention d'être un traité de paléontologie ; il ne peut être qu'une série de tableaux représentant quelques êtres ayant vécu aux diverses époques géologiques.

moins dense, de telle façon qu'il se dirigeait facilement dans les différents niveaux océaniques. De nos jours, le *Nautile* est pourvu d'un mécanisme analogue.

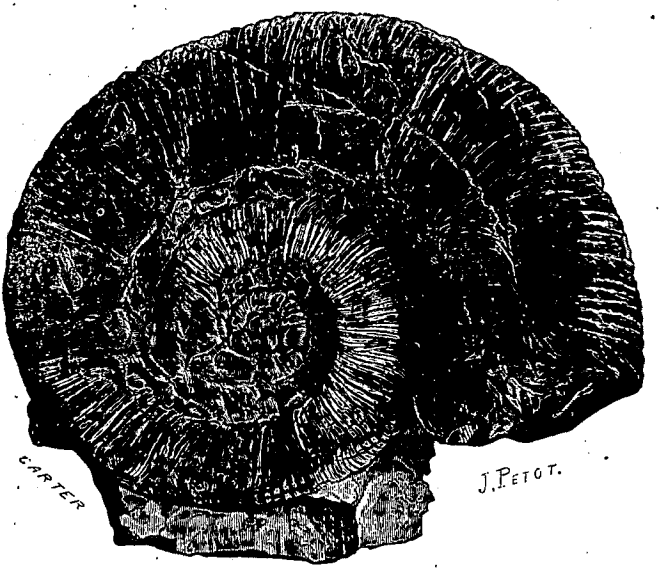


Fig. 41. — Ammonite du terrain jurassique.

L'Ammonite ne nous a laissé que sa coquille ; aussi quelques détails de son organisation font-ils peut-être défaut ; on a pu cependant reconstituer ce mollusque étrange, et nous en reproduisons l'aspect complet, tel qu'on aurait pu le voir de son vivant (fig. 44). Les Ammonites de la période jurassique sont d'une diversité remarquable, et quelques-unes revêtent une forme gracieuse et élégante.

Les Bélemnites fossiles du terrain jurassique ne sont

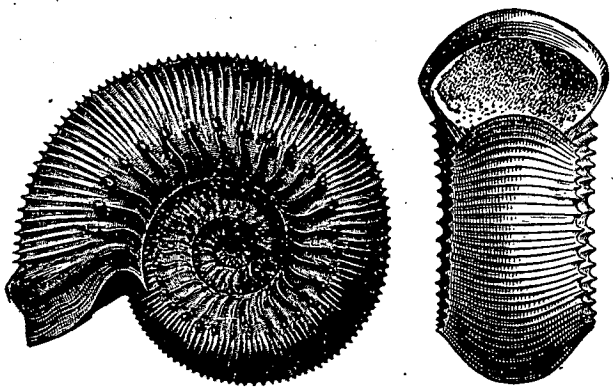


Fig. 42. — Ammonites Humpriesianus. d'après A. d'Orbigny.

autre chose que la partie osseuse des poulpes, des

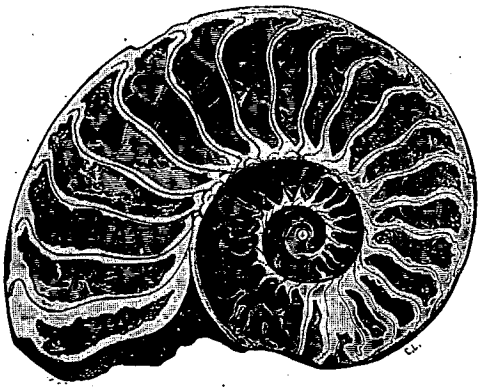


Fig. 43. — Ammonite jurassique sciée par le milieu.

seiches qui vivaient en grand nombre dans les mers de

ces temps si lointains; elles ne sont pas moins curieuses que les Ammonites; elles offraient quelque ressemblance avec la seiche de notre temps.

On en trouve les débris sous forme d'un osselet allongé, qui n'est que la partie terminale et centrale de l'individu vivant (fig. 45), dont on peut se représenter l'aspect par la gravure ci-après (fig. 46).

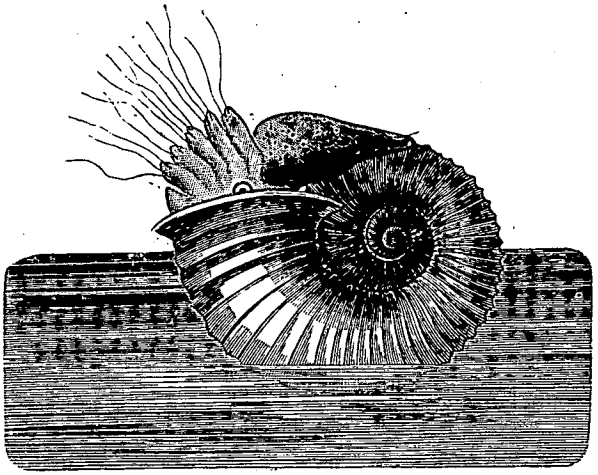


Fig. 44. — Ammonite restaurée.

Les anciens désignaient les Bélemnites sous le nom de pierre de tonnerre, parce qu'ils croyaient que ces pétrifications étaient dues au passage de la foudre dans les roches où elles se rencontraient. Ces corps allongés et durs ont bien longtemps tenu en échec la sagacité des naturalistes : les uns les considéraient comme des sta-

lactites anciennes; les autres y croyaient voir les pétrifications de dattes ou de branches d'étoiles de mer. C'est à de Blainville et d'Orbigny que revient l'honneur d'avoir établi la véritable nature de ces singuliers fossiles; d'avoir fait revivre ce poulpe des âges antérieurs, avec ses dix bras flexibles s'agitant autour de la bouche. En 1844, M. Owens retrouva l'animal en entier, et transforma brillamment, ainsi, les belles hypothèses des deux paléontologistes français, en faits irrécusables.

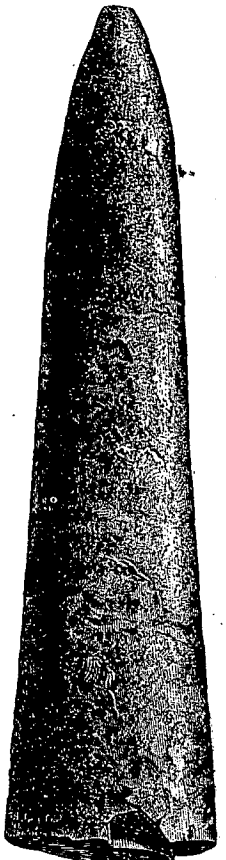


Fig. 45. — Bélemnite du terrain jurassique. — Étage oolithique inférieur. du Wurtemberg.

Mais passons rapidement sur ces hôtes marins des temps secondaires, pour arriver aux vrais maîtres de la création à l'époque jurassique, aux gigantesques reptiles, aux formidables sauriens, qui seraient certainement la terreur des hommes, s'ils vivaient encore aujourd'hui, et qui nous offrent le témoignage d'une puissante manifestation de la vie.

Le squelette d'un *Ichthyosaure* (fig. 47) rappelle à la fois un énorme poisson et un cétacé de petite taille. Sa tête est pointue,

et ses yeux sont vraiment monstrueux, ses dents formidables, serrées les unes contre les autres, se

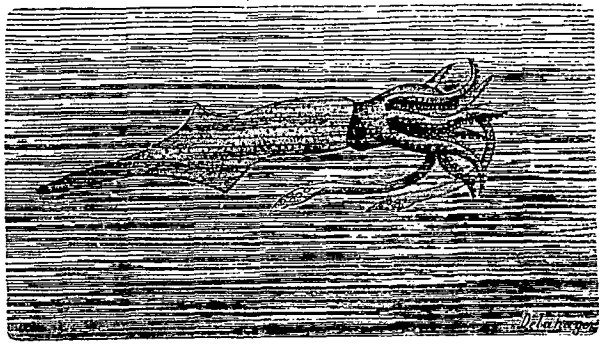


Fig. 46 — Bélemnite restaurée.

comptent au nombre de 180; la longueur totale du monstre dépasse quelquefois douze mètres. Ce lézard

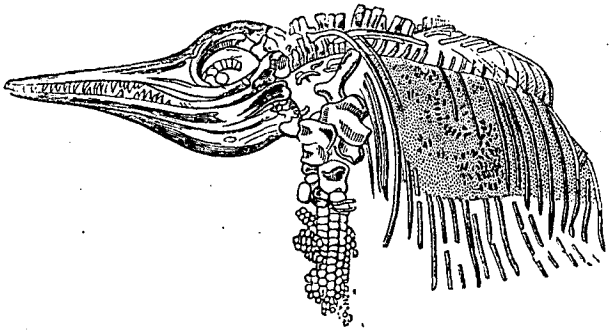


Fig. 47. — Ichthyosaure.

marin devait être d'une extraordinaire férocité, si l'on en juge par sa mâchoire d'ogre; mais les faits nous per-

mettent de passer à cet égard des conjectures à l'affirmation, car on a trouvé au milieu de son squelette, à l'endroit qu'occupaient jadis les parties molles de son intestin, des *coprolithes*, c'est-à-dire les résidus de sa digestion, qui renferment encore les débris de ses aliments. Ces coprolithes renferment en abondance des écailles de poisson et de reptiles, auxquels le monstre devait faire une chasse impitoyable; ils contiennent même des ossements d'autres Ichthyosaures plus petits, nous prouvant ainsi que ce vorace personnage dévorait jusqu'à ses enfants.

Les Plésiosaures étaient plus gigantesques encore que ce dernier colosse; leurs nageoires étaient plus puissantes, et leur cou, grêle, mince, allongé, avait l'aspect d'un serpent. Cet être tenait à la fois du lézard, du crocodile et du serpent; il devait être très agile et causait sans doute l'effroi des petits habitants des eaux. On a trouvé des squelettes de Plésiosaures qui avaient une longueur de 10 mètres, et qui ont permis de se représenter exactement un animal marin, dont nulle forme vivante ne saurait donner idée. Ses pattes faisaient l'office de palettes ou de rames qui permettaient au reptile de fendre les vagues ou de plonger au sein des eaux; sa queue, quoique assez courte, servait de gouvernail.

« Le Plésiosaure, dit Cuvier, offre l'ensemble des caractères les plus monstrueux que l'on ait rencontrés parmi les races de l'ancien monde. » On ne peut mieux indiquer les caractères étranges d'un animal qui diffère sous tant de rapports de tout ce que nous montre la création actuelle.

Nous n'avons pas fini d'énumérer les surprises de ce monde jurassique, qui nous révèle encore d'extraordinaires lézards volants : les *ptérodactyles*, véritables dragons de la fable.

La figure 48 représente un ptérodactyle trouvé en Angleterre. On voit que la mâchoire est munie d'un bec garni de dents aiguës et saillantes, analogues à celles des sauriens, et que son corps le rapproche des

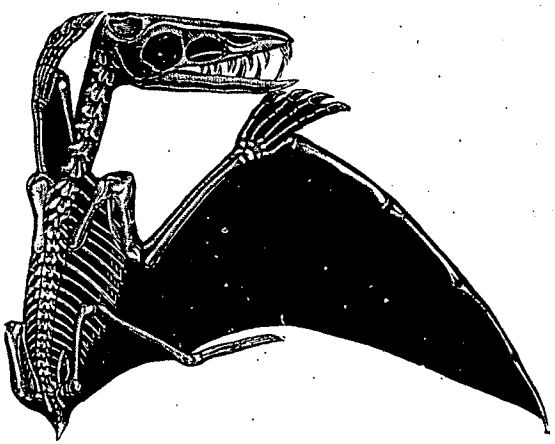


Fig. 48. — Ptérodactyle (1/2 grandeur naturelle).

reptiles. Ses membres antérieurs, impropres à la marche ou à la nage, se terminent par un doigt d'un longueur prodigieuse, qui devait servir de support à une membrane analogue à celle de la chauve-souris. Le corps n'est pas d'une dimension extraordinaire, et ne dépasse pas, chez les plus grands individus, la taille d'un de nos cygnes.

Les tortues, que nous avons déjà vues apparaître aux époques précédentes, fournissent des espèces nouvelles dans les terrains jurassiques. La *Chelonemys plana*

Fig. 49. — Tortue (*Chelonemys plana*), d'après A. d'Orbigny.

(fig. 49), spécialement étudiée par le professeur Jourdan, en est un remarquable exemple.

A côté de cette richesse dans la faune, l'époque ju-

rassique se signale d'abord par une pauvreté notable dans sa flore; il est vrai que les débris jusqu'ici recueillis des végétaux jurassiques inférieurs ne sont pas nombreux et ne doivent nous donner qu'une idée très imparfaite des végétaux contemporains des reptiles étranges dont l'image a été reconstituée par la science. On voit ci-contre la représentation d'un fossile végétal de cette époque, qui existe souvent dans nos collections (fig. 50).

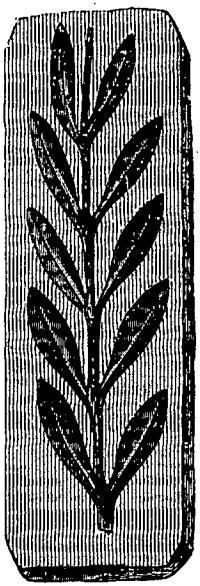


Fig. 50.
Pachypteris lanceolata.

A mesure que l'on s'élève dans les étages successifs des terrains jurassiques, on voit la flore continentale acquérir peu à peu une importance plus considérable. Dans quelques-unes des couches que les géologues désignent sous le nom d'oolithiques, elle devient d'une remarquable richesse. Les Fougères y figurent toujours, avec les *Pantanées* qui apparaissent, et dont on retrouve à l'état fossile les beaux fruits volumineux et sphériques. Les *Cycadées* et la grande famille des *Conifères*, à laquelle se rattachent les pins et les sapins de notre époque; les *Taxites*, qui offraient quelque ressemblance avec nos ifs; les *Brachyphyllum*, qui se rapprochent des *Arthrotaxis* de la Terre de Van Diemen et des *Widdringtonia* de notre Afrique

australe, commencent à étaler leurs rameaux verdoyants sur les continents de ces âges lointains.

La puissance des terrains jurassiques est telle, les faunes et les flores successives qui s'y sont développées, et dont on retrouve les vestiges fossiles au sein des étages multiples qui les constituent, sont si riches, si abondantes, qu'il faut renoncer à en donner une énumération même incomplète. D'après Alcide d'Orbigny, les formations jurassiques comprennent huit étages distincts, qui présentent leurs fossiles spéciaux, dont les espèces, comme nous l'avons dit précédemment, se comptent par milliers. L'ensemble de ces terrains sédimentaires superposés atteint une puissance de plus de 1500 mètres. Cette assise formidable de roches a été lentement déposée au sein des eaux, et ces dépôts sédimentaires ne s'accroissent que d'une épaisseur bien minime en quelques siècles. S'il est possible d'imaginer la durée de ces formations, c'est par millions qu'il faudrait entasser les siècles pour s'en faire quelque idée. Les mers ont changé de place à plusieurs reprises, les êtres ont apparu et se sont éteints ; puis d'autres ont succédé à ceux-ci, à travers l'immensité du temps. Comment retracer exactement cette longue histoire, dont les innombrables documents que le géologue possède aujourd'hui ne forment sans doute que quelques pages isolées, entre lesquelles manquent des chapitres entiers ?

Dans les étages moyens des terrains jurassiques apparaissent les premiers mammifères ; mais ils offrent une organisation spéciale ; ce sont des animaux analogues à nos sariguës, à nos kangurous, à nos ornithorhynques.

rhynques. Au sein des océans oolithiques, voici des Ammonites, des gastéropodes, des acéphales, des mol-

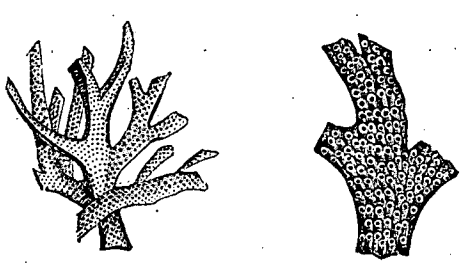


Fig. 51. — *Bidiastopora cervicornis.*

lusques bryozoaires, aux rameaux élégamment ramifiés (fig. 51 et 52). — Les échinodermes existent en nombre prodigieux (fig. 53), et les polypiers pullulent

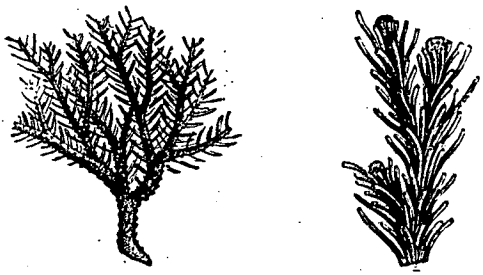


Fig. 52. — *Entalophora cellarioïdes.*

(fig. 54). Ces polypiers jurassiques ont acquis une importance des plus remarquables; ils se présentent en masses compactes de plusieurs mètres de circonférence,

et formaient au milieu des océans des bancs, des récifs et des îlots. Les zoophytes infimes travaillaient alors, comme aujourd'hui, à l'édification d'*attols* ou de bancs de rochers à la surface des flots en mouvement.

L'étude de tous les étages du terrain jurassique démontre d'ailleurs que les lois physiques qui régissaient le monde d'alors étaient celles que nous voyons aujourd'hui présider aux transformations de la nature actuelle.

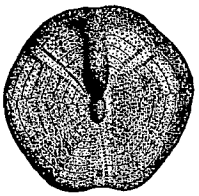


Fig. 53.
Hyboclypus vu en dessus.

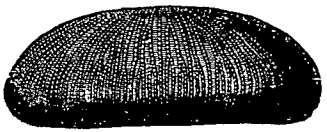


Fig. 54.
Anabacia orbulites vu de profil.

Il y avait jadis, comme aujourd'hui, des continents et des mers; ces mers présentaient des rivages, des régions sous-marines, voisines des côtes, ou profondes. Alors, comme à notre époque, la vague montait à l'assaut de la falaise, les courants océaniques sillonnaient l'étendue des eaux, les sédiments se déposaient dans les golfes. L'écorce terrestre était soumise, comme de nos jours, à des oscillations lentes, qui déplaçaient peu à peu les bassins océaniques; la nature et la diversité des sédiments, c'est-à-dire des anciens fonds de la mer, nous en donnent une certitude absolue.

Nous avons déjà traversé plusieurs étages de l'époque secondaire; mais en s'élevant encore dans les

terrains jurassiques, on arrive à d'autres formes, à d'autres espèces; on gravit quelques échelons dans la succession de l'organisme. De nouveaux reptiles, de nouveaux crustacés, de nouveaux mollusques, ap-

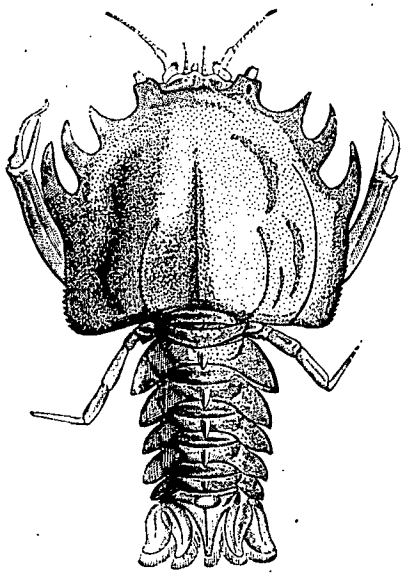


Fig. 55. — *Eryon arctiformis* (1/2 *grandeur naturelle*).

paraissent. Mentionnons rapidement l'*Eryon arctiformis* (fig. 55) parmi les crustacés, le curieux *Hemicidaris* parmi les échinodermes (fig. 56), le gracieux *Cribrospongia* parmi les spongiaires (fig. 57), et le singulier *Thecosmilia* parmi les polypiers (fig. 58).

Mais ne nous arrêtons pas encore dans les fouilles

opérées au sein des terrains jurassiques ; soulevons les feuillets de ces sédiments, véritables ossuaires

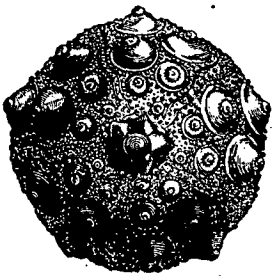


Fig. 56. — *Hemicidaris crenularis.*

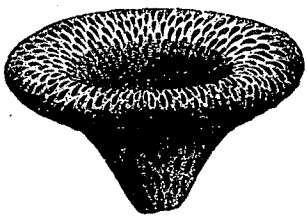


Fig. 57. — *Cribospongia reticulata.*

des organismes disparus ; élevons-nous jusqu'à la limite supérieure de ces assises formidables. Le décor va changer encore une fois sur la scène du monde, et les êtres vont s'élever vers de nouveaux progrès. A l'origine des temps jurassiques, les formes animales sont d'abord simples, élémentaires, et se rapprochent de celles des temps primitifs ; au milieu de cette longue époque, les premiers mammifères semblent s'essayer à la vie ; ils prennent place au soleil, d'abord imparfaits, sous la forme de marsupiaux. Mais les siècles s'écoulent, et le progrès suit son cours ; voici les premiers oiseaux

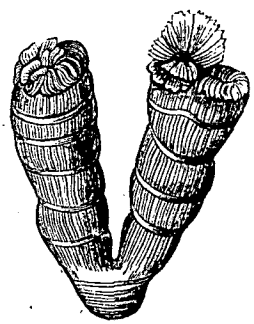


Fig. 58.
Thecosmilia annularis.

qui sillonnent l'air de leur vol léger. Pourquoi ces êtres gracieux, chez lesquels l'amour maternel est si profondément développé, apparaissent-ils si tard sur la scène du globe? Est-ce parce que l'air était encore souillé des gaz des temps primitifs? On l'ignore; mais il n'en est pas moins vrai que des plumes et des os d'oiseaux ont d'abord été rencontrés dans les calcaires lithographiques de Solenhofen, et que les chercheurs n'ont pas tardé à mettre la main sur un squelette presque entier (fig. 59). Par ses proportions générales, le squelette de l'*Archæopteryx* (c'est le nom qui a été donné à cet oiseau fossile) se rapproche jusqu'à un certain point de celui de quelques gallinacés. Les ongles de cet animal sont, en effet, assez robustes, soit pour lui permettre de percher, soit pour gratter la terre. Les dimensions relatives des membres postérieurs et des membres antérieurs, ainsi que celles de chacune de ces parties examinées à part, confirment cette opinion, émise par M. A. Milne-Edwards [1].

Les terrains jurassiques supérieurs offrent encore à la géologie une remarquable particularité; c'est l'apparition dans la localité de Portland d'une terre végétale qui remonte à ces temps anciens. Cet humus n'a pas moins de $0^m,30$ à $0^m,40$ d'épaisseur; il est noir, et renferme çà et là des lignites. On y voit encore les troncs pétrifiés des conifères qui y vivaient jadis; cette couche de terre ou de boue (*dirt-bed*) est horizontale à l'île de Portland, mais plus loin elle se trouve très sensible-

[1] Alphonse Milne-Edwards. *Mémoire sur la distribution géologique des oiseaux fossiles et description de quelques espèces nouvelles.*

ment inclinée, et les troncs d'arbre, à la substance desquels le temps a substitué la silice, sont inclinés aussi, mais parallèles les uns avec les autres. Cette observa-

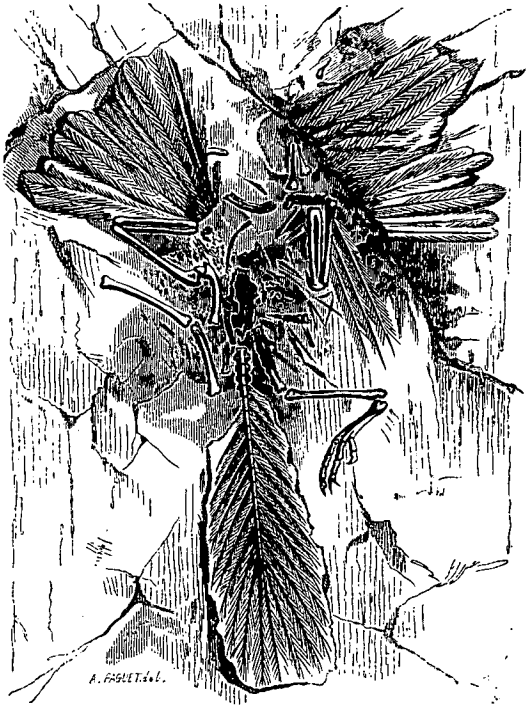


Fig. 59. — *Archæopteryx* (oiseau de Solenhofen).

tion curieuse est un bel exemple des redressements des strates primitivement horizontaux; elle nous indique nettement encore l'immense durée des temps géo-

logiques. Chaque lit de boue, dont la puissance est insignifiante devant celle des terrains jurassiques, a cependant exigé pour sa formation bien des milliers d'années. En effet, comme le fait judicieusement observer sir Ch. Lyell, les plus vieilles forêts des tropiques laissent à peine sur le sol qui les a nourries quelques centimètres d'humus!

C'est ainsi que les enseignements se multiplient à mesure que l'on étudie les feuillets superposés de l'écorce terrestre ; l'intérêt va croissant dans l'histoire du globe, et l'observateur, qui suit la longue chaîne des êtres, rencontre à chacun des anneaux qu'il examine quelque nouveau sujet d'étonnement et d'admiration. Les formes organiques, d'abord élémentaires, se perfectionnent peu à peu ; les êtres se suivent, et leur organisation s'élève; après le règne des articulés, vient celui des vertébrés, avec les poissons ; la dynastie des reptiles lui succède bientôt, puis les premiers oiseaux prennent naissance ; d'autres événements importants, d'autres modifications profondes, vont encore s'accomplir dans les formes vivantes, jusqu'au jour où l'apparition des mammifères sera le prélude de l'avènement des temps modernes.

III

Les océans crétacés. — Puissance de leurs formations sédimentaires. — Formation de la craie. — Son inspection microscopique. — Les coquilles des mers crétacées. — Lézards et sauriens gigantesques. — Le mégalosaure. — L'iguanodon. — Le mosasaure ou grand animal de Maestricht. — Végétaux crétacés.

Quoique les terrains crétacés appartiennent, comme les terrains jurassiques, à l'époque secondaire, nous en ferons l'objet d'une étude spéciale, car ils nous révèlent, à n'en pas douter, une nouvelle phase dans la vie de notre planète. Ces immenses massifs de craie (carbonate de chaux, ces terrains dont la puissance atteint parfois 4000 mètres, et qui se rencontrent en si grande abondance dans l'écorce terrestre, ont été formés au sein des mers qui, pendant une suite de temps incalculable, ont étalé leurs eaux à la superficie du globe. Prenez un microscope, et, muni de cet œil artificiel, examinez un fragment de craie ; vous n'y verrez plus une poudre informe et grossière, mais tous les grains vont prendre une forme régulière. Voilà des fragments de coquilles, des Ammonites lilliputiennes et toute une armée de

foraminifères (fig. 60 et 61). Tout ce monde des eaux antiques apparaît sous le microscope ; ce massif de craie n'est pas autre chose que l'entassement séculaire de ces populations marines d'un autre âge !

Fig. 60. — Craie de Gravesend vue au microscope, d'après Erhenberg.

La substance de ces innombrables petits êtres n'était-elle pas, comme cela se passe encore sous nos yeux, empruntée au carbonate de chaux tenu en dissolution dans les eaux à la faveur d'un excès d'acide carbonique ? Un semblable phénomène ne se passe-t-il pas actuellement au sein des océans modernes ? Ne voyons-nous pas

les polypiers construire tous les jours ces récifs qui s'élèvent peu à peu, qui prennent sans cesse un développement progressif, et formeront peut-être les gisements qu'étudieront les géologues de l'avenir?

Fig. 61. — Craie de l'île Moën (Danemark) vue au microscope, d'après Erhenberg

Il n'est pas toujours nécessaire de recourir au microscope pour entrevoir les vestiges d'un ancien organisme dans les bancs crayeux. Des coquilles de grande dimension, des empreintes de poissons, des ossements de reptiles existent çà et là dans leurs gisements. Les polypiers, les zoophytes, les bryozoaires, les gastéro-

podes, les ammonites y pullulent, et l'on en compte aujourd'hui plus de cinq mille espèces distinctes, dont nous passerons rapidement en revue quelques-uns des types les plus saillants.

Les *Hamites* et les *Ancyloceras* (fig. 62 et 63) sont deux belles espèces parmi les mollusques céphalopodes;

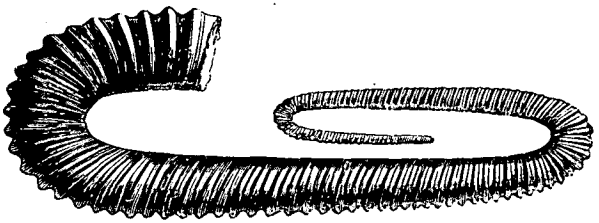


Fig. 62. — *Hamites.*

le *Pterocera Oceani* (fig. 64) est un remarquable exemple de gastéropode des mers crétacées; la *Janira atava*

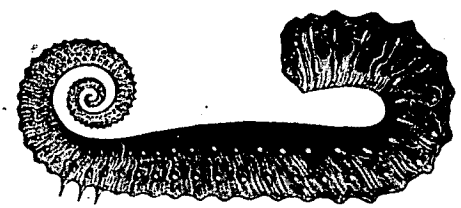


Fig. 63. — *Ancyloceras.*

(fig. 65) appartient aux acéphales, et la *Terebratella* (fig. 66) aux brachiopodes; ces coquillages se rencontrent surtout dans les étages inférieurs du terrain crétacé. En s'élevant un peu plus haut, on voit paraître

des *turrilites* (fig. 67), des polypiers d'une forme par-

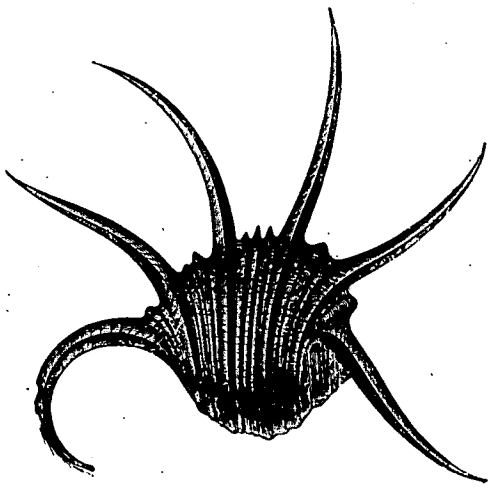


Fig. 64. — *Pterocera oceani.*

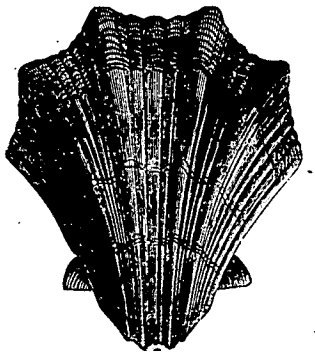


Fig. 65. — *Janira atava.*

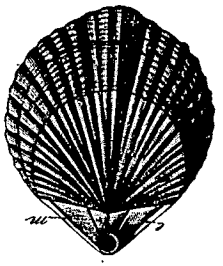


Fig. 66. — *Terebratella.*

ticulière et une quantité d'autres coquilles remarqua-

bles. Dans la période crétacée supérieure des bélemnites

Fig. 67. — *Turrilites catenatus.*

(fig. 68), des volutes allongées et de forme gracieuse,

Fig. 68. — Bélemnites.

des coquilles coniques et cannelées, des polypiers qu'on

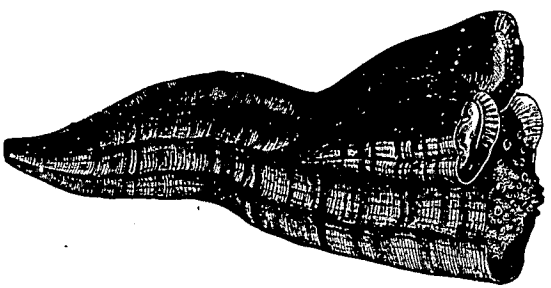


Fig. 69. — *Hippurites toucasiana.*

dirait sculptés par la main d'un artiste, se montrent aux yeux du géologue. On y trouve encore parmi les bra-

chiopodes, l'*Hippurites* (fig. 69), et parmi les polypiers le remarquable *Synhelia* (fig. 70).

Les empreintes de poissons apparaissent fréquemment dans les terrains crétacés, mais les *ganoïdes* des âges précédents sont en pleine décadence. Ce sont à présent des genres nouveaux, à écailles cornées (*téléostéens*), qui vivent au sein des océans crétacés et qui se distinguent souvent par l'étrangeté de leur forme. Tels sont parmi ceux-ci le *Beryx Lewesiensis* et l'*Osmeroides Mantellii* (fig. 71).

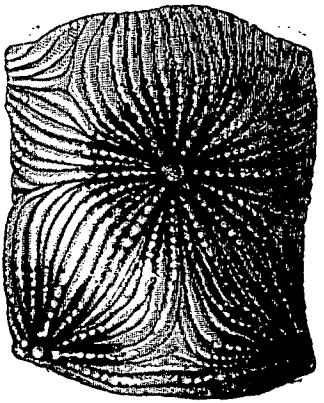


Fig. 70. —*Synhelia Sharpeana.*

Aux étages inférieurs de la craie, voisins de l'époque jurassique, on rencontre encore quelques gigantesques reptiles, derniers représentants de ceux qui ont vécu aux temps antérieurs. Le *mégalosaure*, dont le nom signifie *grand lézard*, est un des plus remarquables d'entre eux. « Avec les formes des lézards, et particulièrement des monitors, dont il a aussi les dents tranchantes et dentelées, dit Cuvier, le Megalosaurus était d'une taille si énorme qu'en lui supposant les proportions du monitor il devait passer soixante-dix pieds de longueur : c'était un lézard grand comme une baleine. »

Les dents et la mâchoire de ce monstre offrent un

aspect particulier en même temps qu'ils témoignent d'une force colossale. Buckland, qui a découvert le Mégalosaure en Angleterre, l'a décrit avec soin, et voici ce qu'il dit au sujet des dents remarquables de cet animal : « Avec des dents ainsi construites, de façon à

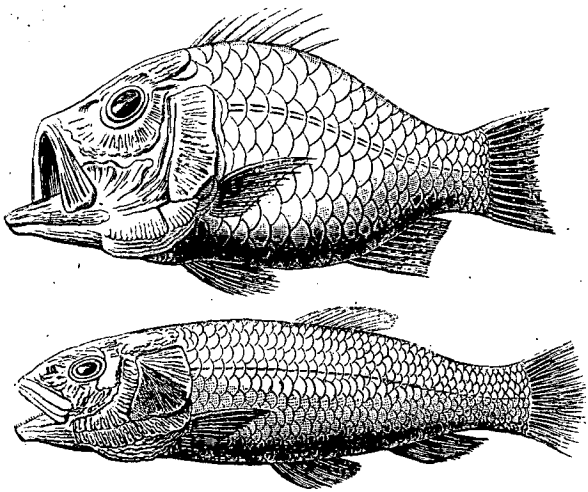


Fig. 71. — Poissons de la période crétacée.

couper de toute la longueur de leur bord concave, chaque mouvement des mâchoires produit l'effet combiné d'un couteau et d'une scie, en même temps que le sommet opère une première incision comme le ferait la pointe d'un sabre. »

L'*Iguanodon* (animal aux dents d'iguane) était un crocodile plus gigantesque encore, et sa taille atteignait jusqu'à 16 mètres de longueur !

On conçoit que dans les siècles précédents, alors que les notions de la géologie n'étaient pas encore créées, la vue de tels ossements au sein de la terre devait exciter un étonnement profond et donner naissance à de singulières hypothèses. Le *Mosasaurus* de Camper (fig. 72),

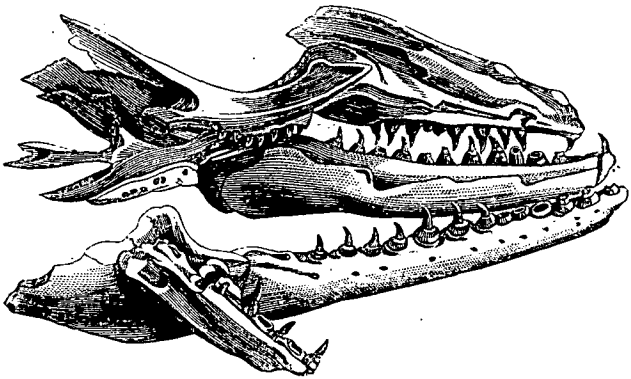


Fig. 72. — Tête du Mosasaure de Camper.

formidable saurien des terrains crétacés supérieurs, a une histoire curieuse, qui est digne d'être rapportée. Pendant longtemps, il fut connu sous le nom de Grand animal de Maëstricht, parce que c'est aux environs de cette ville que l'on en rencontra les débris. Cet échantillon paléontologique des plus remarquables excita vivement l'imagination des faiseurs de théories; les uns y voyaient la tête d'un crocodile, d'autres celle d'une baleine.

Quand, en 1795, Kléber s'empara de Maëstricht, Faujas de Saint-Fond, attaché à l'armée du Nord comme *commissaire des sciences*, réclama la précieuse relique

fossile et l'expédia avec tous les soins possibles au Muséum d'histoire naturelle de Paris. Il allait appartenir plus tard à un naturaliste émérite, Adrien Camper, de démontrer que l'animal de Maëstricht n'était ni un poisson ni une baleine, ni un lézard, mais bien un saurien particulier, qui tenait tout à la fois de l'iguane et du monitor. La mâchoire seule du Mosasaure (saurien de la Meuse) a plus d'un mètre de longueur ; son corps devait avoir environ 8 mètres d'étendue.

Si la faune crétacée offre, comme on le voit, un puissant intérêt ; la flore de cette époque est, par contre, assez pauvre. Le nombre connu des végétaux crétacés ne s'élève pas au delà de trois cents : ce sont surtout des fougères, des conifères, quelquefois rapportés à des palmiers. Le règne végétal n'a plus la puissance et l'ampleur qu'il présente aux âges précédents ; la plante paraît dégénérer, tandis qu'au contraire l'animalité prend une vigueur extraordinaire.

Ainsi l'aperçu rapide des temps secondaires nous offre encore de précieux enseignements au sujet de la formation des êtres vivants ; les reptiles, qui se placent dans nos classifications après les poissons, sont nés ; ils se sont développés avec une vitalité extraordinaire ; ils vont bientôt dégénérer. Des mammifères ont en même temps commencé à paraître, mais ce sont des mammifères incomplets, didelphes, où les petits sont en quelque sorte greffés, comme chez nos sarigues, à la mamelle de leur mère.

CHAPITRE V

L'AGE DES MAMMIFÈRES

I

L'époque tertiaire. — Apparition de la faune actuelle. — Terrains éocènes, miocènes et pliocènes. — Extraordinaire richesse de ces terrains en fossiles. — Dix-sept mille espèces. — Les foraminifères. — Les mammifères. — Les pachydermes. — Cuvier et les mammifères de Montmartre.

A l'époque tertiaire, une nouvelle faune apparaît; les êtres vivants se dépouillent des formes anciennes des âges précédents; une génération inconnue jusqu'ici va se mouvoir à la surface des continents; et pour la première fois les animaux vont offrir une ressemblance marquée avec ceux de la faune actuelle. Aussi certains naturalistes ont-ils cru pouvoir affirmer que nous vivons encore à l'époque tertiaire.

Parmi les vertébrés, la classe des mammifères l'emporte sur toutes les autres, et dans le règne végétal ce qui domine ce sont les plantes à fruits, analogues à celles de notre époque.

Malgré la présence des vertébrés sur les continents, les océans ne se dépeuplent pas. Les êtres marins de toutes classes y fourmillent ; ils ne le cèdent en rien par leur nombre, par la variété de leurs formes, aux populations des mers modernes. Mais les nouveaux mollusques à coquilles qui en traversent les flots, offrent désormais une ressemblance frappante avec ceux que le naturaliste étudie aujourd'hui. On ne voit plus depuis longtemps dans les mers, ni les trilobites des âges antérieurs, avec leur tête comprimée, munie de grands yeux à facettes; on n'y rencontre plus les nautiliens, avec leurs chambres cloisonnées, enfermés dans leur belle enveloppe, qui se parait à l'infini de délicates ciselures et de charmantes arabesques. Ils ne sont plus, ces rois du monde des mollusques ; il ne reste de leur gloire passée que des dépouilles, des empreintes ou des coquilles ! Mais les lois immuables qui gouvernent les mondes existent toujours, la succession des êtres se continue ; les formes organiques changent sans cesse; la terre n'en est pas moins belle pour avoir d'autres habitants. Au contraire, elle se revêt de charmes nouveaux avec l'apparition des mammifères, qui va précéder celle de l'humanité ! Le progrès n'est pas un vain mot, et dans cette imposante histoire terrestre, nous voyons l'intelligence se développer peu à peu dans la suite des âges.

Les sédiments stratifiés déposés pendant la période tertiaire n'ont pas une très grande puissance et sont bien inférieurs aux trois groupes des terrains précédents. Aussi les trois systèmes que l'on admet dans le terrain tertiaire : *éocène* ancien, *miocène* moyen et *pliocène* récent, ne sont-ils pas toujours faciles à distinguer l'un de l'autre.

Les fossiles de ces trois périodes successives des temps tertiaires sont d'une grande richesse : on n'en compte pas moins de dix-sept mille espèces. Ils comprennent des animaux à sang froid et présentent un grand nombre d'êtres appartenant aux embranchements inférieurs du règne animal. Les foraminifères se multiplient avec une prodigieuse fécondité, les polypiers et les échinodermes abondent, ainsi que les mollusques et les gastéropodes.

Ce n'est pas en descendant le plus bas possible dans l'échelle des êtres que nous verrons diminuer notre admiration ; si les grands mammifères fossiles nous surprennent par la puissance de leur squelette, les formes microscopiques anciennes ne sont pas moins saisissantes par la beauté de leur structure, par l'abondance de leurs vestiges, par l'énormité du travail qu'elles ont été appelées à accomplir ici-bas. La nature se joue avec l'infini et recèle le mécanisme imposant de ses créations, aussi bien derrière les nébuleuses que derrière les atomes. Les infusoires ont contribué à l'édification des bancs de craie. Malgré l'infime ténuité de leurs débris, leurs dépouilles ont formé des massifs sédimentaires, auprès desquels les ossuaires d'éléphants

ne sont rien. Ces infiniment petits ne restent pas inactifs dans les temps tertiaires, où ils donnent naissance à des dépôts d'une extraordinaire puissance. Un grand nombre d'entre eux ont produit par leurs débris un sable siliceux, tout blanc, presque impalpable. Il n'est pas un grain de cette poussière qui n'ait appartenu à un de ces petits êtres vivants, dont le vêtement siliceux est aussi bien sculpté que celui des anciens ammonites; l'observateur recule de stupeur quand il contemple à travers le microscope les admirables vestiges de ces « atomes vivants. » Le plus petit grain de ce sable est tout un monde, que le grand Erhenberg, ce Galilée de l'infiniment petit, a révélé à la science. L'immense plaine septentrionale de l'Allemagne est entièrement recouverte par les cadavres d'animalcules, qui en font aujourd'hui de vastes plages de sable fin. Ces infusoires, marins et calcaires, abondent dans les terrain tertiaires. Erhenberg a su débrouiller ce chaos ; il s'est pris de passion pour l'étude de ces petits êtres ; il fit pour eux ce que Cuvier avait fait pour les colosses fossiles ; il les classa méthodiquement et en représente les formes singulières. Quelques coquilles du goupe des foraminifères, le plus important de ous, offren sous l'œil du microscope une analogie frappante avec la maison cloisonnée des nautiles. Leur coquille, se petite, qu'elle n'excède pas souvent la dimension de la plus fine pointe d'une aiguille, est ouverte de trous innombrables, à travers lesquels passaient de nombreux pieds mobiles, hérissés comme une touffe de racines.

« Les coquilles des foraminifères à l'état fossile

forment à elles seules des chaînes entières de collines élevées et des bancs immenses de pierre à bâtir. Le calcaire grossier des environs de Paris est dans certains endroits tellement rempli de ces dépouilles, qu'un centimètre cube des carrières de Gentilly, carrières par couches d'une grande épaisseur, en renferme au moins vingt mille, ce qui fait, par mètre cube, le chiffre énorme de *vingt milliards*. Quand nous passons près d'une maison en démolition, ou d'un édifice que l'on construit, et que nous sommes enveloppés par un nuage de poussière qui pénètre dans notre gosier, nous avalons souvent, sans nous en douter, des centaines de ces infiniment petits. Comme tous les édifices de Paris et une grande partie des maisons des départements voisins sont bâtis avec des pierres extraites des carrières des environs, il est évident que, sans exagération, la capitale de la France et beaucoup de villages et de villes tout autour sont construits avec des carcasses de foraminifères..... Les foraminifères ont donc sécrété une partie du sol sur lequel nous marchons, des maisons qui nous abritent et des édifices que nous léguons à la postérité. Chaque animalcule a fourni son grain solide, chaque race a déposé sa couche imperceptible, et Dieu, qui préside à ce mystérieux travail, a rassemblé ces grains et ces couches dans la durée des siècles, et en a composé des masses importantes[1]. »

C'est encore aux terrains tertiaires qu'il faut rapporter les débris des plus grands des foraminifères, les nummulites, ainsi désignés par les géologues, parce

[1] Moquin Tandon.

qu'ils offrent l'aspect d'une petite pièce de monnaie. Les formations nummulitiques atteignent souvent des dimensions gigantesques; elles constituent la partie méridionale de l'Europe, des Alpes aux Apennins; elles se retrouvent dans les Carpathes, dans le Maroc, dans l'Asie Mineure et jusque dans l'Inde [1].

Tous les fossiles des temps tertiaires nous indiquent bien en quelque sorte les premiers débuts de l'âge actuel, les reptiles se rapprochent visiblement de ceux qui vivent aujourd'hui; les oiseaux laissent de leur passage sur la terre à cette époque d'assez nombreux débris.

Mais, comme nous l'avons indiqué précédemment, ce sont surtout les mammifères qui méritent de fixer l'attention du naturaliste. Tous les ordres y apparaissent; leur importance devient tout à fait prépondérante, et forme le plus saillant caractère de cet âge du monde. Tout d'abord ce sont des *pachydermes* appartenant à quelques genres éteints, des *carnassiers* et des *rongeurs*, puis viennent des *proboscidiens* avec des *amphibies*, des *ruminants* et des *insectivores*, des *quadrumanes* et peut-être même des *bimanes*, c'est-à-dire l'espèce humaine. Les fossiles abondent dans toutes les couches tertiaires, mais c'est à l'aide de l'étude de leur distribution verticale que l'on a pu établir leurs subdivisions en trois périodes distinctes, auxquelles nous n'attachons d'ailleurs qu'une faible importance, car nous ne saurions trop répéter que ces divisions admises par la science, pour faciliter l'étude, sont

[1] Alcide d'Orbigny. *Paléontologie des coquilles et des mollusques.*

absolument artificielles. Quoi qu'il en soit, jamais l'ordre progressif dans la formation de l'organisme n'a mieux apparu qu'aux temps tertiaires, jamais le nombre des vestiges de l'animalité n'a été aussi abondant.

Les couches inférieures de l'époque tertiaire sont caractérisées par la prépondérance numerique des pachydermes ; une véritable légion de ces animaux sont enfouis aux portes mêmes de notre capitale, dans les carrières de Montmartre ou de Pantin, où pas un bloc de pierre n'en est exempt, et qui furent pour Cuvier l'occasion de quelques-unes de ses impérissables découvertes. C'est là que le grand naturaliste puisa les plus importantes ressources de la science des êtres fossiles, et qu'il apprit à faire revivre ces *mammifères de Montmartre*, dont quelques rares ossements lui suffisaient pour en faire la résurrection. Les pachydermes les mieux connus, les *Palæotherium*, les *Anoplotherium* et les *Xiphodon* apparurent de la sorte aux yeux de la science. Un grand nombre de découvertes postérieures allaient venir confirmer les vues de Cuvier, quelques autres aussi, et notamment celle toute récente du *Palæotherium magnum*, de Vitry, devaient y apporter des rectifications importantes.

Il n'est pas sans intérêt de bien faire ressortir l'ordre de succession des mammifères aux temps tertiaires ; l'étude si importante, si minutieuse qui a été faite des terrains superposés de ces âges anciens, nous autorise à essayer de donner le tableau chronologique des formes qui y ont vécu aux diverses périodes.

SUPERPOSITION DES TERRAINS TERTIAIRES	SUPERPOSITION CHRONOLOGIQUE DES MAMMIFÈRES FOSSILES.
TERRAINS PLIOCÈNES (tertiaires supérieurs ou *subapennins*).	Cet étage est caractérisé par ses *rhinocéros*, ses *éléphants* et ses *hippopotames*. Apparition de singes du genre *Pythecus*, abondance de *chauves-souris*, de *lièvres*, de *castors*. — Rongeurs (*marmotes, compagnols*, etc.). — Carnivores (*ours*). — Genre *Hipparion*, très voisin du cheval. — *Antilopes*. — Nouveaux *éléphants*, nouveaux *mastodontes*. — Cétacés (*baleines, dauphins, cachalots*). — Apparition probable de *l'homme*.
TERRAINS MIOCÈNES tertiaires moyens).	Cet étage est caractérisé par des animaux de taille gigantesque, des énormes probiscidiens, éteints aujourd'hui, et tels que le *mastodonte* et le *dinotherium*. — Apparition de 148 genres nouveaux. Nouveaux pachydermes (*rhinocéros, cochon, tapir, hippopotame*, etc.). — Ruminants (*cerf, antilope, chameau, girafe, brebis, bœuf*, etc.). — Carnassiers (*hyène, chat, loutre*, etc.). — Rongeurs (*rat, castor ; porc-épic*, etc.). — Insectivores (*musaraignes, taupe, hérisson*, etc.). — Singes. — Lamantins. — Cétacés.
GYPSE DE MONTMARTRE (éocène supérieur ou étage *parisien*).	Genres restaurés par Cuvier. Abondance des pachydermes (*Palæotherium, Xyphodon, Paloplotherium*, etc.). — Nouveaux genres de carnassiers (*chiens*, etc.). — Rongeurs (*écureuils, loirs*, etc.). — Cheiroptères (*chauves-souris*).
Couches de CALCAIRE GROSSIER (ou éocène moyen).	Pachydermes (*Palæotherium, Diphiodon*, etc.). — Chauve-souris. — Singe. — Sarigue. Les terrains *parisiens* offrent environ 120 genres nouveaux inconnus dans les terrains *suessoniens*.
TERRAINS INFÉRIEURS de l'étage *éocène*. — Terrains tertiaires inférieurs (éocène)—(étage *suessonien* ou *nummulitique* de M. A. d'Orbigny).	Apparition des monadelphes. — Pachydermes (genres *Coryphodon* et *Artocyon*). — Carnassiers (genre *Palæonictis*). — Ces terrains ont offert plus de 150 genres nouveaux, inconnus dans les terrains crétacés.

Ferons-nous de ces êtres si nombreux, si variés, une étude complète? Non. Ce serait nous engager dans le domaine de la zoologie. Mais nous choisirons parmi ces animaux fossiles quelques-uns de ceux qui n'ont plus de représentants sur la terre actuelle, et qui caractérisent particulièrement l'époque à laquelle ils ont appartenu. Nous poursuivrons cette étude en envisageant surtout les découvertes les plus récentes et les moins connues.

II

Le palæotherium magnum de Vitry. — Importance de cette découverte. — Photographie de son empreinte. — Ce qu'est le palæotherium. — Observations de M. P. Gervais. — L'anoplotherium. — Le xiphodon. — L'oiseau à dents de l'argile de Londres. — Les poissons fossiles de Puteaux. — L'hemirhynchus.

Les collections paléontologiques du Muséum se sont enrichies d'un squelette entier d'un de ces animaux les plus remarquables des temps tertiaires, du *Palæotherium magnum ;* les os sont en quelque sorte incrustés dans un grand bloc de gypse et de marne, exposé dans la salle d'entrée des galeries d'anatomie (fig. 73).

Nous reproduisons au sujet de cette pièce d'un haut intérêt les documents qui nous ont été communiqués par un naturaliste éminent, d'après les observations de M. P. Gervais, et qui offrent un intérêt particulier en ce sens qu'ils modifient singulièrement les idées que l'on s'était faites jusqu'ici sur un des êtres les plus importants des temps tertiaires [1].

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* séance du 22 décembre 1873.

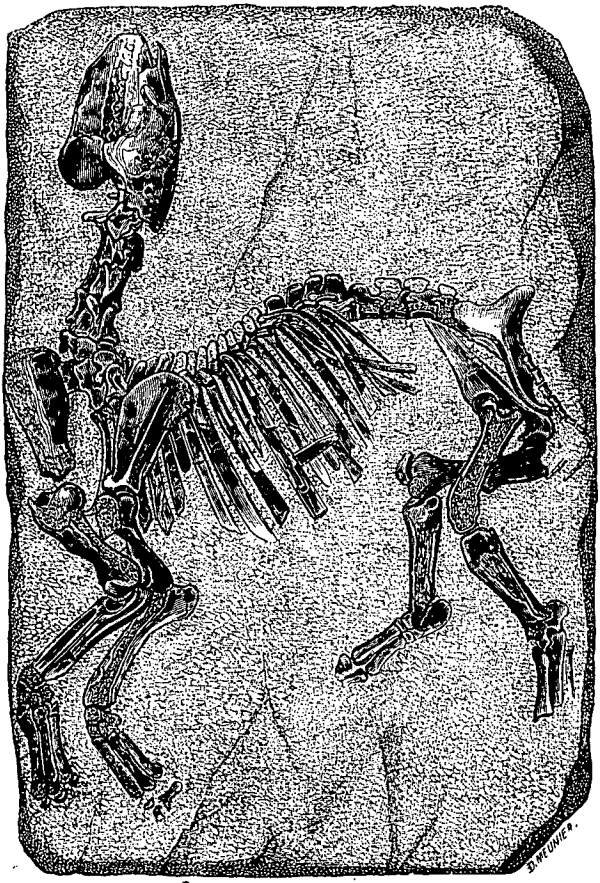


Fig. 75. — *Palæotherium magnum* de Vitry.
(Muséum d'histoire naturelle de Paris.)

Le *Palæotherium magnum*, dont le nom signifie animal ancien, se rattache à l'ordre des jumentés, c'est-à-dire au groupe d'animaux qui comprend, entre autres, dans la nature vivante, les rhinocéros, les tapirs et les chevaux. Toutes les collections paléontologiques, même les plus humbles, étaient abondamment pourvues depuis longtemps de débris ou de parties plus ou moins complètes de ce fossile, mais on n'avait pas encore eu la bonne fortune d'en découvrir un squelette entier. Le résultat de l'examen de la nouvelle pièce fossile a démontré que l'on s'était fait jusqu'ici une idée très inexacte de ce qu'était cet animal en lui attribuant les proportions et la conformation du tapir, ainsi que l'avait supposé Cuvier. Loin d'être lourd et presque massif, comme on le pensait, le *Palæotherium magnum* vient de se révéler comme un animal très gracile, d'un port fort élégant, dont l'encolure est encore plus allongée que celle du cheval, et qui semble assez exactement modéle extérieurement sur le même type que le lama. Sans vouloir aborder l'étude détaillée de sa structure ostéologique, nous dirons seulement que le *Palæotherium magnum* était un peu plus petit qu'un cheval de taille moyenne. On compte trois doigts à chaque pied ; la tête, à peu près conforme à celle du tapir, avait probablement aussi un rudiment de trompe ; le fémur porte un troisième trochanter ; le système dentaire est composé, à chaque mâchoire de six incisives, quatre canines et quatorze molaires, ces dernières ayant de l'analogie avec les mêmes dents chez les rhinocéros,

Le *Palæotherium magnum*, comme tous ses congénères, dont on connaît aujourd'hui une dizaine d'espèces environ, était herbivore et vivait sans doute par grands troupeaux. Son existence, comme nous l'avons dit, remonte à la partie moyenne de la période éocène, qui comprend les dépôts de gypse ou leurs équivalents géologiques, où l'on rencontre ses restes, ainsi que ceux de toutes les autres espèces du même genre. Cependant il avait fait apparition avant la formation gypseuse, et l'on a observé sa présence jusque dans les lits du calcaire grossier qui sont inférieurs à cette même formation et par conséquent plus anciens qu'elle.

Le nouveau Palæotherium provient d'une plâtrière située près de Vitry, et a été donné au Muséum par le propriétaire de cette exploitation, M. Fuchs.

La carrière de Vitry est souterraine ; on y pénètre par un long couloir qui s'étend au-dessous d'un massif considérable. L'exploitation a taillé dans le bloc de pierre des galeries qui s'entre-croisent à angle droit et qui donnent naissance à une série de chambres rectangulaires, qui séparent des piliers. Les restes du Palæotherium se sont rencontrés sur le plafond d'une de ces chambres. M. P. Gervais, avant de proposer à l'administration du Muséum le transport dispendieux d'une pièce de cette importance, en fit prendre un cliché photographique. Nous représentons, d'après des documents authentiques, cette intéressante opération, qui a été exécutée par MM. Molteni et Serrin, sous les yeux même de M. P. Gervais. Une lampe électrique lance ses rayons sur les débris du Palæotherium, et tandis qu'un

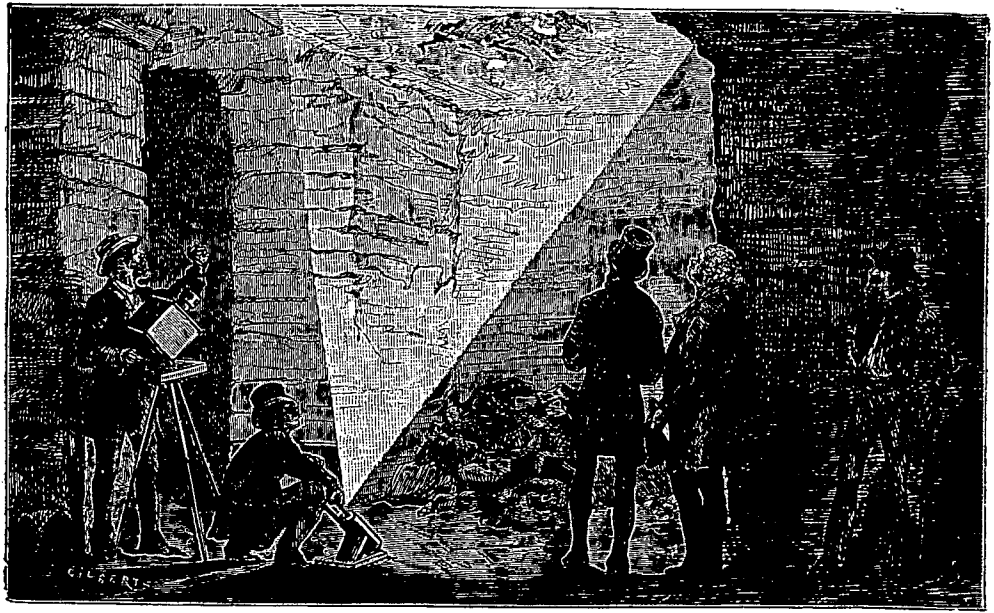


Fig. 74. — Photographie à la lumière électrique du Palæotherium magnum, dans les carrières de Vitry.

objectif photographique, incliné de bas en haut, va recevoir l'image du fossile, et la recueillir sur la plaque collodionnée. Le Palæotherium de Vitry s'est rencontré dans la carrière, couché sur le flanc, et dans une situation parfaitement horizontale, comme s'il avait trouvé la mort par la submersion dans l'eau. Depuis combien de siècles ce squelette était-il emprisonné dans le massif de pierre? C'est ce que nul ne saurait dire, mais bien des générations se sont succédé sur le globe, depuis le jour où cet être parcourait les prairies verdoyantes, jusqu'au moment où un appareil photographique se trouva braqué sur ses débris.

Le Palæotherium, vivait sur les continents tertiaires, avec un grand nombre d'autres animaux, dont nous passerons en revue les plus curieux.

L'*Anoplotherium* se compte au nombre de ses contemporains; c'est un herbivore qui devait avoir la taille d'un âne; il se distingue par une queue d'une longueur démesurée, et qui lui servait à se diriger quand il nageait au sein des fleuves et des lacs, où il cherchait sans doute un pâturage aquatique. « D'après ses habitudes de nager et de plonger, l'Anoplotherium, dit Cuvier, devait avoir le poil lisse comme la loutre; peut-être même sa peau était-elle demi-nue. Il n'est pas vraisemblable non plus qu'il ait eu de longues oreilles, qui l'auraient gêné dans son genre de vie aquatique, et je pense qu'il ressemblerait à cet égard à l'hippopotame et aux autres quadrupèdes qui fréquentent beaucoup les eaux. » Il existait des Anoplotheriums de dimensions très différentes, on en trouve de la taille des

lièvres, on en rencontre même qui ne sont guère plus gros qu'un de nos rats.

Le *Xiphodon* était d'une grande délicatesse de forme et devait être aussi léger que la gazelle. « Sa course n'était point embarrassée par une longue queue; mais comme tous les herbivores agiles, il était probablement un animal craintif, et de grandes oreilles très mobiles, comme celles du cerf, l'avertissaient du moindre danger. Nul doute enfin que son corps ne fût couvert d'un poil ras, et par conséquent il ne manque que sa couleur pour le peindre tel qu'il animait jadis cette contrée où il a fallu en déterrer, après tant de siècles, de si faibles vestiges[1]. »

Au premier temps de l'époque tertiaire, l'air était peuplé d'oiseaux, comme l'attestent quelques fossiles, notamment le *Gastornis parisiensis*, dont les débris ont été recueillis à Montmartre, par M. Gaston Planté.

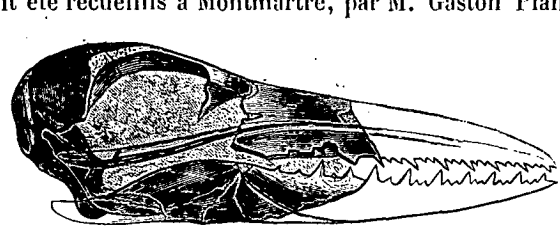


Fig. 75. — Crâne de l'oiseau à dents de l'argile de Londres. (*Odontopteris*. — R. Owen.)

C'est au terrain éocène inférieur qu'appartient encore le remarquable crâne de l'oiseau à dents de l'argile de Londres, découvert à Sheppey, et auquel M. le professeur

[1] Cuvier, *Les ossements fossiles*.

Owen a consacré de longs travaux. Nous représentons cette pièce curieuse (fig. 75) en reconstituant les parties incomplètes qui n'ont pas été retrouvées. Ce crâne présente, comme on le voit, le long du bord des mandibules des dents ou plutôt des protubérances osseuses, qui lui donnent au premier abord quelque ressemblance avec l'ancien Ptérodactyle. Mais ici il s'agit d'un oiseau et non pas d'un reptile, comme l'a démontré d'une façon irrécusable le savant paléontologiste anglais. Cet oiseau, bien digne d'intérêt, a été nommé l'*Odontopteris*.

Les mers sont habitées par de nombreux poissons qui n'offrent plus les caractères des anciennes espèces, et dont l'épine dorsale s'arrête à la nageoire terminale, comme chez les poissons modernes. Quelques-uns de ces organismes des temps éocènes offraient une conformation des plus singulières ; on en jugera par le *Semaphorus velicans* d'Agassiz (fig. 76).

C'est encore aux portes de Paris que l'on a mis tout récemment la main sur un objet précieux, sur un banc de trois mètres de longueur, et entièrement rempli d'empreintes de poissons fossiles, qui, quoique d'une époque moins ancienne que les précédents, n'en sont pas moins remarquables : ils sont gravés sur une plaque de calcaire grossier qui appartient à l'âge moyen des temps éocènes, et qui s'est trouvée dans des carrières de craie. La découverte s'en est faite à Puteaux et a d'abord été examinée par M. Stanislas Meunier, à qui nous céderons la parole pour en faire la description.

« Je me rendis à Puteaux, dit le savant aide-natu-

raliste du Muséum, et je pus admirer encore en place la merveilleuse trouvaille. Les poissons, conservés jusque dans les moindres détails de leur squelette et de

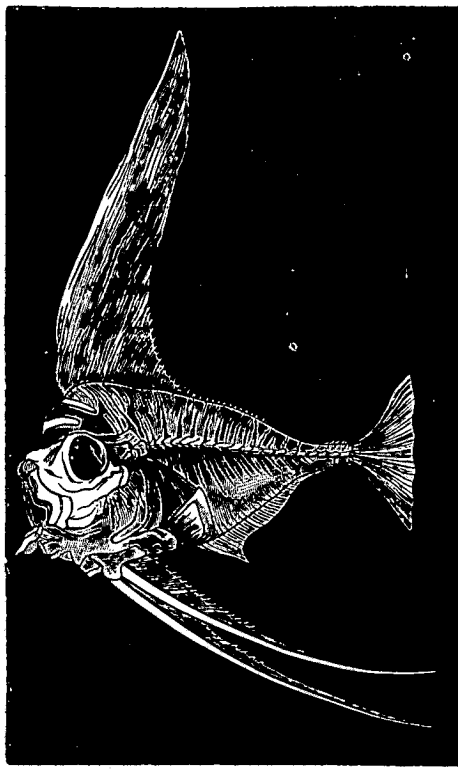


Fig. 76. — *Semaphorus velicans* (1/8 de grandeur naturelle).

leur tégument, étaient accumulés les uns sur les autres et semblaient avoir succombé à la suite d'une action

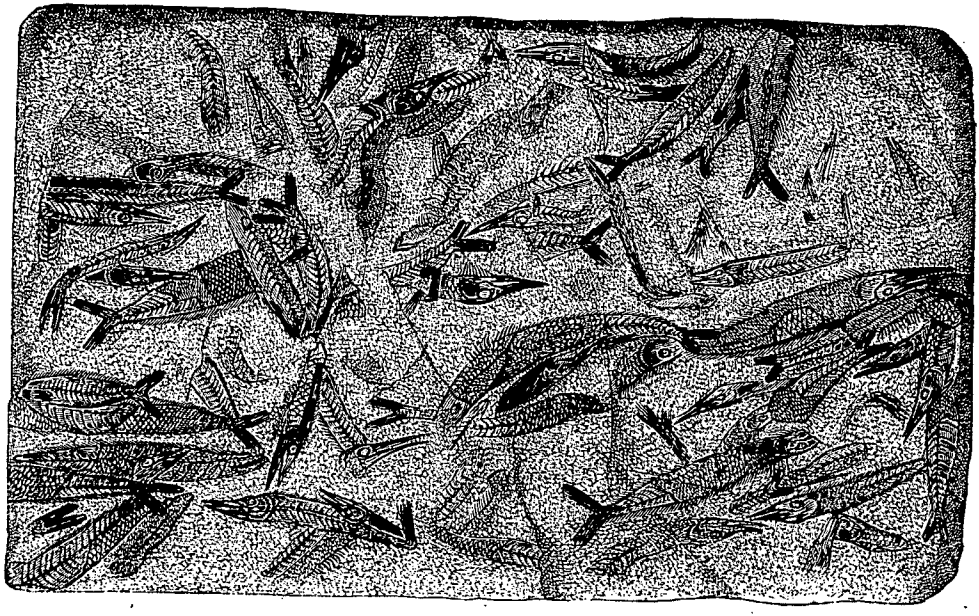


Fig. 77. — Les poissons fossiles de Puteaux. (Pièce paléontologique du muséum d'histoire naturelle de Paris.)

violente. On aurait dit qu'un cataclysme local avait subitement desséché la mer qu'ils habitaient ou que l'arrivée d'émanations empoisonnées en avait tout à coup rendu les eaux mortelles. Du moins n'expliquerait-on pas aisément d'une autre manière les contorsions que présentent souvent ces animaux et qui rappellent les allures tourmentées des poissons fossiles du Mansfeld et d'ailleurs. Je pris parmi les débris entassés par les carriers un certain nombre de morceaux bien conservés, qui furent déposés dans la collection du Muséum, et leur étude montre que l'animal dont les vestiges étaient ainsi retrouvés n'est autre que l'*Hemirhynchus Deshayesi*, d'Agassiz, poisson rarissime jusque-là.

« Quand il créa le genre *Hemirhynchus*, Agassiz n'avait à sa disposition qu'un échantillon incomplet; aussi écrivait-il : « Il est à regretter que cette espèce, si importante en ce qu'elle établit un passage entre deux types assez différents, ne soit pas connue dans tous ses détails. Nous n'en connaissons jusqu'ici que la tête et une partie de la colonne vertébrale, mais à en juger par sa physionomie générale, il paraît que c'était un poisson très allongé. » Depuis cette époque, M. le professeur Paul Gervais a inséré dans son bel ouvrage, *Zoologie et Paléontologie françaises*, une figure d'un échantillon beaucoup plus complet de l'Hemirhynchus, ou peut-être d'un poisson un peu différent, qui, ayant les deux mandibules sensiblement égales, doit se ranger dans le genre *Palœorhinchus* de Blainville. En 1855, M. Hébert retrouva trois échantillons incomplets de l'*Hemirhynchus* à Nanterre, et montra que réelle-

ment les mâchoires sont inégales, comme l'avait signalé Agassiz en asseyant sur ce fait la caractéristique du genre qu'il créait. Enfin, l'année dernière, M. Van Beneden signalait dans le terrain bruxellien un fragment de poisson qui paraît appartenir à l'hemirhynchus et dont les vertèbres sont admirablement conservées ; mais c'est à peu près tout ce qu'on savait jusqu'au moment de la découverte de Puteaux au sujet de cet animal.

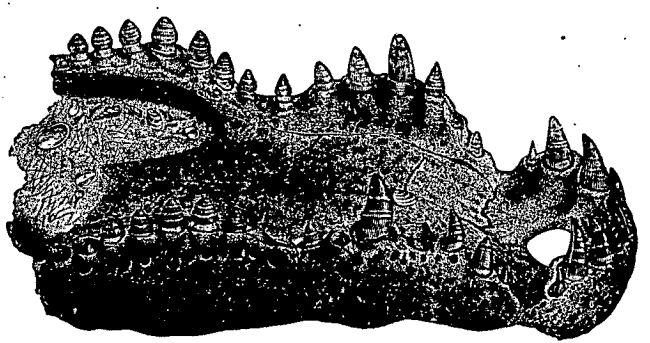


Fig. 78. — Mâchoire de l'alligator de l'île de Wight.

« On conçoit combien il était désirable d'assurer la conservation des empreintes de Puteaux, en les faisant figurer au Muséum de notre grande collection nationale. Mais des difficultés de plus d'un genre s'opposèrent pendant longtemps à leur acquisition. C'est seulement au bout de deux années que la grande plaque, de plus de trois mètres de côté (fig. 77), put être enfin transportée au Jardin des Plantes. »

Les batraciens, les grenouilles, qui apparaissent pour la première fois, les salamandres se rapprochent des formes actuelles, les tortues et les crocodiles remplissent encore les océans tertiaires ; parmi ceux-ci quelques-uns nous ont laissé des débris très complets, comme l'atteste la belle pièce paléontologique dont nous donnons l'aspect, et qui représente la mâchoire d'un animal, formidable, désigné sous le nom d'*Alligator de l'île de Wight* (fig. 78).

III

Le dinotherium ou le plus grand mammifère terrestre. — Le mastodonte ou animal de l'Ohio. — Le père des bœufs. — Dents en forme de mamelon. — Les animaux fossiles de l'Attique. — Recherches de M. A. Gaudry. — Les singes fossiles. — Apparition des troupeaux. — Les oiseaux des terrains miocènes de l'Allier. — Travaux de M. A. Milne-Edwards. — Le rhinoceros tichorinus. — L'homme tertiaire.

Quittons ces vestiges de poissons et de batraciens, quelque intérêt qu'ils puissent offrir; abandonnons ces continents peuplés de palæotheriums agiles, ces océans remplis de poissons bizarres, ces rivages que sillonnent les crocodiles; montons d'un degré dans les terrains tertiaires; gravissons un nouvel étage dans cette sublime superposition de musées naturels; envisageons les êtres nouveaux qui vont s'offrir à nos regards. Parmi ceux-ci, nous trouverons un grand nombre de mammifères, des singes, des chauves-souris, des rongeurs, nous aurons à jeter les yeux encore sur une population d'oiseaux et de reptiles, dont les caractères se rapprochent de plus en plus des animaux de l'époque moderne. Mais nous allons tout d'abord nous arrêter devant de véritables géants, les plus formidables qui se soient jamais montrés dans l'échelle des êtres.

Parmi les mammifères se présentent en effet des qua-

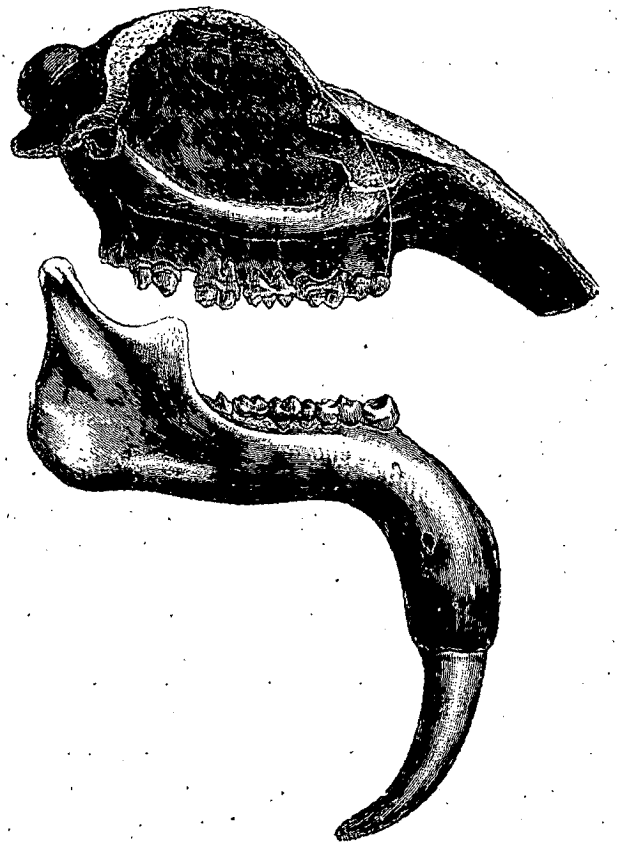


Fig. 59. — Tête de Dinotherium

drupèdes remarquables par leurs dimensions extraordinaires. Le *Dinotherium* (terrible animal) est le

plus digne de fixer notre attention : c'est le plus colossal habitant de la surface des continents.

La tête que nous représentons (fig. 79) a été découverte en 1836 dans les terrains miocènes du grand-duché de Hesse-Darmstadt; elle atteint presque la longueur du corps d'un homme et mesure $1^{m},50$ de longueur sur un mètre de large. Les défenses, dignes de la bête, sont portées à l'extrémité inférieure du maxillaire inférieur, et recourbées de haut en bas comme chez les morses. La présence de trous sous-orbitaires très apparents permet de supposer que l'animal devait être muni d'une trompe.

Le Dinotherium est un pachyderme énorme, qui, comme bien des géants, avait probablement des mœurs assez douces : malgré l'énorme dimension de sa taille, il ne semble pas qu'il dût être féroce, car il était herbivore comme notre éléphant; comme lui, il recueillait à l'aide de sa trompe, les herbes qui lui servaient de nourriture. Il s'en prenait innocemment aux végétaux et n'offrait pas la cruauté de ces terribles reptiles des temps jurassiques.

Le *Mastodonte*, quoique moins grand que le *Dinotherium*, n'en offre pas moins une dimension respectable; c'est encore un des animaux dont les géologues ont depuis longtemps recueilli les plus abondants débris. Il ne dépassait pas la hauteur d'un éléphant, et comme cet animal il devait être muni d'une trompe. Ses défenses, très allongées, sont au nombre de quatre. Ses dents molaires constituent le caractère le plus saillant de son organisme : elles sont rectangulaires et présen-

tent à la surface de leur couronne des tubérosités saillantes et arrondies, qui les rapprochent de celles de l'hippopotame.

Les premiers ossements fossiles de mastodonte ont été découverts en Amérique, en 1705, dans un sol qui constitue actuellement l'État de New-York; ils furent trouvés dans un marais tourbeux, et rapportés en France, où Daubenton et Buffon les étudièrent; Buffon le décrivit sous le nom d'*Animal de l'Ohio*, mais il s'égara dans les appréciations que lui suggéra l'examen des dents, et il crut pouvoir affirmer que cet être disparu était six ou huit fois plus grand que notre éléphant actuel.

En 1801, un naturaliste américain, Peale, trouva au bord de l'Hudson plusieurs squelettes de mastodontes; l'un d'eux, reconstitué, fut exposé à Philadelphie: quelques années plus tard, le professeur Barton découvrit un grand nombre de vestiges de mastodontes dans le sol de la Virginie. Les restes de ce grand animal ne sont pas rares dans l'Amérique du Nord, et les sauvages du Canada et de la Louisiane les connaissent depuis la plus haute antiquité; ils les considèrent comme les ossements d'une créature fantastique qu'ils appellent le *père des bœufs*.

C'est à Cuvier qu'il allait appartenir de marquer la vraie place de ce fossile dans l'échelle des êtres: il l'appela *mastodonte*, nom dérivé de deux mots grecs qui signifient *dents en forme de mamelon*. Ce grand mammifère a laissé des traces nombreuses de son passage sur la terre. Il y a plus de deux cents ans,

d'après ce que nous rapportent les chroniques du dix-septième siècle, ses os pourraient bien avoir été confondus avec ceux du roi barbare Teutobochus. En 1613, on trouva, en effet, dans une sablonnière du Dauphiné, les ossements formidables de ce roi-géant, et, d'après leur description, toute grossière qu'elle soit, il semblerait qu'ils dussent appartenir à un antique mastodonte.

Quand on connut en Europe les ossements du premier mastodonte de l'Ohio, on crut d'abord que ce remarquable fossile se rattachait à un groupe spécial et nettement défini. Mais depuis quelques années, des naturalistes ont signalé dans les Indes de nouvelles espèces, qui se rapprochent de l'éléphant actuel par les caractères de leurs dents, et qui ont permis à quelques paléontologistes de réunir les mastodontes et les éléphants en un seul et même genre.

Les singes apparaissent dans les terrains miocènes; des travaux récents, dus à M. Lartet et à M. Albert Gaudry, ont jeté une vive lumière sur ce point, en même temps qu'ils ont fourni à la paléontologie des documents très précieux sur d'autres races fossiles non moins intéressantes. Dans le gîte ossifère de Sansas, M. Lartet a découvert des ossements de singes tertiaires. M. Gaudry en a trouvé d'autres dans les terrains de Pikermi.

C'est en Grèce, dans l'Attique, que le savant géologue français a fouillé ce véritable ossuaire d'animaux tertiaires, devenu si célèbre à la suite de remarquables investigations; c'est à Pikermi que M. Gaudry, après des recherches patientes et dignes des plus grands éloges,

n'a pas rassemblé moins de cinq mille pièces paléontologiques.

La faune de Pikermi a offert un intérêt tout particulier en apportant à la science plusieurs types spéciaux qui n'avaient jusque-là jamais été rencontrés antérieurement dans d'autres régions. On compte parmi ceux-ci un singe, trois carnivores, dont l'un est voisin des civettes, et dont les deux autres se rapprochent des martres, deux porcs-épics, un édenté de grande taille, un mastodonte particulier, une girafe, un chevrotin et six formes nouvelles d'antilope.

L'importance des fouilles de Pikermi consiste essentiellement dans l'apport de nouveaux types intermédiaires qui établissent des liens plus étroits entre les espèces fossiles et les espèces vivantes [1].

Un naturaliste émérite, M. Vignes, qui a écrit à ce sujet un travail fort remarquable, insiste sur ce caractère, d'une façon très judicieuse. Nous lui empruntons ses appréciations : « Si Pikermi est favorable à l'étude des types intermédiaires, c'est avant tout parce qu'en raison de la grande quantité de débris qu'il recélait, il a permis de baser les comparaisons sur la plus grande partie du squelette de ses différents hôtes. Il nous montre à combien d'erreurs on s'expose en voulant baser une détermination sur des pièces isolées, surtout si elles appartiennent à des vertébrés; chez ceux-ci la difficulté devenant bien plus grande à cause de la mul-

[1] Albert Gaudry, *Animaux fossiles de l'Attique. — Considérations sur les mammifères qui ont vécu en Europe à la fin de l'époque miocène.*

tiplicité et de la grande variété des éléments dont il faudrait tenir compte, et dont pourtant la plupart font le plus souvent défaut. L'histoire de la science est d'ailleurs là pour prouver que les véritables tours de force qu'a pu se permettre le génie de Cuvier, ne laissent pas d'être téméraires dans beaucoup de circonstances : tel animal a ainsi figuré dans les catalogues à la fois sous le nom de Chèvre et d'Antilope ou sous ceux de Glouton et de Loup ; tel autre a été placé dans la famille des Ours, tandis qu'il représente réellement le type le plus parfait de celle des Chats. La faune de l'Attique comprend un certain nombre de types qui, dans un état de conservation moins complet, auraient parfaitement pu se trouver passibles des mêmes approximations et des mêmes inexactitudes. Une science profonde et une vaste érudition ne sont pas des garants infaillibles puisque rien ne peut suppléer à l'absence de pièces matérielles de quelque importance. Tel animal dont une certaine partie est semblable à la partie homologue d'un type particulier n'est pas, par cela seul, très voisin de celui-ci, car une découverte ultérieure peut montrer qu'il a emprunté la disposition d'une seconde partie aussi essentielle que la première à un autre type plus ou moins éloigné du précédent. Nous en prendrons pour exemple le nouveau mésopithèque de l'Attique. »

Avant les recherches de M. Gaudry dans les terrains de l'Attique, on ne connaissait que de rares débris de singes fossiles, dont le premier ossement avait été signalé dans les couches tertiaires de l'Himalaya. Le singe fossile de Pikermi a pu être reconstitué d'une

façon complète ; et ce qui lui donne un intérêt tout particulier c'est que, par ses caractères mixtes, il se place entre deux genres actuellement vivants. Son crâne et ses dents, examinés isolément, sembleraient devoir en faire un semnipothèque, singe très mince et très élancé de l'Asie méridionale. Ses membres, beaucoup moins grêles que chez ce dernier, le rapprochent au contraire du Macaque. M. Gaudry a voulu rappeler cette double analogie en donnant au curieux singe fossile de l'Attique le nom de mésopithèque (μεσος qui est au milieu, πίθηξ singe).

Ce singe mesurait environ $1^{m},50$, depuis la tête jusqu'à l'extrémité du bassin. La femelle était un peu plus petite que le mâle, comme cela se remarque habituellement chez nos singes actuels. Le nombre des individus recueillis à Pikermi, nous autorise à supposer que les singes tertiaires vivaient comme de nos jours en bandes nombreuses ; mais il nous fournit encore d'autres curieux détails sur ces temps reculés. Si des singes, habitants des pays chauds, prospéraient jadis sur le sol qui devait donner asile à des Alcibiades et des Périclès, n'est-il pas probable que cette contrée était alors soumise à une température beaucoup plus élevée que dans les temps historiques? N'y a-t-il pas là une nouvelle preuve des modifications des climats à travers les âges géologiques, modifications qui ont dû jouer un rôle capital dans l'apparition et la disparition des espèces.

Nous ne quitterons pas l'ossuaire de Pikermi sans signaler encore l'Anchilherium et l'Hipparion, qui, comme le Mésopithèque se sont placés à la façon d'un

trait d'union entre les Équidés et les Rhinocéridés. Il nous serait facile de multiplier les exemples de cette nature en puisant à la source féconde des observations de M. Gaudry.

Les travaux du paléontologiste français sont de ceux qui ont le mieux éclairé le tableau d'une des périodes les plus curieuses des temps tertiaires, en même temps qu'ils ont jeté une vive lumière sur quelques chapitres les plus intéressants du beau livre de la philosophie naturelle. M. A. Gaudry nous démontre encore par ses recherches que les herbivores prennent un grand développement à l'époque du miocène supérieur, que la girafe y atteint une taille considérable, que les antilopes et les cerfs se revêtent de formes très variées ou s'ornent de bois très compliqués. Ce développement tardif des herbivores est digne de fixer l'attention, car ces animaux représentent des types très perfectionnés ; ils signalent enfin une date importante dans l'histoire des êtres, c'est-à-dire celle de l'apparition des troupeaux.

« On doit noter aussi, dit M. A. Gaudry, que ces animaux comptent parmi les plus séduisants de la création, de sorte que non seulement ils ont donné plus de mouvement au monde animal, mais aussi ils ont contribué à l'embellir. Il est permis d'appliquer à la plupart d'entre eux ces mots que Brehm a dit des gazelles : *Elles ont une utilité esthétique.* Qui peut, en effet, voir, sans les admirer et même les aimer, ces bêtes dont le regard est si doux, la tête si fine, les allures si vives, toutes les formes si bien proportionnées ? Quand, par la

pensée, on se transporte au pied du Léberon pendant la fin des temps miocènes, et qu'on se représente les bandes d'hipparions, de trajocères et de gazelles, on admet volontiers que depuis le commencement du tertiaire le monde animal a progressé en beauté. »

Quittons le monde terrestre et jetons les yeux sur le monde aérien, guidé par M. Alphonse Milne-Edwards, qui a retiré des terrains miocènes de l'Allier soixante-dix espèces d'oiseaux, appartenant aux groupes les plus divers, et dont un certain nombre ont disparu complètement du théâtre de notre monde. Des perroquets et des couroucous faisaient entendre leurs ramages sur la cime des arbres, des hirondelles salaganes fendaient l'air de leur vol rapide, des grands marabouts, des grues, des flamants, des ibis, des échassiers, des pélicans, des canards, des cormorans, se promenaient sur les rivages de cet âge ou sillonnaient la surface des eaux ; des nuées de mouettes et de plongeons traversaient l'espace [1]. Le *Palælodas ambiguus* est un des plus remarquables oiseaux des terrains de l'Allier (fig. 80). Il n'avait pas moins d'un mètre de haut ; et, par sa forme comme par ses proportions, il n'a plus de représentant dans la génération ornithologique moderne.

A combien de surprises ne faut-il pas s'attendre, en remuant les couches terrestres que pendant si longtemps l'homme a foulées du pied, sans soupçonner l'existence des merveilles qu'elles recèlent dans leur

[1] *Recherches sur les oiseaux fossiles*, par A. Milne-Edwards.

sein? Qui aurait pu croire, il y a un demi-siècle seulement que des bandes de singes ont autrefois peuplé la Grèce, et que des nuées de flamants ou d'ibis, ont jadis sillonné l'atmosphère qui couvre le sol de la France?

Sur les continents s'élèvent des végétaux qui ne ressemblent plus à ceux des temps précédents; ce sont à présent des fougères, des bambous, des palmiers, des bananiers, des figuiers, des érables, des noyers et des saules, qui protègent le sol d'un doux ombrage, en un mot, des plantes analogues à celles de nos pays chauds ou de nos climats tempérés.

« De cette époque datent des couches puissantes de lignites, résultat de l'accumulation séculaire de tous ces arbres différents. Il semble que la végétation arborescente atteigne alors son apogée. Des *smilacites* enlaçaient comme des lianes ces grands végétaux qui tombaient sur place de vétusté. Quelques parties de la terre nous offrent encore ces grandes scènes de végétation. Elles ont été décrites par les voyageurs qui ont parcouru les régions tropicales, où souvent la nature déploie le luxe le plus grandiose sous des rideaux de nuages qui ne permettent pas aux rayons du soleil de venir éclairer la terre. M. d'Orbigny en rapporte un exemple très intéressant : « J'avais atteint, dit-il, une zone (Rio Chapuré, Amérique du Sud) où il pleut régulièrement toute l'année. A peine aperçoit-on par intervalles les rayons du soleil à travers les rideaux de nuages qui le voilent presque constamment. Cette circonstance, jointe à la chaleur, donne un développement extraordinaire à la végétation. Les lianes tombent de

Fig. 80. — Squelette d'oiseau fossile des terrains tertiaires de l'Allier (*Palælodas ambiguus*, 1/10 grandeur naturelle, d'après M. A. Milne-Edwards).

toutes parts en guirlandes du haut des arbres dont le sommet se perd dans la nue [1]. »

On voit que la succession des êtres a été remarquable dans les temps tertiaires, mais nous n'avons pas encore examiné les terrains qui se sont formés pendant la dernière période pliocène. Les palmiers vont disparaître dans les parages européens; les érables et les chênes vont prendre un développement particulier. Parmi les mammifères, le *chameau*, l'*hippopotame*, le *cheval*, le *bœuf*, le *cerf*, etc., vont naître, les *rhinocéros*, les *singes* vont prendre un développement important, tandis que quelques espèces des périodes précédentes vont s'éteindre, comme le mastodonte.

Le *Rhinocéros tichorhinus* joue un grand rôle dans l'histoire des êtres vivants, et il est intéressant de signaler l'époque de son apparition. Son nom indique son caractère de *cloison osseuse du nez*, qui sépare les deux narines, disposition anatomique que l'on ne trouve plus chez le rhinocéros actuel. Le nez du rhinocéros fossile était surmonté de deux cornes, qui se sont détachées dans la tête dont nous donnons l'aspect (fig. 81).

Le Rhinocéros a déjà commencé à se montrer sur la terre à l'époque miocène; le *Rhinocéros pachyderme* est encore une des pièces les plus curieuses de l'ossuaire de Pikermi. Aux temps pliocènes, c'est le *Rhinocéros tichorhinus* qui apparaît en abondance. Le corps de ce curieux animal était couvert de poils, et sa peau n'offrait pas les callosités rugueuses de celle qui recouvre

[1] Lecoq, *Géographie botanique*.

aujourd'hui notre rhinocéros d'Afrique. L'aspect de cet être fossile est parfaitement connu, car le naturaliste Pallas, en 1772, eut la bonne fortune de recueillir dans les glaces de la Sibérie un Rhinocéros tichorhinus, tout à fait intact, entièrement complet, avec sa chair,

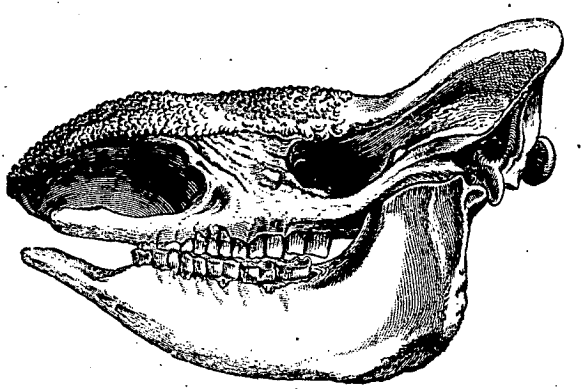


Fig. 81. — Crâne de rhinocéros tichorhinus.

sa peau et ses poils. Une semblable trouvaille est un fait trop rare dans les annales de la géologie pour que nous n'en reproduisions pas les circonstances intéressantes.

« Arrivé à Iakoustk (Sibérie), au mois de mars de l'année 1772, dit Pallas, une des premières choses curieuses qui me furent présentées, ce fut la tête fossile d'un animal énorme, encore pourvue de sa peau naturelle, et à laquelle adhéraient même de nombreux restes de muscles et de tendons. A sa forme et à ce qui restait des cornes, je reconnus sur-le-champ une tête

de Rhinocéros. Frappé d'un fait si étrange, mais encore dans le doute, je fus bientôt confirmé dans mon opinion, quand on me montra aussi les pieds de l'animal, dont la partie de derrière était entière jusqu'au fémur. On voyait encore l'extrémité antérieure de ce pied. On reconnaissait dans tout cela non seulement les traits caractéristiques du rhinocéros, mais encore la peau, et qui plus est, les fibres les plus grosses des chairs durcies. Ces restes me furent donnés par Son Excellence le gouverneur de la province d'Irkoutsk et de toute la Sibérie orientale, le général Adam de Bril, chevalier de la Toison-d'Or. Ils me furent transmis ce même hiver de Iakoutsk par le préfet de cette ville, qui est située sur les bords du Viloui, fleuve qui coule sous le 64° environ de latitude nord, et se jette dans la Léna un peu au-dessous d'Iakoutsk. Je reçus à Iakoutsk, le 27 février 1872, la relation de la découverte de cet animal. Cette relation, composée par le préfet Jean Argounof, et écrite en langue russe, est datée du mois de décembre 1771, d'un petit bourg situé à l'embouchure du Viloui. J'en offris une copie textuelle à l'Académie : Le rhinocéros auquel les membres ainsi retrouvés ont appartenu, n'était ni des plus grands de son espèce, ni fort avancé en âge, comme l'attestent les os de la tête qui sont moins soudés que dans les crânes que j'ai décrits autrefois. Il était toutefois évidemment adulte, comparaison faite de la grandeur de son crâne avec ceux des animaux de même espèce plus âgés qu'on a trouvés à l'état fossile dans les diverses régions de la Sibérie. La longueur entière de la tête, depuis le haut

de la nuque jusqu'à l'extrémité de sa mâchoire osseuse dénudée, était de deux pieds trois pouces et demi de France. Les cornes n'ont point été apportées avec la tête; elles avaient été sans doute enlevées par les eaux du fleuve ou par quelques-uns des chasseurs qui traversent ces contrées. On voit encore des vestiges évidents des deux cornes nasale et frontale. Le front inégal, un peu protubérant entre les orbites, d'une forme ovaire rhomboïdale, est dépourvu de peau, et seulement recouvert d'un léger périoste corné et hérissé de poils tout droits, durs comme de la corne [1]. »

On est loin de posséder des renseignements aussi complets sur tous les animaux fossiles des temps tertiaires; mais on connaît par leurs squelettes un grand nombre d'autres habitants non moins curieux des anciens continents de cet âge du monde terrestre.

C'est encore à l'époque pliocène que le plus grand de tous les cerfs prend naissance; ses ossements ont été trouvés dans les Indes, au sein des monts Sivaleks, où les habitants adorent une idole qu'ils appellent *Siva;* aussi l'a-t-on désigné sous le nom de *Sivatherium*; il atteignait la taille d'un de nos éléphants modernes.

Ce devait être un curieux spectacle que celui de ce formidable animal, parcourant les forêts et les plaines, avec les quatre bois divergents qui couronnaient sa tête. Deux de ces bois étaient solidement plantés en haut du front; et les deux autres presque horizontaux, s'élançaient au-dessus des sourcils; jamais disposition semblable ne s'est vue chez des animaux analogues.

[1] Mémoire de Pallas intitulé : *Sur quelques animaux de la Sibérie.*

Jetons encore les yeux sur d'autres parties du musée d'ossements entassés dans les terrains supérieurs des temps tertiaires ; faisons revivre ces antiques squelettes enfouis depuis tant de siècles dans les sédiments. Voici des salamandres énormes qui atteignent la taille de nos crocodiles ; voici, au milieu des mers, des cétacés, gigantesques mammifères marins, des dauphins, des baleines qui prennent leurs ébats au milieu des flots, voici des phoques et des narvals. Les ossements de baleines tertiaires ont été recueillis en grand nombre, en Écosse par M. Cortesi, et jusque dans le sous-sol de la cave d'un marchand de vins à Paris. En 1779, un cabaretier de la rue Dauphine mit à nu, en fouillant sa cave, des ossements d'une dimension prodigieuse que le naturaliste Lamnon étudia et qu'il reconnut pour les os de la tête d'un cétacé. Ces débris si extraordinaires firent la fortune du cabaretier, en attirant dans sa boutique une foule de visiteurs chez la plupart desquels la curiosité scientifique n'excluait pas la soif. Les ossements de la baleine parisienne furent bientôt achetés par le musée de Teyler, à Harlem, où on peut les étudier encore aujourd'hui.

On voit combien le monde tertiaire se rapproche du monde moderne. Parmi ces êtres si analogues à ceux de nos continents et de nos mers, l'homme existait-il?

D'après certains géologues et paléontologistes, la réponse serait, à n'en pas douter, affirmative ; cette question de l'origine de l'humanité a une importance considérable, et des documents nombreux semblent en reculer la date jusqu'aux temps que nous venons de

passer en revue. M. l'abbé Bourgeois est un des savants modernes qui ont le plus ardemment défendu la doctrine de l'homme tertiaire. Nous n'avons pas vu de près les pièces sur lesquelles M. Bourgeois fonde ses preuves, mais nous cèderons à ce sujet la parole à un savant émérite, M. Ch. Contejean, qui les a soumises à une investigation minutieuse. « Les preuves, dit M. Contejean, consistent dans les silex taillés recueillis par M. l'abbé Bourgeois, à divers niveaux dans les faluns, les sables de l'Orléanais et les calcaires de la Beauce des environs de Pontlevoy (Loir-et-Cher). Je laisse de côté les os portant des entailles, M. Bourgeois ayant reconnu lui-même qu'elles doivent être attribuées à divers poissons carnassiers.... J'ai voulu visiter la belle collection de M. Bourgeois, j'en ai étudié, même à la loupe, les principaux spécimens, et je déclare que, dans ma conviction intime, tous les silex qui m'ont été soumis, sont taillés et portent manifestement la trace du travail de l'homme et quelquefois d'un long usage. Qu'il me soit permis d'affirmer à ce propos que je crois avoir une grande habitude des silex façonnés ; que je n'ai négligé aucune occasion d'en voir et d'en rechercher, et que j'ai étudié des milliers d'échantillons de toutes provenances. On a reproché aux gisements de Pontlevoy d'être superficiels. Dans de pareilles stations, il peut arriver, en effet, que des objets d'âge différent finissent par se trouver fortuitement réunis par les mêmes assises. Mais il y aurait d'abord à prouver que cette objection s'applique au cas particulier. En outre, l'argument perd une partie de sa valeur si l'on considère que plusieurs silex ont été

retirés du fond d'un puits creusé dans des assises tertiaires bien en place, recouvertes par d'autres couches parfaitement intactes. D'ailleurs, pour appartenir aux types ordinaires, qui se reproduisent à toutes les époques, les silex tertiaires sont plus grossièrement façonnés, et se distinguent, à leur apparence, de ceux de l'époque quaternaire. Il est donc bien difficile de se refuser à admettre l'existence de l'homme tertiaire. »

Plusieurs des pièces les plus curieuses trouvées par M. l'abbé Bourgeois et par un autre savant non moins zélé, M. l'abbé Delaunay, sont actuellement exposées dans le magnifique musée de Saint-Germain. En les examinant attentivement, le doute ne semble guère possible : ce sont des pierres éclatées par le feu et polissées par le frottement; ce sont encore des os d'Halitherium, sur lesquels on aperçoit des entailles faites avec un outil tranchant. Le travail de l'homme apparaît donc bien manifestement sur ces objets, qui ont été trouvés dans des assises non remaniées de l'époque tertiaire, et tellement anciennes que plusieurs séries d'êtres vivants se sont succédé depuis leur formation et celle des terrains quaternaires. Nous verrons dans la suite que quelques paléontologistes n'admettent pas ces affirmations, auxquelles ils opposent des réfutations énergiques.

IV

L'ossuaire fossile des montagnes Rocheuses. — Les découvertes du professeur Marsh. — Nouvelles espèces de mammifères fossiles. — Le *dinoceras* ou éléphant cornu. — Nouveaux oiseaux. — Odontornithes. — Brontotherium ingens.

Nous demanderons à nos lecteurs la permission d'interrompre momentanément la chaîne de l'histoire organique terrestre, de remonter un peu en arrière pour les entretenir de découvertes toutes récentes qui se sont accomplies en Amérique. Leur importance exceptionnelle nous autorise à les mentionner d'une façon spéciale, et le chapitre qu'on va lire nous permettra de mieux reprendre ensuite notre marche rapide à travers les mondes anéantis.

Une véritable population d'animaux d'espèces éteintes a été trouvée aux États-Unis dans les terrains tertiaires de la région des montagnes Rocheuses; quelques-uns des plus remarquables d'entre eux sont des mammifères gigantesques provenant des dépôts éocènes de Wyoming. Il importe de les faire connaître, et des renseignements exacts sur ces fossiles sont d'autant plus

opportuns que des erreurs ont été commises à leur égard. Ces animaux égalaient presque l'éléphant par la taille. La tête, osseuse, longue et étroite, a trois paires de cornes bien séparées entre elles. La mâchoire supérieure est armée de grandes défenses courbes dirigées en bas, constituées par les canines et rappelant celles des morses, mais elle est dépourvue de dents incisives. Les molaires, au nombre de six, sont très petites et d'une forme particulière.

On a trouvé plusieurs espèces de ce type mammalien remarquable, mais toutes ne peuvent pas encore être décrites avec certitude. L'espèce typique du groupe, le *Dinoceras anceps*, fut découvert en septembre 1870. En 1872, le professeur Cope donna le nom de *Loxolophodon semicinctus* à une espèce analogue à celle dont il va être question.

Le musée de Yale-College possède aujourd'hui les débris d'une innombrable quantité d'individus appartenant à l'ordre des *Dinocerata*, auquel se rapportent les types de diverses espèces déjà décrites par le professeur Marsh[1]. Celles-ci sont toutes représentées par des pièces bien caractérisées, et l'une d'elles, le *Dinoceras mirabilis*, par une tête entière et un squelette presque complet. Cette circonstance a permis à l'auteur de déterminer avec certitude les caractères et les affinités de ce très singulier groupe d'animaux. La plupart des caractères crâniens ont été constatés sur une tête dans un état de conservation parfaite et que représentent les figures ci-contre.

[1] *American journal of Science and Arts*, 1875,

Cette tête est remarquablement longue et étroite (fig. 82, 83, 84). Les trois paires de cornes osseuses

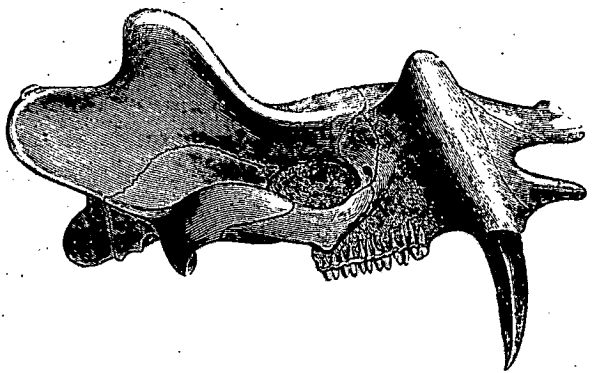


Fig. 82. — *Dinoceras mirabilis* découvert aux États-Unis. (Tête vue de profil.

qui la garnissent s'élèvent successivement l'une au-dessus de l'autre, et l'énorme crête qui entoure la cavité profonde du sinciput contribue, ainsi que les

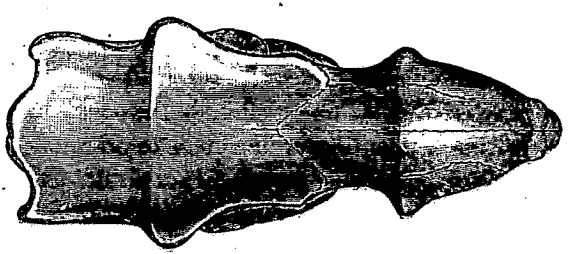


Fig. 83. — Tête du dinoceras vue en dessus.

grandes défenses décurrentes, à lui donner un aspect singulier dont aucun autre animal vivant ou fossile ne nous offre d'exemple.

Les cornes des Dinocerata constituent un caractère fort remarquable. Celles des os nasaux étaient probablement courtes et dermiques, à peu près comme celles des rhinocéros, mais plus petites; celles des os maxillaires coniques, très allongées, constituaient certainement des armes défensives puissantes. Les cornes postérieures étaient plus grandes, la forme comprimée de leur axe osseux indique qu'elles devaient être élargies et peut-être branchues [1].

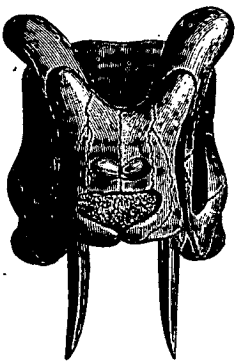


Fig. 84.
Tête du Dinoceras vue de face.

M. Alph. Milne-Edwards, en rendant compte de l'intéressante découverte du professeur Marsh dans une des réunions de la Société philomatique, a fait remarquer que, d'après la forme et la disposition de ces trois espèces de protubérances osseuses, il incline à penser qu'elles pourraient bien ne pas avoir porté de cornes, mais correspondre à des lobes dermiques analogues à ceux dont la tête des phacochères est garnie, et qui prennent chez les vieux mâles un développement considérable. M. Alph. Milne-Edwards a ajouté que, par la forme allongée de la tête, la concavité de la région frontale, ainsi que par l'existence de pièces osseuses qui semblent être comparables aux os du boutoir, le *Dinoceras mirabilis* offre certaines ressemblances avec les porcins.

[1] *Annales des sciences naturelles*, 5e série.

Les investigations du professeur Marsh n'ont pas été bornées à l'étude des mammifères : le savant paléontologiste de Yale-College a mis la main sur une nouvelle sous-classe d'oiseaux fossiles très remarquables, désignés sous le nom d'*Odontornithes*. Ces oiseaux sont pour la plupart pourvus de dents, et parmi les plus curieux nous citerons l'*Ichthyornis celer* qui a été entièrement reconstitué par le professeur Marsh. La découverte de ces fossiles est un progrès très important pour la paléontologie. Il tend en effet à faire tomber les vieilles distinctions entre les Oiseaux et les Reptiles, résultats auxquels l'*Archæopteryx* dont nous avons précédemment parlé, avait déjà contribué [1]. Le professeur Marsh, par ses beaux travaux, a ouvert la voie à de nombreux explorateurs qui continuent ses conquêtes, et ses découvertes doivent être rangées parmi les plus importants documents paléontologiques de notre époque.

Mais l'illustre savant de Yale-College devait encore se signaler à l'attention des géologues. Après avoir fait de si belles trouvailles dans les terrains éocènes de la partie orientale des montagnes Rocheuses (États de Dakoti, Nebraska, Wyoning, bas Colorado), il a eu l'heureuse fortune d'ajouter d'autres raretés à celles dont il avait précédemment doté la science. Les secondes espèces fossiles du professeur Marsh ont été rencontrées cette fois dans les couches miocènes des mêmes régions ; elles représentent un groupe d'a-

[1] *American journal of sciences and arts.* 1873.

nimaux qui diffèrent encore de toute forme connue.

Brontotherium ingens, tel est le nom que le professeur Marsh donne à l'animal; son crâne, qui n'a pas moins d'un mètre, et très long et singulièrement plat. Il est caractérisé par le développement d'une énorme paire de cornes qui partent presque entièrement des os du nez. Les membres du Brontothérium sont plus courts que ceux de l'éléphant, et le professeur Marsh a surtout fixé l'attention des naturalistes sur la large ouverture du nez, la rugosité des extrémités nasales. Il semble certain que ce curieux animal n'avait pas de trompe.

Le journal anglais *Nature*, auquel nous empruntons les intéressants détails qui précèdent, fait remarquer que la connaissance de ces types d'animaux doit donner lieu à maintes réflexions sur l'évolution des races. En effet, plus que tout autre fait, celui-ci indique nettement jusqu'à quel point sont encore incomplètes nos annales géologiques, et combien l'on doit tenir compte de l'imperfection de nos connaissances paléontologiques pour constituer la généalogie des mammifères.

Que de richesses en effet sont encore enfouies à notre insu dans les entrailles de la terre! Que de documents précieux pour l'histoire du globe sont à recueillir! Ce que nous savons n'est rien à côté de ce qu'il nous reste à savoir, et les découvertes faites jusqu'ici sont pauvres, si on songe à l'abondance de celles qu'il est dans la destinée humaine d'accomplir.

C'est surtout sur les continents éloignés comme l'Amérique ou les Indes que les chercheurs ont chance de faire des rencontres précieuses. A peine le professsur Marsh a-t-il ressuscité un monde nouveau, qu'une conquête non moins importante se signale encore aux États-Unis dans les territoires du Colorado, au milieu de régions fort curieuses désignées sous le nom de *mauvaises terres*.

Le professeur Cope, attaché à une expédition dans le Colorado, a récemment mis à nu, en creusant le sol des *mauvaises terres*, un véritable cimetière d'animaux fossiles, parmi lesquels un grand nombre d'espèces complètement inconnues. — C'est par centaines qu'il faut les compter, et c'est par milliers qu'il faut citer les ossements recueillis. Le professeur Cope fut frappé de stupeur en déterrant ces reliques d'un monde disparu, en retirant des excavations qu'il avait pratiquées dans le sol, depuis les ossements énormes du mastodonte, jusqu'aux os délicats de rongeurs de petite taille, jusqu'aux débris ténus d'insectivores et de talpidés. Ces vestiges d'un autre âge lui apparurent dans un état de conservation étonnant dû probablement à la nature exceptionnelle de ce sol étrange des *mauvaises terres*. — On rencontre là où M. Cope a opéré ses fouilles des restes innombrables de quadrupèdes, du cheval notamment, ce qui offre un grand intérêt, car cet animal n'existait nulle part en Amérique quand les Européens y mirent le pied pour la première fois. On a trouvé plus de sept rhinocéros distincts, dont un magnifique spécimen représenté par un crâne par-

faitement intact, encore pourvu de toutes ses dents. Les carnivores abondent; les squelettes de caniens, de félins, se trouvent à profusion. Il faut signaler une espèce du genre chien très remarquable en ce sens qu'elle atteignait la taille d'un ours actuel. Toute une faune nouvelle de l'époque tertiaire a été ainsi révélée; la géologie a rarement fait une moisson aussi féconde. — Non seulement les mammifères se rencontrent à foison dans les *mauvaises terres*, mais les reptiles se présentent aussi avec une richesse incroyable de formes. Tortues, lézards, serpents, sont sortis de terre sous les yeux des explorateurs ébahis. Cet antique ossuaire d'êtres disparus est assez abondant pour former à lui seul une magnifique galerie de paléontologie.

Nous ne quitterons pas les temps tertiaires, sans faire remarquer que l'étude de leur faune, nous montre les genres d'animaux de nos régions chaudes et torrides, vivant alors dans les lieux du globe qui sont actuellement tempérés ou froids. Ceci n'indique-t-il pas qu'une température uniforme, probablement due à la chaleur centrale de la terre, régnait à la surface entière de notre sphéroïde? Désormais, avec les temps nouveaux que nous allons envisager, les climats vont commencer à s'accuser, et l'abaissement de la température terrestre va se continuer.

Avant de jeter les yeux sur les temps modernes de l'histoire du globe, il est encore indispensable de nous arrêter sur un des caractères les plus saillants des âges tertiaires, sur les produits éruptifs de leurs terrains qui dévoilent comme un nouvel ordre de chose. L'époque

néozoïque (c'est-à-dire celle des animaux les plus récents) inaugure l'ère des phénomènes volcaniques ; les roches ignées sont pour la plupart formées de trachytes, de laves, de porphyres, et vers la fin de la période tertiaire, on voit apparaître les volcans à cratères. Les volcans éteints de l'Auvergne, des bords du Rhin, de l'Asie Mineure, sont les plus sûrs témoignagnes de ces éruptions tertiaires; les plus hautes montagnes du globe, les Alpes, l'Himalaya et les Cordillères se sont élevées dans ce même âge. Les terrains tertiaires offrent encore un intérêt particulier, sous le rapport des produits minéraux qu'ils renferment, car ils fournissent à l'art des constructions, la plupart des roches qu'il utilise. L'argile plastique, le calcaire grenu, le calcaire à ciment, la pierre à plâtre, les pierres meulières, les sables ferrugineux abondent notamment en France dans toutes les formations tertiaires. Paris, Marseille, Avignon, Nîmes et Bordeaux, doivent leurs monuments aux matériaux qu'elles recèlent. Aussi le terrain parisien, où est assise notre capitale, est-il généralement considéré comme le type de la période tertiaire.

Élie de Beaumont a fait remarquer que la nature géologique du sol exerce une influence réelle sur le caractère des populations ; il y a là une conséquence originale à déduire des études de la géologie.

« Les deux parties principales du sol de la France, le dôme de l'Auvergne et le bassin de Paris, quoique circulaires l'une et l'autre, présentent des structures diamétralement contraires. Dans chacune d'elles, les parties sont coordonnées au centre, mais ce centre joue

dans l'une et dans l'autre un rôle complètement différent. Ces deux pôles de notre sol, s'ils ne sont pas situés aux deux extrémités d'un même diamètre, exercent en revanche, autour d'eux, des influences exactement contraires; l'un est en creux et attractif; l'autre en relief, est répulsif. Le pôle en creux vers lequel tout converge, c'est Paris, centre de population et de civilisation. Le Cantal, placé vers le centre de la partie méridionale, représente assez bien le pôle saillant et répulsif. Tout semble fuir en divergeant de ce centre élevé, qui ne reçoit du ciel qui le surmonte que la neige qui le couvre pendant plusieurs mois de l'année. Il domine tout ce qui l'entoure et ses vallées divergentes versent les eaux dans toutes les directions. Les routes s'en échappent en rayonnant comme les rivières qui y prennent leurs sources. Il repousse jusqu'à ses habitants, qui pendant une partie de l'année, émigrent vers des climats moins sévères. L'un de nos deux pôles est devenu la capitale de la France et du monde civilisé; l'autre, est resté un pays pauvre et presque désert. Comme Athènes et Sparte dans la Grèce, l'un réunit autour de lui les richesses de la nature, de l'industrie et de la pensée; l'autre fier et sauvage, au milieu de son âpre cortège, est resté le centre des vertus simples et antiques, et fécond malgré sa pauvreté, il renouvelle sans cesse la population des plaines par des essaims vigoureux et fortement empreints de notre ancien caractère national [1]. »

[1] *Explication de la carte géologique de France*, par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont.

Londres, comme Paris est assise sur les terrains tertiaires ; la capitale de l'Angleterre comme celle de la France est portée par un ban d'argile plastique. Magnifique spectacle que celui de la formation des anciens continents sous l'influence de la vie du passé, contribuant à assurer aux civilisations modernes leurs éléments de grandeur, de force et de prospérité !

CHAPITRE VI

L'AGE MODERNE

La faune des temps nouveaux. — L'ours des cavernes ou *ursus spelæus*. — Les éléphants fossiles ou mammouths. — Ossuaires d'éléphants en Sibérie. — Pallas et Adamus. — Mammouths retrouvés en entier dans la glace. — Les îles à ossements des mers glaciales. — Découverte d'un éléphant fossile dans le Gard par M. Cazalis de Fondouce. — La gigantologie.

L'époque quaternaire que l'on peut considérer comme le véritable âge moderne, est la suite naturelle des temps tertiaires. Il n'y a pas en quelque sorte de distinction réelle entre la fin des temps tertiaires et les commencements de ces temps nouveaux.

C'est probablement en considération de ces remarques qu'un grand nombre de naturalistes ont l'habitude de désigner l'époque quaternaire, sous les noms

de période post-tertiaire ou post-pliocène : ne nous arrêtons pas sur les divisions artificielles, et quel que soit le véritable nom de cette dernière époque géologique contentons-nous de faire remarquer qu'elle n'est pas tant caractérisée par des terrains spéciaux que par sa faune particulière et par la série des phénomènes dont les traces sont manifestes. Ces phénomènes essentiels sont les *déluges* et l'apparition de grands *glaciers*, qui ont joué un rôle considérable à la surface des continents. C'est durant l'époque glaciaire que se produisit cet abaissement si extraordinaire dans la température, et qui eut pour effet l'extension des glaciers dans les zones tempérées. Il est à présumer que des pluies diluviennes ont précédé cette période ; quoi qu'il en soit, nous pouvons considérer les temps quaternaires comme un moment remarquable des grandes perturbations dans les climats.

Quelques naturalistes ont essayé de compter des subdivisions dans l'époque quaternaire, d'après la série des animaux qui s'y sont succédé. M. Lartet notamment a établi quatre âges, qui, pour n'être pas définitifs, n'en sont pas moins basés sur des observations d'une haute importance. Le premier âge est celui de l'ours de caverne, le second celui du mammouth et du rhinocéros à narines cloisonnées, le troisième celui du renne, et le quatrième celui de l'aurochs, qui vit encore dans les temps historiques.

La faune de ces âges, qui constituent l'histoire moderne de la terre, et que l'on peut appeler les temps nouveaux de notre planète, est surtout saillante

par ses grands mammifères, dont un certain nombre, comme le mammouth, l'ursus, ont survécu aux derniers cataclysmes. Ce fait démontre bien qu'il y a un passage insensible de la faune quaternaire à celle de notre temps, qui ne diffère guère de celle-ci que par le repos des éléments, par l'absence des glaciers et des déluges. S'il est encore permis de ne pas admettre la présence de l'homme aux temps tertiaires [1], il est certain qu'il a

[1] Dans un remarquable travail que MM. Louis Lartet et Chaplain Duparc ont publié, il y a quelques années : *Une sépulture des anciens troglodytes des Pyrénées*, ces géologues combattent l'opinion des naturalistes qui admettent l'existence de l'homme tertiaire : « Assurément, disent MM. Lartet et Duparc, l'homme a pu exister pendant l'époque miocène. Qui s'y oppose? A prendre les choses en grand, ne vivons-nous pas encore dans la période tertiaire qui a vu se développer les principaux types de nos flores et de nos faunes actuelles? Suffit-il bien de la trace d'un abaissement accidentel de température, dans notre hémisphère, et de quelques soulèvements de chaînes montagneuses pour justifier la création d'une quatrième époque dans la vie du globe et de ses habitants? A la vérité, les conséquences de cette crise climatérique, ont été grandes, puisque on doit lui rapporter l'origine de nos vallées actuelles. Grands, aussi, ont été les changements relatifs des aires maritimes et continentales de cette époque. Cependant en se plaçant au point de vue général qui domine nos classifications géologiques, c'est-à-dire en considérant largement la succession des êtres organisés à la surface de notre globe, on serait conduit à admettre que la période tertiaire, cette troisième grande phase du développement de l'organisme, nous comprend et se poursuit encore. Nous n'avons donc aucune raison sérieuse, de rejeter *a priori*, la notion de l'existence de l'homme pendant cette époque, mais de là à croire que cette existence est démontrée, il y a encore fort loin. Or, jusqu'à présent, on n'a pu produire que de vagues indices, et aucun fait bien concluant n'est venu à l'appui de cette présomption... Nous ne voulons, en disant cela, nullement méconnaître l'intérêt des observations de savants aussi consciencieux et aussi autorisés que MM. les abbés Bourgeois et Delaunay, non plus que celles de M. le colonel Laussedat. L'interprétation de ces faits nous paraît seulement sujette à des difficultés, et dans une question d'une aussi haute importance, ils nous pardonneront de résister à tout entraînement et de n'admettre que des démonstrations d'une évidence parfaite. »

fait son apparition à l'époque quaternaire ; il vivait en Europe à côté des ours, du mammouth, des lions, des hyènes, des rhinocéros et des rennes, gigantesques représentants de nos espèces contemporaines, dont nous allons passer en revue les nombreux débris. Les continents étaient alors, comme actuellement, caractérisés par des faunes et des flores différentes ; aussi trouve-t-on dans le sol de l'Amérique des fossiles particuliers qui ne se rencontrent pas dans nos terrains ; parmi ceux-ci nous décrirons le *Megatherium*, le *Megalonyx*, le *Mylodon*, énormes édentés aujourd'hui complètement disparus de la surface du globe.

Parmi les plus abondants carnivores antédiluviens qui vivaient en Europe aussi bien que sur les autres continents, il faut citer l'ours des cavernes, qui dépassait de beaucoup la taille de nos plus grands ours modernes ; on en a trouvé des squelettes qui atteignent une hauteur de 2 mètres et qui n'ont pas moins de 2 mètres de longueur. L'*Ursus spelœus* a laissé partout de ses débris, en France, en Angleterre, en Belgique, dans un grand nombre de cavernes, notamment dans celles de l'Ariège. Le musée de Toulouse possède un admirable squelette d'*Ursus spelœus*, et le docteur Garrigou, un des plus laborieux chercheurs de notre époque, a réuni une magnifique collection de têtes de cet animal, dont il a trouvé les restes à profusion dans les cavernes de l'Ariège, avec un grand nombre de vestiges humains de la même époque. L'*Ursus spelœus* ainsi désigné par le naturaliste Blumenbach, l'*ours des cavernes*, ou à *front bombé* de Cuvier, est

caractérisé effectivement en ce que chaque os frontal forme une protubérance arrondie, de telle sorte que relevée sur la partie postérieure du front, la ligne du profil tombe, par une pente inclinée, sur la base du nez[1] (fig. 85). Le tigre (*Felis spelœa*), l'hyène (*Hyena*

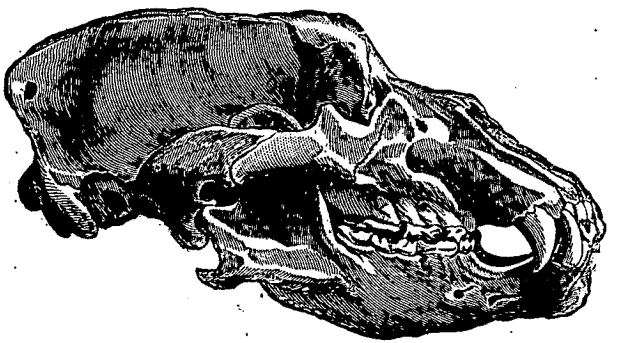


Fig. 85. — Tête d'ours des cavernes.

spelœa), et d'autres espèces non moins féroces parcouraient alors le sol du pays qui devait être la France. On en trouve des ossements abondants dans les cavernes.

Après l'ours des cavernes, l'histoire du mammouth ou *Elephas primigenius* de l'époque quaternaire est bien digne de fixer notre attention, en raison de l'abondance de ses débris, qui dénotent une extension considérable de l'espèce dans ces temps reculés.

On a très souvent déterré des ossements de mammouth. Mais ce qui offre un intérêt exceptionnel dans

[1] A. d'Orbigny : *Cours de paléontologie.*

l'histoire de ce fossile, c'est la découverte assez fréquente d'individus qui le représentent à l'état vivant, et conservés tout entiers dans les glaces des mers du Nord.

« En 1799, un pêcheur tongouse remarqua, sur les bords de la mer Glaciale, près de l'embouchure de la Léna, au milieu des glaçons, un bloc informe qu'il ne put reconnaître. L'année d'après, il aperçut que cette masse était un peu dégagée, mais il ne devinait pas encore ce que ce pouvait être. Vers la fin de l'été suivant, le flanc tout entier d'un animal était distinctement sorti des glaçons. Ce ne fut que la cinquième année que, les glaces ayant fondu plus vite que de coutume, cette masse énorme vint échouer à la côte, sur un banc de sable. Au mois de mars 1804, le pêcheur enleva les défenses, dont il se défit pour une valeur de cinquante roubles. On exécuta à cette occasion un dessin grossier de l'animal. Ce ne fut que deux ans après, et la septième année de la découverte, que M. Adams, adjoint de l'Académie de Saint-Pétersbourg et professeur à Moscou, qui voyageait avec le comte Golovkin, envoyé par la Russie en ambassade à la Chine, ayant été informé à Iakoutsk de cette découverte, se rendit sur les lieux. Il y trouva l'animal déjà fort mutilé. Les Iakoutes du voisinage en avaient dépecé les chairs pour nourrir leurs chiens. Des bêtes féroces en avaient aussi mangé; cependant le squelette se trouvait encore entier, à l'exception du pied de devant. L'épine du dos, une omoplate, le bassin et les restes des trois extrémités étaient encore réunis par les ligaments et par une por-

tion de la peau. L'omoplate manquante se retrouva à quelque distance. La tête était couverte d'une peau sèche. Une des oreilles, bien conservée, était garnie d'une touffe de crins : on distinguait encore la prunelle de l'œil. Le cerveau se trouvait dans le crâne, mais desséché ; la lèvre inférieure avait été rongée, et la lèvre supérieure détruite laissait voir les mâchelières. Le cou était garni d'une longue crinière. La peau était couverte de crins noirs et d'un poil ou laine rougeâtre ; ce qui en restait était si lourd que dix personnes eurent beaucoup de peine à le transporter. On retira, selon M. Adams, plus de trente livres de poils et de crins, que les ours blancs avaient enfoncés dans le sol humide en dévorant les chairs. L'animal était mâle ; ses défenses étaient longues de plus de neuf pieds en suivant les courbures, et sa tête, sans les défenses, pesait plus de quatre cents livres. M. Adams mit le plus grand soin à recueillir ce qui restait de cet échantillon unique d'une ancienne création ; il racheta ensuite les défenses à Iakoutsk. L'empereur de Russie, qui a acquis de lui ce précieux monument, moyennant la somme de huit mille roubles, l'a fait déposer à l'Académie de Saint-Pétersbourg [1]. »

Ce n'était pas la première fois que les voyageurs avaient fait une semblable trouvaille ; Pallas et Adams en citent de nombreux exemples. Il est même arrivé que des mammouths dépecés au milieu des glaces, ont servi de pâture à des chiens affamés (fig. 86). Il est pro-

[1] Cuvier, d'après les *Commentarii* de l'Académie de Pétersbourg.

bable que bien souvent aussi de semblables observations n'ont pas laissé de leurs traces par des documents écrits et authentiques. On sait toutefois que dans le nord de la Chine, on a fréquemment recueilli des débris d'ossements de l'éléphant fossile, et trouvé même, au dire d'un voyageur russe, Isbrant Ides, des animaux tout entiers.

C'est surtout dans la Russie asiatique que les restes de cette antique population se rencontrent avec une extraordinaire abondance; il est des îles de la mer Glaciale, situées au nord de la Sibérie, presque entièrement formées d'os de mammouth. On peut les considérer comme des ossuaires immenses, où les parties brisées et séparées du squelette sont soudées entre elles dans la glace, avec laquelle elles forment un bloc solide, d'une vaste étendue. Pendant l'été, la glace fond, et les ossements apparaissent de toutes parts; les habitants de la Sibérie vont chercher là l'*ivoire fossile*, qu'ils expédient dans les régions du Sud, au moyen de traîneaux attelés de chiens. D'après le célèbre naturaliste Pallas, il n'est pas de fleuve de la Russie asiatique, depuis le Don jusqu'au promontoire des Tchutchis, sur les rives desquels on ne puisse trouver des ossements d'éléphants ou d'autres animaux étrangers au climat.

Les restes de l'*Elephas primigenius*, pour n'être pas aussi prodigieusement abondants dans les autres parties de l'Europe, sont loin d'y faire défaut. On en a déterré des milliers dans la vallée de l'Arno supérieur (Piémont); on en a rencontré des débris extrêmement nombreux dans le centre de l'Allemagne; on en a

Fig. 86. — Mammouth fossile retrouvé au milieu des glaces de la Sibérie, avec sa chair et sa peau.

extrait du sol de la province d'Anvers, et là notamment s'est rencontré une des plus précieuses pièces de nos musées (fig. 9, page 25). La hauteur de ce mammouth est de $3^m,60$, et dépasse d'un mètre celle des plus grands éléphants connus.

L'éléphant fossile se trouve en Amérique et même en France, comme le prouve encore une fois la belle découverte que M. Cazalis de Fondouce a faite dans le département du Gard.

Ce savant géologue a rencontré, dans le terrain néocomien des environs de Durfort, le squelette tout entier d'un éléphant fossile qui atteint des proportions prodigieuses ; sa hauteur au garot est de $4^m,10$. La plus grande largeur du crâne est de $1^m,65$. Les membres sont proportionnés à cette stature de géant ; le fémur n'a pas moins de $1^m,45$ de longueur, et le tibia $0^m,85$. La cuisse de ce monstre atteignait presque la taille d'un homme ! Le magnifique fossile de Durfort appartient à l'*Elephas meridionalis*.

Il résulte de tous ces faits, accumulés par les chercheurs, que le mammouth habitait toutes les régions du globe terrestre. Des troupeaux d'éléphants sillonnaient le sol de l'Europe et surtout de la Sibérie ; à côté d'eux vivaient encore des bandes innombrables de rhinocéros fossiles, dont nous avons déjà parlé précédemment.

Le mammouth différait de l'éléphant actuel par les longs poils qui recouvraient sa peau, par sa taille plus considérable, et par la courbure en demi-cercle de ses énormes défenses. Les dents du mammouth sont au nombre de quatre : deux à la mâchoire inférieure, deux

à la mâchoire supérieure; on en a recueilli une grande quantité, dans les diverses régions de l'Europe, et nos collections paléontologiques en renferment souvent de fort volumineuses (fig. 87).

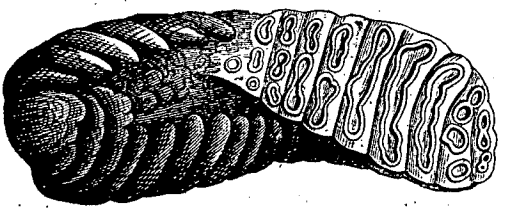


Fig. 87. — Dent de mammouth (1/5 de grandeur naturelle.)

Nous avons dit au commencement de cet ouvrage, l'étonnement causé jadis par les découvertes de coquilles fossiles. Dans les siècles de préjugés et d'ignorance, quelle stupéfaction devait causer l'apparition d'ossements gigantesques dans le sol de nos régions! On attribuait ces os énormes à des races disparues de héros ou de géants, et certains auteurs allaient même jusqu'à raconter les hauts faits de ces redoutables guerriers d'un autre âge. « On a trouvé en Crète, nous dit Pline le Naturaliste, un corps humain de quarante-six coudées dans une montagne entr'ouverte par un tremblement de terre. Les uns le prennent pour le corps d'Orion, les autres pour celui d'Otus. On croit sur la foi de certains monuments que le corps d'Oreste, qui fut exhumé par ordre de l'oracle, était de sept coudées. Et il y a déjà près de mille ans qu'Homère ne cessait

de se plaindre que la taille des hommes de son temps, était sans comparaison, moindre que celle des hommes des siècles antérieurs [1]. »

Au moyen âge, des os et des dents énormes, qui n'étaient probablement que des antiques débris d'éléphants fossiles ont encore été regardés comme les vestiges d'hommes gigantesques, souvent rapportés à des saints. La dent de saint Christophe, que l'on montrait à Valence, il y a quelques siècles, était très probablement une molaire de mammouth.

Le chevalier Hans-Sloane, et le P. Joseph Tarrabia, ont écrit des volumes entiers sur la *Gigantologie ;* ils y rapportent toutes les trouvailles faites d'ossements aux proportions colossales. Cassianon a écrit aussi un *Traité des Géants,* où il fait la description de semblables prodiges. Au milieu même du siècle dernier, il y avait encore de nombreux partisans de la gigantologie, et voici ce que dit à ce sujet un contemporain de Buffon, l'historien Guettard :

« Ceux qui sont pour les géants, remontent jusqu'à la naissance du monde pour chercher des preuves qui leur soient favorables. Nos premiers parents, selon eux, étaient d'une grandeur, qu'aucune grandeur humaine n'a égalée ; et sans admettre les rêveries de certains rabbins qui voulaient qu'Adam et Ève portassent leur tête jusque dans les cieux, ils fixent la grandeur d'Adam à cent vingt-trois pieds, neuf pouces de haut, et celle d'Ève à cent dix-huit pieds neuf pouces trois quarts :

[1] *Histoire naturelle de Pline,* liv. VII, cap. xvi.

hauteur qui n'est rien en comparaison de celle que les rabbins les plus sages leur assignent voulant qu'Adam eût neuf cents coudées, ou treize à quatorze cents pieds de hauteur, comme on le lit dans la bibliothèque des rabbins. »

Toutes ces hypothèses, œuvres d'imaginations naïves et crédules, ont sans doute été suscitées à la vue des anciennes dépouilles des grands animaux des derniers temps géologiques. Avant les conquêtes de la science moderne, un grand nombre de philosophes croyaient à la diminution successive de la taille humaine. Cette pensée exprimée par Homère se retrouve encore nettement indiquée par Juvénal.

« D'où vient, dit l'auteur des satires, que ceux que vous mettez au monde, ne ressemblent pas à ceux qui ont été avant vous, et qu'ils sont plus petits ? Une mère vous répondra : autres sont ceux qui sont nés dans les jours de la force, et autres ceux qui sont nés au temps de la vieillesse, et de l'affaiblissement de la nature. »

Admirable victoire de la géologie, d'avoir dissipé ces ténèbres de l'erreur, pour faire apparaître à nos yeux, l'imposant et sublime spectacle de la vérité.

Nous avons déjà dit précédemment que l'homme existait au milieu de ces populations animales de l'époque quaternaire. Il avait à se mesurer avec ces mammouths formidables, avec le lion, avec les tigres, les animaux féroces et cela sans autre arme que celle qu'il savait fabriquer de ses mains débiles, mais que lui suscitait son intelligence. Nous étudierons spécialement l'homme fossile ; continuons pour

le présent à suivre le cours du temps, et jetons les yeux sur la génération qui va succéder aux ours, aux élé-

Fig. 88. — *Cervus megaceros* (1/25 grandeur naturelle).

phants et aux rhinocéros. Voici d'abord des rennes qui couvrent la superficie de l'Europe entière, qui bondis-

sent au milieu des glaciers quaternaires. Ces rennes fossiles ne différaient point de notre renne ordinaire. Il n'en est pas de même du célèbre *cerf à grands bois*, le *cervus megaceros*, dont les bois ne mesuraient pas moins de trois mètres d'envergure (fig. 88) ; il n'a plus aujourd'hui de représentant sur notre terre. Les bœufs (*bos primigenius*) vivaient encore en grand nombre côte à côte avec l'homme, puis l'aurochs, apparaît enfin sur les continents, où il va rester jusqu'au milieu des temps historiques. La science paléontologique n'a plus alors qu'à céder la place aux sciences historiques.

II

Les habitants quaternaires de l'Amérique du Sud. — Les Édentés. — Le mégathérium ou animal du Paraguay. — Description de la nouvelle pièce du Muséum. — Reconstitution du mégathérium. — M. Seguin. — Travaux de M. P. Gervais. — Le mylodon. — Le mégalonix et le glyptodon. — Les oiseaux fossiles de la Nouvelle-Zélande. — Le dinornis.

Nous n'avons étudié jusqu'ici que le sol quaternaire de l'Europe ; en traversant les mers, nous allons voir d'autres êtres non moins dignes d'exciter notre curiosité. Car à présent, nous l'avons dit, les climats se sont formés et les fossiles quaternaires de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud, ceux de l'Australie ne ressemblent en rien à ceux de l'Europe. A ces âges du globe, chaque continent offrait sa faune particulière, sa population animale spéciale que le paléontologiste commence à connaître aujourd'hui. Celle de l'Amérique du Sud était caractérisée par une population d'Édentés remarquables qui étaient pourvus de dents rappelant celles des Paresseux, soit les Unaux, soit les Aïs ; le *Mégathérium*, le *Mylodon* et le *Mégalonyx* sont du nombre.

Le *Mégathérium*, a été retrouvé tout récemment dans des conditions particulières, et un magnifique squelette de cet animal jusqu'ici fort rare vient d'augmenter les richesses de notre Muséum.

Dans tous les musées du monde civilisé, on ne comptait que quatre squelettes de ce mammifère, souvent désigné sous le nom d'animal du Paraguay. L'un d'eux existe à Madrid, le second à Londres, le troisième à Buenos-Ayres, et le quatrième enfin, très incomplet, est conservé à l'École normale de Paris [1]. Il y a plusieurs années déjà que les os du nouveau colosse fossile ont été envoyés au Muséum, mais il a fallu les débarrasser complètement du limon durci des pampas, qui les couvrait d'une enveloppe épaisse, les classer, les réunir et souder leurs débris, pour ressusciter enfin le squelette primitif. Cette tâche laborieuse et savante a été récemment terminée. Désormais, le nombre des squelettes de Mégathérium reconstitués s'élève à cinq, mais le nouvel échantillon du Muséum est le plus remarquable de tous par son intégrité et par l'admirable état de la conservation des pièces qui le composent. Il est digne de la collection qui brille de l'éclat qu'y ont jeté les Cuvier, les Geoffroy-Saint-Hilaire et leurs illustres successeurs.

Le mégathérium n'a jamais été en France l'objet d'une publication détaillée, et les traités de paléonto-

[1] Les documents que nous publions ici sur le mégathérium nous ont été communiqués par un paléontologiste éminent qui a spécialement étudié cet intéressant fossile. Nous empruntons aussi des détails au beau travail de M. P. Gervais intitulé *Recherches anatomiques sur les Édentés tardigrades. Comptes rendus de l'Académie des sciences.* Tome LXXVII, p. 861.

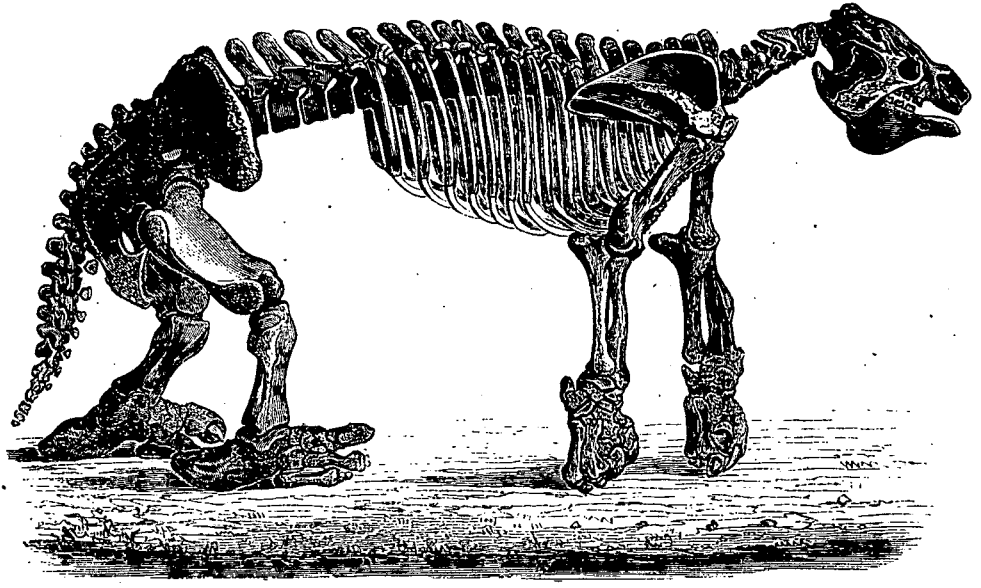


Fig. 89. — Le nouveau mégathérium du Muséum d'histoire naturelle.
Édenté fossile de l'Amérique méridionale, découvert par M. Séguin. (3/32 grandeur naturelle.)

logie de notre pays ne donnent à son égard que des renseignements incomplets et souvent trop sommaires, aussi croyons-nous devoir publier sur ce curieux animal des détails tout à fait nouveaux.

Les restes du mégathérium se rencontrent assez fréquemment, comme nous l'avons dit plus haut, dans l'Amérique du Sud, dans les pampas de la Confédération argentine, au Paraguay et principalement sur les larges rives du cours d'eau de ce nom, ainsi que sur celles du Rio de la Plata.

La nouvelle pièce du Muséum (fig. 89) mesure $5^{m},25$ de longueur, $2^{m},55$ de hauteur et $2^{m},22$ de largeur. Nous devons ajouter que ce remarquable squelette, quelque prodigieuses que soient ses dimensions, n'appartient pas cependant à un sujet de la plus grande taille. Il est inutile de dire qu'il excède de beaucoup la taille des plus énormes éléphants modernes, et qu'il justifie parfaitement l'étymologie de son nom, qui veut dire *grand animal*.

Les seuls animaux actuels qui, sous le rapport de leur conformation générale et de leur physionomie, aient une ressemblance manifeste avec le mégathérium, sont l'aï et l'unau. Quoique ces genres d'animaux, également de l'Amérique méridionale, ne dépassent pas la taille d'un chat, on doit les considérer en quelque sorte comme les représentants du mégathérium à notre époque.

L'animal du Paraguay n'était pas autrefois le seul géant de l'ordre des édentés, auquel il appartient, les mylodons, les scélidothériums, les mégalonyx vivaient

jadis dans les mêmes régions que le mégathérium, et, comme lui, ils ne sont plus représentés que par de chétifs animaux.

La structure du squelette du mégathérium offre un grand intérêt. On remarque d'abord que cet animal fossile avait la tête relativement petite. Le bout du museau, un peu proéminent en avant, donne lieu de croire à l'existence d'un rudiment de trompe, analogue à celle du tapir ou à celle qui est attribuée au palœothérium, des temps tertiaires. Le cou est très long et compte sept vertèbres, le thorax très ample; les cartilages costaux, extrêmement robustes, sont entièrement ossifiés, comme chez tous les édentés.

L'étude attentive du pied du mégathérium démontre que cet animal était littéralement pied bot, qu'il ne prenait appui que sur l'extrémité du petit doigt et sur le côté externe de la phalange onguéale du doigt voisin, et que, dans cette disposition, les griffes énormes qui armaient ses doigts se trouvaient garanties contre l'usure par l'effet de la marche.

L'examen d'ensemble du mégathérium montre que cet animal devait jouir d'une très grande puissance musculaire. Mais il n'est pas moins évident que ce colosse anéanti, porté sur ses membres difformes, disproportionnés et convertis en arrière en énormes piliers, ne pouvait avoir aucune agilité, et que, n'étant nullement apte à faire un grand chemin, il était sans doute destiné à trouver sans beaucoup se déplacer l'énorme quantité d'aliments qu'il absorbait pour son entretien. Une particularité assez singulière, que relève la consti-

tution du squelette de ce gigantesque animal, et qui peut d'abord paraître étrange, c'est qu'il devait avoir la commode faculté de s'accroupir sur son train postérieur à peu près comme un kanguroo. La raison de cette hypothèse, qui, d'ailleurs, ne paraît faire doute pour personne, est déduite chez le mégathérium de la concentration évidente de la masse du côté du train postérieur, de la gracilité relative des membres antérieurs, comparée au développement exagéré des postérieurs, de l'énorme ampleur du bassin, de la puissance considérable de la queue, dispositions qui se trouvent plus ou moins réalisées chez les animaux qui peuvent se tenir debout.

D'après les dispositions du système dentaire du mégathérium, l'action de couper et de mordre sont si évidentes, qu'on n'hésite pas à admettre que le régime de cet animal était exclusivement de nature végétale. Nous croyons devoir ajouter ici que les édentés, dont le nom générique semble vouloir dire animaux entièrement privés de dents, ne sont réellement qu'en petit nombre dans ce cas. Ceux qui sont dentés n'ont jamais plus de deux sortes de dents, molaires ou canines, mais point d'incisives. Ces organes montrent entre eux une grande uniformité de structure.

L'époque géologique pendant laquelle vivait le mégathérium est l'époque quaternaire : son apparition remonte aux temps post-pliocènes. C'est dans les pampas de l'Amérique du Sud, qui se rattachent à cette période, et dans les localités que nous avons déjà indiquées, que M. Seguin, chercheur infatigable, qui a passé plus de

dix années à la recherche des ossements fossiles dans ces contrées, a découvert le squelette du mégathérium que le Muséum possède actuellement. On ne sera pas étonné, dans l'état actuel de la science paléontologique, de voir produire l'affirmation que le mégathérium, comme tant d'autres espèces anéanties, avait été contemporain de l'homme primitif. M. Seguin a recueilli dans quelques-unes des fouilles qui se sont opérées sous ses yeux des ossements humains enfouis simultanément, selon lui, avec les restes du mégathérium.

Il est probable que ce gigantesque mammifère, comme un grand nombre de ceux de l'époque quaternaire, a disparu par l'effet d'inondations immenses. Les mégathériums auront été presque immédiatement ensevelis dans des torrents de limon ,au milieu desquels leurs squelettes gisent depuis un nombre incalculable de siècles. Cette hypothèse paraît confirmée par l'observation des géologues et des paléontologistes qui ont remarqué que les ossements du mégathérium et de ses congénères ne se trouvent que bien rarement épars dans le sol; habituellement, l'individu est découvert tout entier et comme inhumé à la place même où il a perdu la vie [1].

Le *Mylodon* est encore un animal des temps quaternaires qui habitait jadis le Nouveau Monde et qui offre des analogies avec le mégathérium, quoiqu'il soit plus

[1] Pour donner une idée de l'importance que présente une pièce paléontologique comme le nouveau mégathérium, dont le lecteur vient de lire la description, nous ajouterons qu'elle a été l'objet d'une dépense de plus de trente-cinq mille francs, dont quinze seulement pour le montage en serrurerie, qui a exigé un travail de plusieurs années.

petit de taille. — Un autre animal, le *Mégalonyx*, a été trouvé dans les cavernes de l'État de Virginie par M. Jefferson, l'ancien président de la République des États-Unis. Sa taille dépassait celle du plus grand bœuf des temps modernes. Le *Scelidotherium* était plus semblable aux Paresseux-Aïs par la forme de ses dents. A ce nouvel animal il faut encore ajouter le *Sphenodon*, récemment découvert par M. Lund dans les cavernes de l'Amérique.

Le glyptodon, le mastodonte doivent aussi venir se joindre à la liste des êtres quaternaires de l'Amérique; mais ceux-ci se trouvent dans l'Amérique du Sud et particulièrement au Brésil.

Le glyptodon mérite d'arrêter notre attention; il se rapprochait beaucoup des tatous; son corps est recouvert d'un test écailleux et dur, formé de fragments réunis

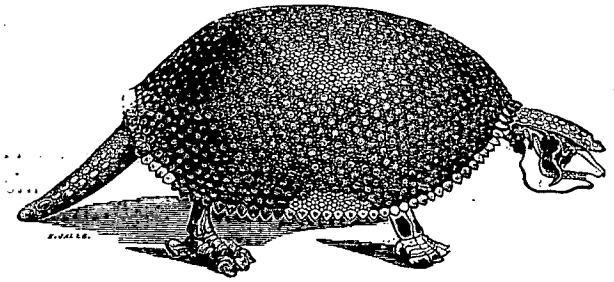


Fig. 90. — Glyptodon clavipe.

comme les pavés d'une mosaïque (fig. 90). C'est un mammifère protégé par une écaille de tortue. Le Muséum d'histoire naturelle s'est enrichi récemment

d'un Glyptodon fort remarquable, que l'on a pu reconstituer d'une façon complète.

L'Australie, la Nouvelle-Zélande et l'île de Madagascar étaient, aux temps quaternaires, peuplés d'animaux étranges qui ne ressemblaient en rien à ceux de l'Europe. La Nouvelle-Hollande, où l'on ne voit guère aujourd'hui que des marsupiaux, abondait en didelphes véritablement gigantesques, qui dépassaient de beaucoup la taille de leurs représentants modernes.

On sait que de nos jours la Nouvelle-Zélande et Madagascar renferment un grand nombre d'oiseaux coureurs à ailes rudimentaires; il en était à peu près de même à l'époque quaternaire. Les oiseaux fossiles qu'on y trouve sont analogues, à ceux qui y vivent aujourd'hui, mais leur taille est beaucoup plus grande. Les ossements fossiles de ces oiseaux gigantesques ont été reconstitués, et parmi ceux-ci nous citerons le colossal *Dinornis*, dont la taille atteignait 3 mètres de hauteur! Ses pieds, qui ont été reconstitués par le professeur Richard Owen, avaient $1^{m},57$ de haut; aussi cet être, le plus grand oiseau qui ait jamais vécu à la surface du globe, mérite-t-il bien son nom de *Dinornis elephantopos*.

III

Perturbations climatériques des temps quaternaires. — L'époque glaciaire. — Travaux et recherches d'Agassiz. — Preuves de l'existence d'anciens glaciers. — Les glaciers fossiles des tropiques, du Brésil et de l'Amazone. — Les déluges et le diluvium.

Après avoir passé en revue les principaux animaux de l'époque quaternaire, parlerons-nous de la flore de cet âge du monde ? Nous n'en dirons rien, parce qu'elle ne paraît pas différer de celle qui égaye actuellement nos contrées, mais nous indiquerons sommairement l'existence des oscillations climatériques qui caractérisent la curieuse époque de l'histoire du globe que nous étudions. Elles ont certainement exercé une grande influence sur les êtres vivants.

Les alternances de froid et de chaud ont alors amené successivement des pluies torrentielles diluviennes et des glaces qui ont laissé partout sur nos continents d'irrécusables traces de leur passage. D'immenses glaciers ont jadis recouvert l'Europe, la France, et ont même existé sous les tropiques. C'est une des gloires de l'illustre Agassiz d'avoir jeté une vive lu-

mière sur les phénomènes glaciaires actuels et d'avoir su y trouver des documents importants pour l'histoire du passé.

Les géologues ont fini par rencontrer des signes glaciaires à peu près partout ; on a vu des stries produites par les anciens glaciers jusque sur les grès de la forêt de Fontainebleau. Toute l'extrémité australe de l'Amérique du Sud, jusqu'au 40e degré de latitude, est couverte de traînées épaisses et étendues, et sur le sol, on rencontre çà et là de grands blocs erratiques, irrécusables témoins des glaciers d'un monde disparu.

« Dans la vallée de l'Amazone, dit Agassiz, le sol était autrefois recouvert par les glaciers ;.... le caractère de l'inégalité des roches est bien celui produit par le mouvement arrondissant que nous constatons partout où ont agi les glaciers. Les moraines existent. » L'illustre savant a fait des remarques d'un autre ordre qui l'ont conduit à de mêmes affirmations pour la région de l'Amazone. « Si vous jetez les yeux sur l'embouchure de l'Amazone, vous serez frappés de l'absence du delta. La plus grande rivière de la terre, celle qui transporte un volume de boue plus considérable qu'aucun autre fleuve, est privée de delta, tandis que le Nil, le Mississipi, le Gange, tous les grands fleuves de notre globe, présentent de vastes deltas formés par l'accumulation de détritus qui tombent à leur extrémité lorsque l'eau cesse de tomber avec une vitesse suffisante pour les charrier. Quelle peut en être la raison? C'est la nature de la côte, qui n'est composée que de matériaux désagrégés, jadis triturés par le glacier, et qui s'accumulent

le long des rivages. L'évidence de ces dépôts glaciaires est hors de doute au fond de toutes les rivières de l'Amérique du Sud. Je les ai vus dans le Rio-Negro, dans le Para, le Madeira, le Tapajos, le Xingu, les Tocantins et dans d'autres rivières présentant partout le même caractère. »

Si la présence des glaciers est incontestable à certains moments de l'époque quaternaire, l'action des déluges n'est pas moins certaine. Partout les terrains tertiaires, sur un grand nombre de points de l'Europe, sont couverts d'une couche de débris formés de limon, de matériaux roulés, d'un terrain remué, bouleversé par les eaux, que l'on désigne sous le nom de *diluvium*. Les érosions que l'on observe au bas des collines prouvent encore que des inondations formidables, des déluges, ont jadis balayé le sol de l'Europe, et des observations analogues ont pu être faites en Asie.

Quelle est la cause de la formation de ces glaciers? quelle est celle de ces inondations immenses? C'est à quoi la science moderne ne sait pas encore répondre d'une façon certaine.

CHAPITRE VII

L'HOMME FOSSILE

I

Les débris humains et les fossiles. — Opinion de Cuvier sur l'antiquité de l'homme. — Les cavernes à ossements et leurs habitants. — Les cavernes de Liège. — La grotte d'Arcy. — Aurignac. — Découvertes de M. Lartet. — Les cavernes de l'Ariège et des Pyrénées.

Il n'y a guère plus de quarante ans que les investigations de trois sciences, que l'on peut appeler sœurs, la géologie, la paléontologie et l'archéologie, ont dévoilé d'innombrables débris qui ont fait reculer la naissance de l'homme jusqu'aux temps géologiques, et ont démontré qu'il a été le contemporain des dernières espèces fossiles que nous venons de passer en revue. La notion de l'homme fossile a d'abord soulevé un grand nombre d'objections. Quand des naturalistes ont montré les

premiers restes humains, provenant de terrains quaternaires, l'étonnement n'a pas été moindre que lorsque Palissy faisait voir ses coquilles fossiles aux docteurs de Paris. Mais aujourd'hui, plus vite qu'alors, il a fallu se rendre à l'évidence. C'est en vain que les objections plus ou moins spécieuses allaient à l'encontre des affirmations; celles-ci passaient outre avec le solide appui des faits allant toujours en se multipliant. C'est en vain aussi que l'on alléguait les documents historiques et que l'on cherchait un allié dans le génie du grand Cuvier. La vérité a dû se faire jour. Nous ajouterons, au reste, que Cuvier, dont on cite souvent l'opinion sans la bien connaître, ne niait pas la haute antiquité de l'homme par cela seulement qu'il refusait d'admettre sa coexistence avec les pachydermes d'espèces éteintes. Notre grand naturaliste n'a jamais été aussi absolu. En 1825, il dit qu'on n'a encore trouvé *ni homme ni singe fossile*, et il n'affirme rien de plus. C'est méconnaître l'esprit de ce grand maître, de le faire conclure, sans preuve aucune, que l'apparition de l'homme sur la terre est d'une date récente. Le créateur de la paléontologie, le fondateur de l'anatomie comparée, n'a jamais dit : « *Il n'y a pas d'homme fossile;* » il a dit: les faits manquant : « *Je n'ai pas trouvé d'homme fossile.* »

Aujourd'hui, grâce aux recherches des géologues, les débris provenant d'une industrie primitive, les restes mêmes de l'homme fossile, c'est-à-dire de l'homme des temps quaternaires, sont innombrables. Ils forment des musées entiers, et chaque jour de nouvelles découvertes apportent de nouveaux faits à cet égard. Les sources où

la science puise ces restes précieux sont diverses ; nous allons les étudier successivement.

Les cavernes et les grottes, que l'on rencontre à des hauteurs très variables dans le flanc des montagnes rocheuses, forment de véritables musées naturels où sont amoncelés ces précieux vestiges des mondes anéantis.

Rien n'est plus varié que l'aspect de ces souterrains, qui atteignent parfois quelques milliers de mètres d'étendue avec des différences de niveau plus ou moins considérables. La plupart sont découpés dans les roches calcaires, comme on l'observe en Irlande, en Angleterre, en Belgique, dans les Alpes, les Pyrénées et les Apennins, où quelques-uns d'entre eux jouissent d'une grande célébrité. Les dépôts cristallins calcaires y produisent souvent des stalagmites et des stalactites, dans lesquels l'imagination retrouve les formes d'objets réels et qui sont l'œuvre des gouttes d'eau qui les façonnent à travers les siècles par les résidus calcaires qu'elles abandonnent sous le jeu de l'évaporation spontanée. La puissance du développement de ces blocs d'albâtre ne peut être d'aucun secours pour la détermination de leur âge, la vitesse d'écoulement des eaux, la solubilité du calcaire modifiant de toutes pièces la nature du dépôt. Quelques grottes sont toutes hérissées de ces incrustations calcaires, modelées, découpées, ciselées de toutes manières et formant des colonnes, des plis ondoyants, des draperies d'albâtre qui apparaissent comme les ornements d'une architecture capricieuse : d'autres grottes ne renferment que des traces de ces formations cristallines, d'autres enfin en sont complètement dépourvues,

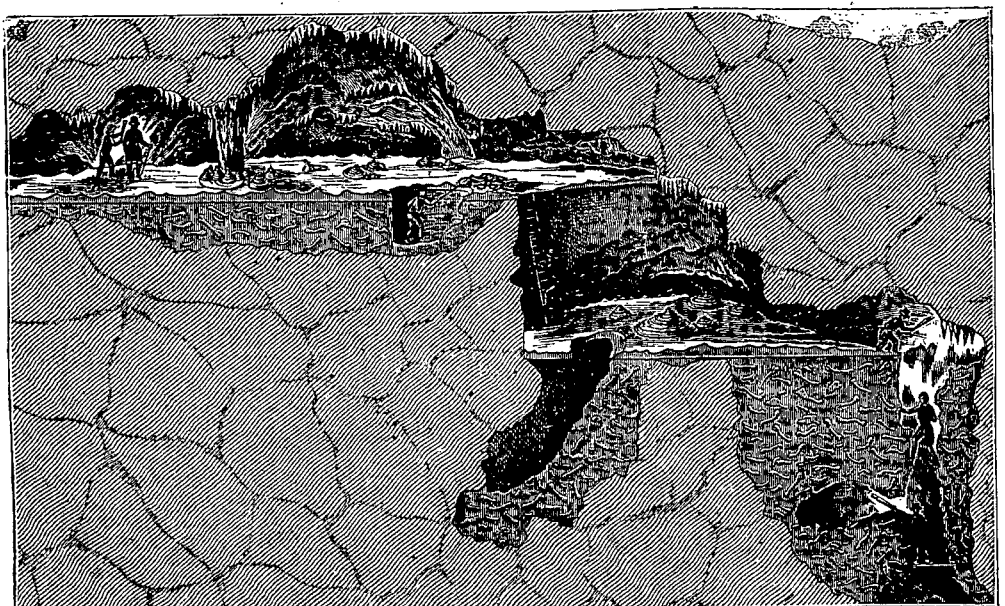


Fig. 91. — Coupe verticale de la caverne de Gaileureuth, en Franconie (d'après Alcide d'Orbigny).

et celles-ci sont en général plus favorables aux investigations.

Sous le plancher constitué par la couche stalagmitique, on rencontre généralement des dépôts d'argile, dite argile à ossements. C'est une terre souvent rougeâtre, offrant une sorte de stratification ; tantôt meuble et friable, tantôt imprégnée de calcaire jusqu'au point de résister à la pioche ; offrant une épaisseur variable, la couche à ossements des cavernes présente les caractères les plus divers. On y rencontre les vestiges de presque tous les animaux de l'époque quaternaire, très souvent mélangés à des restes d'ossements humains, à des haches en silex ou à d'autres débris de l'industrie primitive. On se fera une idée exacte de ces grottes à ossements en jetant les yeux sur la coupe verticale de la belle caverne de Gaileureuth, où se sont faites des découvertes importantes (fig. 91).

De tout temps les cavernes ont servi de demeure, de sépulcre ou de refuge aux hommes. Les auteurs anciens nous parlent des troglodytes ou habitants des cavernes de l'Asie Mineure, de la Grèce et de l'Italie ; Jules César nous rapporte qu'il fit enfermer dans des souterrains naturels les Gaulois qui le combattaient ; à l'époque des Dragonnades, les protestants persécutés se sauvaient dans les cavernes, et, de nos jours encore, les habitants des forêts s'abritent souvent dans des grottes de pierre. Aussi n'y a-t-il pas lieu de s'étonner de l'accumulation d'ossements et de débris qui s'y rencontrent. C'est ainsi que la caverne de Malet, dans les Cévennes, a offert un singulier amoncellement d'objets les plus divers. Des

fragments de poteries romaines, une statuette d'un sénateur romain, des haches en silex poli et autres armes de pierre, appartenant à une civilisation bien antérieure, une véritable sépulture d'ossements d'hommes et d'ours, des objets d'art de fabrications plus récente, des crânes d'ours placés les uns sur les autres en forme de pyramide, trouvés dans le même souterrain, ont apparu successivement comme les sûrs témoignages des nombreux visiteurs qui l'ont parcouru à des époques différentes.

Il est facile de distinguer ces mélanges ultérieurs, d'en assigner la date comparative, et les découvertes de ce genre ne sont d'aucun secours pour l'histoire de l'homme fossile. Mais il en est tout autrement quand les ossements ou les débris humains se rencontrent, comme cela se présente très fréquemment, dans les mêmes circonstances que les autres os d'animaux. S'ils sont enveloppés dans la même argile, ne portant pas de trace de remaniements, s'ils reposent sous une couche de stalagmite bien intacte et bien conservée, s'ils sont emprisonnés avec des os d'espèces éteintes, dans un même bloc de pierre n'offrant aucun indice de dégradation, si l'observation enfin a été faite dans un très grand nombre de localités par des observateurs dignes de foi, la contemporanéité de l'homme avec les espèces fossiles n'est plus douteuse.

En 1833, le docteur Schmerling publia un ouvrage important sur les cavernes situées aux environs de Liège ; il explora chacune d'elles, et tous les ossements qu'elles renfermaient furent soumis à son examen. La

pièce la plus curieuse de la collection de ce savant géologue consistait en la calotte d'un crâne trouvé dans la caverne d'Engis, à plus d'un mètre de profondeur, dans une brèche osseuse non remaniée. La terre qui enveloppait ce crâne ne présentait aucune trace de modification ultérieure ; elle renfermait des dents de cheval, d'ours, d'hyène, de rhinocéros et de ruminants fossiles, associés à une clavicule et un os du carpe humains. Dans la caverne d'Engiboul, Schmerling trouva encore, dans des circonstances analogues, des os humains, radius du coude, os des extrémités, soudés ensemble dans un bloc calcaire.

La caverne de Lherme a aussi fourni à la science des dents, une omoplate et des os du bras humain, mélangés avec des ossements d'ours, de lion, d'hyène des cavernes, enfouis dans une couche stalagmitique tellement résistante qu'elle se brise difficilement sous le choc du marteau. Sept crânes d'*Ursus spelœus*, cinquante demi-mâchoires, trois cents dents, une infinité d'os brisés, un couteau de silex, un os creux d'ours des cavernes transformé en un instrument tranchant, trois mâchoires de la même espèce, percées d'un trou, un andouiller de cerf aminci au sommet et taillé à la base, une vingtaine de demi-mâchoires d'ours transformées en crochets capables de servir d'arme offensive ou de houe pour remuer la terre, et sur lesquelles on compte les entailles et les coupures faites avec le tranchant d'un outil de pierre, ont été retirés de la couche cristalline.

La grotte d'Arcy, près d'Avallon (Yonne), étudiée

par M. de Vibraye, contenant dans son sein un nombre considérable de débris d'ours des cavernes associés à une mâchoire et une dent humaine emprisonnés dans une enveloppe résistante d'argile rouge, la caverne de Neanderthal, renfermant, sous une couche diluvienne d'une grande dureté, des os d'ours et un squelette humain, dont on put enlever, sans les briser, la calotte crânienne, la cuisse, l'humérus, un cubitus, une clavicule et quelques autres fragments recouverts de dendrites élégamment ramifiées comme de la mousse, sont de nouveaux et irrécusables arguments de l'antiquité de l'homme.

Mais les travaux de M. Lartet, sur la caverne d'Aurignac, ont été généralement regardés à leur apparition comme les meilleures preuves de la préexistence de l'homme avec les animaux de l'époque quaternaire. Aurignac est un chef-lieu de canton de la Haute-Garonne, situé à côté de la colline de Fajoles. Cette colline, formée de terrains nummulitiques, offrait dans un de ses escarpements un trou bien connu des chasseurs, qui y voyaient souvent disparaître les lapins dont ils convoitaient la capture. En 1852, un ouvrier terrassier enfonça son bras dans ce trou pour juger de sa profondeur. Il ne tarda pas à en retirer un os qui excita vivement sa curiosité; continuant ses investigations, il attaqua les bords de l'orifice et rencontra une plaque de grès qui fermait une ouverture. Après l'avoir enlevée, il se trouva devant un véritable ossuaire humain.

Cette découverte eut un grand retentissement, et le

docteur Amiel, qui était maire de l'endroit, recueillit tous les os afin de les réintégrer dans le cimetière : il fit disparaître ainsi ce riche trésor à jamais perdu pour les antiquaires et les géologues. Toutefois le docteur Amiel s'assura, en comptant les os homologues, qu'ils devaient avoir appartenu à dix-sept squelettes des deux sexes et de tout âge.

C'est en 1860 que M. Lartet passa à Aurignac, résolu à faire de sérieuses recherches, après avoir vu quelques débris retirés de la caverne. Aidé par quelques travailleurs intelligents, il en commença l'exploration méthodique. En dehors de la grotte il trouva un lit de cendres et de charbons qui s'étendait sur une surface d'un demi-mètre carré, au-dessus d'un foyer nummulitique soutenant des fragments de grès noircis par l'action du feu. Les cendres renfermaient au moins une centaine de couteaux et de projectiles en silex ; des flèches en os et des ustensiles en corne de renne, un poinçon en corne de chevreuil, gisaient pêle-mêle à côté de nombreux fragments d'*Ursus spelœus*, de *Felis spelœa* d'*Elephas primigenius*, de *Cervus elaphus* et d'os d'herbivores qui avaient été fendus pour en extraire la moelle. Sur les neuf espèces caractéristiques du terrain quaternaire, huit espèces se trouvèrent là avec deux molaires de *Rhinoceros tichorinus*, mêlés avec des os de ce même animal, qui portaient nettement les marques du travail humain par leur coupure nettement opérée avec un instrument tranchant.

Nous avons visité, en compagnie de notre ami le docteur Garrigou, dont nous avons parlé précédemment,

quelques-unes des remarquables cavernes de l'Ariège; des fouilles ont même été faites sous nos yeux. Les débris animaux ou humains sont réunis là pêle-mêle, et en telle profusion, qu'en quelques heures de temps nous avons recueilli quelques haches en pierre polie, un polissoir en granit, des ossements nombreux d'animaux domestiques et des débris de mâchoires d'ours fossile. Cet animal était jadis très abondant dans ces contrées, on en retrouve des ossements et souvent des têtes entières dans la plupart des cavernes de l'Ariège. Dans une seule caverne, le docteur Garrigou a retiré plus de quinze crânes d'ours fossiles admirablement conservés (fig. 92).

Depuis ces découvertes, dont le récit sommaire forme comme l'histoire de l'exploration des cavernes, les recherches du même ordre se sont multipliées dans la plupart des nations civilisées, et les résultats obtenus ont permis à la science de recueillir d'innombrables documents.

C'est ainsi que sur les bords de la rivière de Wye, dans le comté de Worcester en Angleterre, on vient tout récemment de découvrir vingt nouvelles cavernes à ossements, dont trois seulement ont été explorées. Dans l'une d'elles, on a rencontré des monnaies précieuses de la période romano-britannique et deux crânes humains très bien conservés. En creusant un peu plus profondément, on a mis à nu une pierre si dure, qu'il a fallu l'emploi de la poudre de mine pour la faire sauter. Sous cette enveloppe résistante, on a trouvé des ossements très abondants, appartenant pour

Fig. 92. — Crânes d'ours fossiles déterrés dans une caverne de l'Ariège.

la plupart à l'ours des cavernes. Au-dessous de ces débris, une nouvelle couche de pierre s'est présentée, on l'a brisée, et on a vu qu'elle cachait des restes admirablement conservés d'éléphants fossiles, de lions et d'hyènes des cavernes.

Ce n'est pas seulement dans les souterrains naturels qu'apparaissent les vestiges des civilisations primitives. Les terrains quaternaires eux-mêmes en contiennent à profusion, comme l'a surtout démontré l'illustre Boucher de Perthes. Dès 1847, cet homme « voué au culte de la science, » suivant l'expression d'Élie de Beaumont, a appelé l'attention publique sur les *haches de pierre* des premiers âges humains. C'est encore lui qui a mis la main sur la fameuse mâchoire de Moulin-Quignon, près d'Abbeville, et qui a opéré par cette découverte et les débats auxquels elle a donné lieu, une véritable révolution dans la nouvelle branche de l'investigation dont nous nous occupons actuellement. Aujourd'hui, qu'il n'est plus permis de mettre en doute l'existence de l'homme à l'époque quaternaire, il est inutile de revenir sur des discussions que nous passerons sous silence.

II

Les *Kjækkenmæddings*, ou amas de débris de cuisine des hommes primitifs. — Les vestiges des âges antéhistoriques au Danemark. — Les tourbières et leurs couches distinctes. — L'âge de pierre. — L'âge du bronze. — L'âge du fer. — Les cités lacustres,

L'étude de *kjœkkenmœddings*, ou débris de la cuisine des peuples primitifs des marais tourbeux du Danemark, des habitants lacustres de la Suisse et de l'Italie, a surtout fourni à la science de précieux documents sur l'homme primitif.

Grâce aux travaux de MM. Troyon, Morlot, Keller, Desor, en Suisse, aux vues hardies de quelques naturalistes du Danemark, aux études de MM. Stopani et Nicolucci, en Italie, aux belles recherches de MM. Lartet, Christy, Boucher de Perthes, de Mortillet, en France, aux investigations des savants de tous les pays, il nous est permis de retracer à grands traits l'histoire de ces temps reculés, d'esquisser parfois la vie, les mœurs et les coutumes de l'homme fossile, d'opposer son industrie naïve aux travaux de l'art actuel, et de faire voir que l'humanité à son berceau, si primitive qu'elle ait été,

a toujours eu en elle un germe d'intelligence qui devait acquérir un si grand développement dans la suite des âges.

Sur un grand nombre de points de la côte du Danemark, on rencontre, à proximité de la mer, des accumulations de coquilles d'un volume très variable, qui atteignent quelquefois trois cents mètres de longueur sur une largeur de soixante mètres et une épaisseur de trois mètres. Çà et là ces amas sont disposés circulairement autour d'un centre vide qui paraît avoir servi de lieu d'habitation.

Ces accumulations d'os et de coquilles, connues depuis fort longtemps, avaient d'abord été considérées comme des dépôts naturels ; des observations récentes ont démontré que l'homme seul avait pu constituer ces amas, incontestablement formés par les débris de sa nourriture. Aussi les Danois les ont-ils appelés *kjœkken-mœddings*, ou amas de débris de cuisine. Des milliers de coquilles d'huîtres, de cardiums ou autres mollusques comestibles s'y rencontrent de toutes parts ; des os de quadrupèdes, d'oiseaux et de poissons y sont entassés pêle-mêle ; des couteaux, des haches et d'autres instruments de pierre y sont répandus à profusion avec des fragments de poteries grossières, des outils de corne et d'os, du bois carbonisé et des cendres. En 1847, une commission, chargée d'étudier ces monticules de coquilles du Danemark, rassembla une magnifique collection formée de dix mille échantillons déterminés, d'animaux trouvés dans ces accumulations. Au milieu de coquilles se rencontrèrent de nombreuses espèces d'a-

nimaux sauvages ; l'*Urus* ou *Bos primigenius* est la seule espèce actuellement éteinte qui s'y trouve ; les restes de castors et de phoques y abondent. Des os de daim, de chevreuil, de lynx, de loup, de renard s'y recueillent tout brisés, comme s'ils l'avaient été par un instrument destiné à leur enlever la moelle.

Les kjœkkenmœddings offrent, comme on le voit, le plus grand intérêt ; ils nous montrent, après quelques centaines de siècles, les débris des aliments qui ont nourri de rudes chasseurs, de hardis pêcheurs, dont le souvenir semblait devoir être à tout jamais perdu dans les profondeurs du passé.

Les tourbières du Danemark sont pour nous la source de curiosités peut-être plus remarquables encore. Il n'est pas un mètre carré de ces marais qui n'ait gardé des traces humaines ; les ossements, les débris de toute sorte qui s'y rencontrent, offrent aux savants d'inépuisables sujets d'étude : la nature semble avoir pris soin de conserver ces vestiges afin de nous permettre d'en dévoiler l'origine. Les tourbières du Danemark, en effet, sont nettement formées de trois couches superposées qui nous tiennent un différent langage et offrent à nos regards trois périodes de végétation ; la plus ancienne est la période du pin, complètement disparue aujourd'hui ; la deuxième est la période du chêne, actuellement très rare ; la troisième période, enfin, est celle du hêtre, qui étend encore ses rameaux épais sur le sol du Nord. La tourbe a gardé les objets qui y sont tombés, et les fouilles qu'on y exécute y font voir trois musées bien distincts, changeant pour ainsi dire leurs collections à

chaque période de végétation nouvelle. Les débris humains manquent dans la première couche de la tourbe amorphe ; des armes de pierre et d'os se rencontrent sur la deuxième couche ; des armes et des ustensiles de bronze apparaissent enfin dans la région qui est plus rapprochée du sol. D'après ces observations, le premier cycle de l'histoire a été divisé en trois âges par les savants danois.

1° *Age de pierre.* Pendant cette période, l'homme s'arme et se crée des outils en taillant les silex ou d'autres pierres ; le feu lui est déjà connu, comme l'attestent les cendres et le bois carbonisé (cet âge se subdivise généralement en deux époques distinctes : âge de la *pierre brute,* âge de la *pierre polie*) ;

2° *Age de bronze.* Durant cette deuxième période, l'homme a découvert et travaillé des métaux ; il sait unir le cuivre à l'étain et façonner des ustensiles et des outils précieux (des découvertes effectuées en Amérique nous permettent de parler d'un âge intermédiaire, l'*âge de cuivre,* pendant lequel les peuplades primitives employaient ce métal, qui s'offrait directement à eux à l'état natif) ;

3° L'*âge de fer* vient en dernier lieu et nous offre le spectacle d'une industrie plus avancée. Cette période est un pas immense réalisé par l'humanité, qui découvre alors le verre, invente les monnaies et tire de son intelligence la puissante conception de l'alphabet.

Ces termes pourraient impliquer des idées très fausses si on y attachait un sens trop absolu et si on supposait que la civilisation, caractérisée par l'emploi de ces di-

verses matières, était uniformément répandue à la surface du globe. A ces époques reculées, il existait entre les différentes nations des caractères bien tranchés, comme de nos jours, où nous voyons d'immenses étendues de continents peuplées par des races de l'âge de pierre (intérieur du Brésil, etc.) en même temps que l'âge de fer règne en Polynésie, et l'*âge des armes à feu* en Europe. Quoi qu'il en soit, cette division n'en subsiste pas moins, comme l'ont confirmé les géologues de la Suisse, en mettant au jour une nouvelle espèce de monuments qui mérite toute notre attention.

Nous avons vu que les cavernes et les trous de rocher avaient souvent servi d'habitation aux premiers hommes; les cabanes construites de branches et de feuillages entrelacés, les constructions sur pilotis surtout leur ont encore offert un abri.

Le singulier mode de construction des peuples lacustres n'a rien qui doive nous surprendre : Hérodote nous parle des Pæoniens, qui habitaient le lac Prusias; Dumont-d'Urville nous donne la description de semblables villages qui s'étendent de nos jours au-dessus des lacs de la Nouvelle-Guinée. Les Malais et les Chinois de Bangkok appuient leurs maisons sur des pieux plantés dans le limon des lacs; la lagune de Maracaybo, enfin, nous offre un nouvel exemple d'une petite Venise de bois, connue sous le nom de Vénézuela. Sous la République romaine, les Bataves se logeaient dans des baraques supportées par des pieux élevés très haut au-dessus du sol; quelques peuplades qui vivent au milieu des savanes de l'Orénoque ou de l'Amazone se construi-

sent actuellement des habitations du même genre ; les Javanais eux-mêmes se mettent à l'abri des tigres dans des cabanes presque isolées du sol.

L'homme trouvait au-dessus des lacs une habitation où il pouvait sans inquiétude se reposer des fatigues, en obéissant peut-être aussi à l'invincible attrait qu'exerce l'eau sur tous les peuples.

Dans l'hiver de 1853 à 1854, M. Ferdinand Keller commença à étudier les objets singuliers mis à nu par le retrait des eaux du lac de Zurich. Des pilotis, des ossements, des pierres noircies par le feu, des ustensiles de toute sorte lui démontrèrent l'existence d'un ancien village. D'autres naturalistes continuèrent ces curieuses recherches, et bientôt la Suisse presque tout entière, l'Italie, le Brandebourg, l'Islande, le Canada, la Nouvelle-Guinée et l'île Vaigiou, allaient fournir de nouvelles preuves de l'existence de nombreuses tribus qui peuplaient ces pays avant qu'ils eussent une histoire. Aujourd'hui les découvertes se sont tellement accumulées, en France, en Italie, en Allemagne, en Belgique, que la notion de l'homme fossile, d'abord rejetée par quelques esprits scrupuleux, est admise sans conteste par presque tous les savants.

III

La naissance de la civilisation. — Reconstitution des cités lacustres. — Mœurs et usages de l'homme primitif. — La hache de pierre. — Naissance de l'agriculture, de l'industrie et du commerce. — Les arts du dessin et de la sculpture. — Nourriture de l'homme primitif. — Les boissons. — Ensevelissement des morts.

On comprend que les premiers hommes, cherchant à se garantir de l'attaque des bêtes féroces ou des surprises d'un ennemi, aient construit dans les pays lacustres qu'ils habitaient des demeures sur pilotis. Grâce à leurs canots, ils pouvaient se transporter facilement sur tous les points de la côte, et en même temps leurs maisons leur servaient d'habitation de pêche.

Peut-être aussi obéissaient-ils à cet invincible attrait exercé par les eaux sur tous les peuples, en construisant, comme le font aujourd'hui les habitants de la Nouvelle-Guinée, des villages appuyés sur des pieux fichés au fond des lacs.

Les vestiges de ces mondes détruits sont assez nombreux pour qu'il soit possible de rebâtir par la pensée les cabanes lacustres de l'antique Helvétie. Un simple

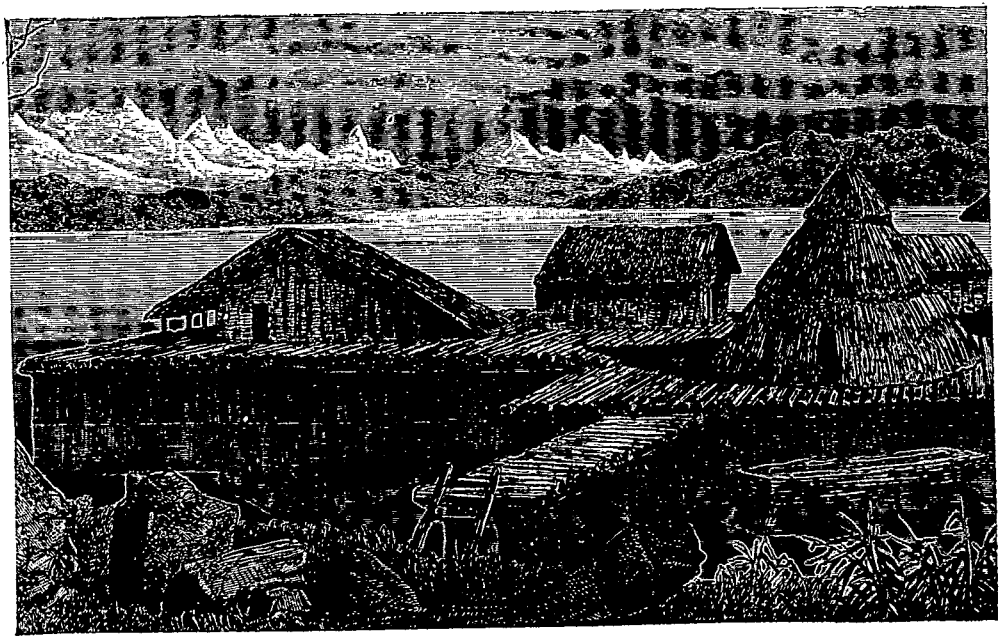


Fig. 93. — Vue d'une cité lacustre, d'après une restauration du Dr Keller.

coup d'œil à travers l'eau suffit pour faire voir les pilotis rangés parallèlement ou plantés en désordre, les poutres noircies, les toits représentés par quelques couches de roseaux et de paille. Les pierres des foyers, les vases d'argile, les amas de mousse qui servaient de lit de repos, les armes grossières en silex, tout se retrouve enfoui dans le limon du lac.

A travers un passé de quelques milliers de siècles, nous pouvons admirer cette singulière agglomération de petites huttes resserrées les unes contre les autres à la surface des eaux (fig. 93). Nous revoyons ces rives presque désertes, dont quelques animaux domestiques égayent les clairières ; ces forêts silencieuses où les grands arbres étendent leurs rideaux de verdure sur le sol que l'homme n'ose pas habiter. Sur les flots, au contraire, tout est mouvement. Deux ou trois cents cabanes semblent voguer sur la plaine liquide ; la fumée du foyer s'élève dans l'atmosphère, la population s'agite sur les plates-formes, les canots vont et viennent : l'eau paraît être le véritable domaine de l'homme.

La vue de ces restes de maisons primitives cause un vif étonnement quand on songe aux outils grossiers, aux haches de pierre qui seules ont servi au travail de leur construction. Il fallait façonner des outils en usant les pierres les unes contre les autres, et n'obtenir ainsi que de faibles ressources. Cependant les arbres étaient abattus, les troncs coupés, les poutres taillées en pointe, les planches séparées, et bientôt les populations lacustres élevaient leur demeure au sein des eaux, les entouraient de palissades, d'esplanades où de

quais en bois, sur lesquels ils s'embarquaient à bord de canots légers. Ils creusaient en outre des fossés sur les rivages pour défendre leurs animaux domestiques des bêtes féroces; ils élevaient leurs tombeaux et des monuments religieux sur les hauteurs et menaient de front la pêche, la chasse et la guerre. Ils cultivaient la terre et ne se servaient toujours que d'instruments d'os ou de

Fig. 94.
Hache en silex de la vallée de la Somme.

Fig. 95. — Grattoir en silex (caverne du Périgord).

pierre. Quelle patience il fallait pour fabriquer ces outils ou ces armes, pour les emmancher, pour les réparer ! La pierre ne pouvait être taillée que par la pierre : on comprend difficilement comment ces infatigables ouvriers pouvaient donner le fini aux lames ou aux pointes de silex, surtout quand ils s'attaquaient aux substances les plus dures, telles que le cristal de roche.

La hache et les outils de pierre ont joué un grand rôle dans l'industrie primitive : c'est par monceaux qu'on les retrouve dans les terrains quaternaires de tous les pays et dans les lacs de la Suisse. Leur forme, leur aspect, diffèrent suivant les nations, et les haches suisses se distinguent par des caractères particuliers. Il n'y a là rien qui doive nous surprendre ; les géologues ont reconnu depuis longtemps que le niveau des connaissances humaines n'était pas le même à la même époque dans les différentes régions de l'Europe. Le fleuve de la civilisation coulait alors avec une excessive lenteur, et des siècles s'écoulaient avant que le moindre progrès se propageât du midi de l'Europe dans les froides contrées du Nord. Les figures 94, 95 et 96, pourront donner une idée de la forme que l'homme primitif donnait au silex.

La hache n'est pas la seule arme des lacustres ; les flèches en silex (fig. 97), qui devaient être assujetties à l'extrémité de solides roseaux, se sont rencontrées en France, en Angleterre, dans la Scandinavie et sur les bords du Mississipi. Le fond des lacs de la Suisse fourmille parfois de cailloux aux arêtes vives, attestant que la fronde déjà connue était employée à lancer les

projectiles. Les lacustres, habiles dans l'art de la guerre, avaient imaginé des balles incendiaires formées de charbon et d'argile. Rougis au feu, ces boulets servaient à l'attaque ; lancés sur les cabanes ennemies, ils

Fig. 96.
Couteau en silex

Fig. 97. — Pointe de flèche fixée par une ligature.

en enflammaient le chaume; le feu ne tardait pas à gagner de proche en proche et à étendre ses ravages sur la colonie tout entière.

Malgré cet instinct guerrier, nous retrouvons dans l'intelligence rudimentaire de l'homme primitif l'instinct

des douceurs de la paix; il aime aussi à goûter les bienfaits dont l'agriculture et l'industrie sont une inépuisable source. Témoins ces lames de silex, tranchantes et dentelées, ces couteaux et ces scies (fig. 98), ces

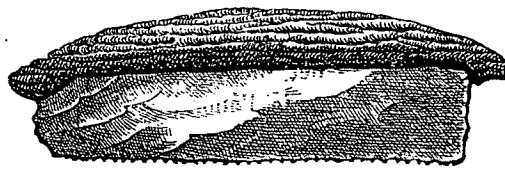


Fig. 98. — Scie en silex des lacustres, emmanchée sur un bois de cerf (d'après M. Desor).

meules à aiguiser, ces tranchets, ces aiguilles, qui ne sont plus les instruments de la destruction, mais bien les véritables armes du travail.

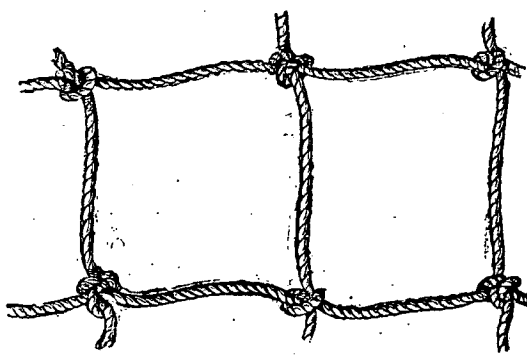


Fig. 99. — Filet à grandes mailles, recueilli dans le lac de Robenhausen (d'après le Dr Keller.)

D'abord adonné à la pêche et à la chasse, comme l'attestent les débris de filets des lacs de la Suisse (fig. 99),

l'homme ne tarde pas à se livrer à la culture; il s'entoure d'animaux domestiques; il boit le lait de ses troupeaux, se nourrit de leur chair, se revêt de leur dépouille. Il s'aperçoit que la terre ne refuse rien au labeur patient, qu'elle est généreuse envers celui qui sait lui ravir les ressources dont elle abonde : immense progrès d'où découlent tous les autres. La culture des champs enfante l'abondance, et permet à l'homme de goûter les fruits du repos. Il les consacre à la méditation; ses bras cessent d'agir, mais sa pensée agit, l'intelligence s'éveille, l'observation va se révéler, l'art et les sciences qui en dérivent ne tarderont pas à naître.

Mais que d'incertitudes, que de tâtonnements pour conquérir quelque invention, pour ajouter une pierre au monument du progrès! Que de siècles ont dû s'écouler avant que l'homme ait atteint le premier degré de la civilisation, avant que son intelligence lui ait permis de s'élever au-dessus des animaux, dont la supériorité a d'abord été manifeste! Avant de savoir construire une demeure, l'architecture humaine a dû pendant longtemps rester bien inférieure à celle dont l'industrie des abeilles et des fourmis lui offrait un précieux modèle. L'homme n'a eu d'abord d'autre asile que celui des rochers et des grottes naturelles.

Une fois que la paix a succédé à la guerre, les conceptions de l'esprit engendrent sans cesse de nouveaux bienfaits; le commerce ne tarde pas à prendre naissance à côté de l'agriculture. Des objets de provenance lointaine, la néphrite de l'Ouest, l'ambre jaune de la

Baltique, l'étain du Cornouailles, trouvés parmi les débris des cités lacustres, sont le témoignage des échanges organisés avec les peuples navigateurs, peut-être avec les Phéniciens, qui, de si bonne heure, s'étaient imposé la tâche d'explorer la surface du globe. A l'aurore des civilisations, ces hardis marins bravaient déjà les flots sur de simples barques et se jouaient des dangers de l'Océan ; ils savaient se rendre maîtres de la tempête, et ne craignaient pas de l'affronter pour marcher à la conquête de pays lointains.

Le germe de toutes les facultés de l'intelligence se retrouve dans le cerveau de l'homme primitif ; à l'apparition des sociétés, son esprit est déjà accessible à l'imagination. L'homme paraît être né poète et artiste, et de nombreux échantillons de son art sont parvenus jusqu'à nous. A peine un outil grossier s'agite-t-il entre ses doigts, il l'emploie à la sculpture et au dessin ; quelques os, quelques morceaux de schiste ou de phyllade sont les premières toiles qu'il ébauche. La nature lui sert de modèle, et il se plaît à représenter des têtes de poisson, d'ours, de cerf, d'aurochs ou de bouquetin. Il creuse intérieurement les bois de cerf et les transforme en vases servant à boire ; à défaut d'outils, il se sert de ses mains et façonne avec de l'argile mêlée de quartz les poteries dont nous retrouvons presque partout les nombreux débris, comme les précieux témoins de la céramique à son enfance (fig. 100). Un peu plus tard, la pâte est façonnée au tour, séchée sous l'action des rayons solaires, et produit des vases d'une forme analogue à celle des poteries modernes. Quel-

quefois, des anses d'une certaine élégance, des dessins d'un goût incontestable achèvent l'objet d'art. La forme de ces poteries varie suivant les usages : amphores, vaisselle culinaire, vases aplatis, destinés à être chauffés, rien ne fait défaut à ces antiques peuplades; il ne leur manque que les inutilités ruineuses des âges postérieurs, que les mille riens dont le luxe moderne a su faire des objets indispensables.

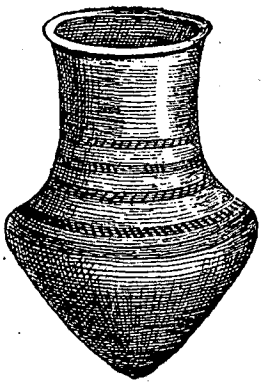


Fig. 100.
Vase en terre des cités lacustres.

Cependant l'homme ne s'en est pas tenu longtemps aux productions d'une industrie aussi naïve, et, bien avant Voltaire, le superflu a été plus ou moins considéré comme chose nécessaire. Le besoin de se vêtir, qui a donné d'abord naissance à des tissus grossiers (fig. 101), n'a pas tardé à dégénérer en besoin de se parer ; quant à la coquetterie, elle a dû naître avec la première femme. D'abord nu, l'homme se couvre de peaux d'animaux rattachées par des fibres ligneuses, et dans la

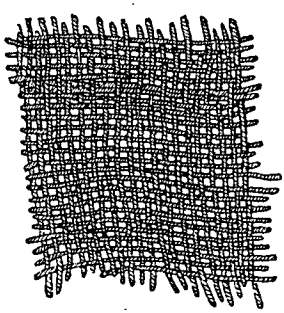


Fig. 101.
Tissu de l'âge de bronze des cités lacustres.

suite, les tissus succèdent à ces vêtements grossiers ; il relève ses cheveux avec des épingles en os, charge sa poitrine de nombreuses dents d'ours et passe des bagues d'ivoire à ses doigts. Des dents de chien, de renard ou de loup, des rondelles de coquillages sont d'abord percées pour former des colliers, et plus tard, la compagne de l'homme, ne trouvant pas ces objets dignes de rehausser ses attraits, se pare, après l'âge de pierre, d'agrafes, d'épingles, de colliers et de bracelets en bronze (fig. 102).

Fig. 102.
Bracelet de bronze trouvé dans les cités lacustres.

Contrairement aux ruines de l'Égypte, qui, jusqu'ici, se taisent sur la vie du peuple, pour nous dire seulement les noms de quelques rois et nous célébrer leurs exploits, les débris des peuplades primitives nous prodiguent les moindres détails de la vie, et il n'est pas jusqu'à des noisettes percées que nous ne retrouvions ensevelies dans la vase des cités lacustres, et qui servaient peut-être à quelque nourrice voulant faire sourire son enfant.

On ne sait pas ce que l'homme mangeait quand il est sorti des mains de la nature ; on ignore s'il était herbivore ou carnivore, mais il est certain que l'habitude ou la nécessité l'ont rendu par la suite herbivore et carnivore. Les débris de la cuisine du Danemark, dont il a été question précédemment, nous donnent

avec une précision absolue le menu des festins primitifs. L'huître comestible est le fonds de la nourriture des hommes antéhistoriques; les poissons, les crustacés vulgaires, les oiseaux aquatiques, les canards et les coqs de bruyère, qui paraissaient souvent encore à leur table, nous donnent une assez bonne opinion de leur instinct gastronomique. Ils mangeaient aussi la chair de l'urus ou bœuf primitif, du cerf, du chevreuil, et du renne, et ne dédaignaient pas non plus la loutre, le phoque, le chat sauvage, le loup, le renard et le chien domestique. Les amas de coquilles du Danemark ne renferment pas de traces de céréales, ce qui nous donne à penser que le pain était inconnu aux peuplades de ces régions. Les lacustres de la Suisse en faisaient certainement usage à la même époque : de nombreux débris d'espèces de céréales, entre autres de froment sont là pour l'affirmer. Le lac de Pfeffikon, dans la Suisse orientale, a enfin fourni à la science du pain carbonisé et des débris de fruits de toute nature.

Parmi les vestiges des animaux rencontrés dans le limon des lacs de la Suisse, on n'a trouvé qu'un seul ossement de lièvre; l'absence presque absolue de ce quadrupède donne à penser que les lacustres ne s'en nourrissaient pas, peut-être retenus par quelque superstition analogue à celle que l'on observe de nos jours encore chez les Lapons et que Jules César trouva en vigueur chez les Bretons.

Nous ne voulons pas quitter la table de l'homme primitif sans constater qu'il soumettait à la cuisson la viande dont il se nourrissait; les cendres, le charbon,

les os carbonisés retirés des dépôts sous-lacustres, des amas de coquilles du Danemark sont là pour l'affirmer. Quelques cavernes, renfermant des débris d'aliments sans aucune trace de feu, nous permettent de supposer que certaines peuplades ont pu manger la chair crue, comme le font aujourd'hui les Abyssins et les Samoyèdes.

Tous les peuples, les plus sauvages comme les plus civilisés, ont un goût prononcé pour les boissons enivrantes; il est probable qu'elles étaient connues de l'homme primitif. La chose cependant n'est pas tout à fait certaine. Il est possible que l'énorme quantité de fruits du cornouiller amoncelés dans le fond du lac de Timon soit les débris de la provision ayant servi aux Danois de l'âge de pierre à fabriquer une boisson acide ou fermentée; il serait étonnant que des tribus, dont la civilisation était certainement placée au-dessus du niveau de celle de certains sauvages actuels, n'aient pas inventé les breuvages alcooliques, et qu'ils n'aient pas recherché comme tous les peuples leur action enivrante. Les sauvages de l'île Viti n'ont-ils pas leur *kava*, les Africains du centre leur *pombé*, les Germains leur *cervoise*, les Péruviens leur *chica* et les Aryas leur *liqueur de l'oubli* ?

Après avoir abordé les occupations diverses qui remplissaient la vie de l'homme à ces âges reculés, il nous reste à le suivre quelques moments encore jusqu'à son lit de mort pour le confier à la sépulture, qui doit quelquefois en conserver les précieux vestiges.

Dans les temps antéhistoriques, on enterrait les morts:

des voûtes sépulcrales recevaient les cadavres qu'on y plaçait dans une position accroupie, le menton appuyé sur les genoux, les bras rapprochés de la tête et ramenés sur la poitrine, dans une position analogue à celle de l'enfant dans le sein de sa mère (fig. 103). Devons-nous

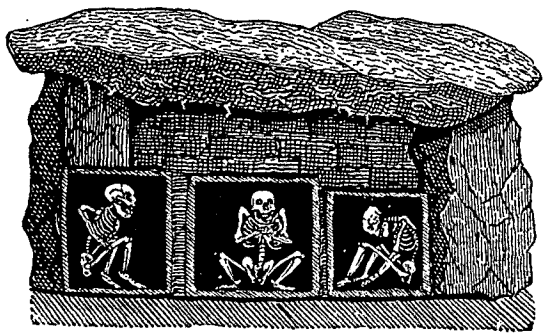


Fig. 103. — Un tombeau suédois du temps de l'âge de pierre.

retrouver dans ces faits un simple effet du hasard, ou faut-il supposer au contraire que la pensée de quelques-uns de ces hommes grossiers ait déjà été ouverte aux idées philosophiques et aux graves réflexions qu'inspire la mort? Ce rapprochement de la tombe et du berceau n'est-il pas l'indice de la singulière coïncidence qui paraît unir la naissance au trépas? ne nous fait-il pas voir que la lumière de la philosophie était peut-être à la veille d'éclairer l'humanité si mille causes de retard n'avaient alors opposé des barrières à la marche déjà lente du progrès?

L'étude des dépôts sous-lacustres de la Suisse nous apprend, en effet, que presque tous les antiques villages

de ces temps réculés ont péri par la destruction et l'incendie; que les fléaux de la guerre ont précédé les développements de la civilisation.

En Amérique, en Hindoustan, en Asie, les débris de l'homme antéhistorique ne nous signalent pas de périodes de convulsion; il n'en est pas de même pour l'Europe, où de terribles accidents ont dû modifier la face de l'humanité.

Les cités lacustres de la Suisse ont péri par la guerre, alors que l'histoire n'était pas née : les peuples de l'Helvétie ont succombé sous les coups du plus fort, et les haches de pierre ont été brisées par les armes de bronze des nouveaux venus, qui se rendaient facilement maîtres des cités lacustres. C'est ainsi que Fernand Cortès envahit tout le Mexique avec une poignée d'hommes hardis, armés d'instruments terribles d'où volait le feu de la mort.

Nous avons jusqu'ici parlé essentiellement des enseignements que fournit à la science l'étude des cités lacustres; ce sont, en effet, les lacs de la Suisse qui ont d'abord éclairé d'un jour tout nouveau les horizons du passé. Mais depuis ces premiers travaux, la science préhistorique a accompli des progrès immenses, et les chercheurs, en mettant à nu, sur la surface entière des pays civilisés, les vestiges de l'homme primitif, ont permis d'affirmer que l'histoire de ces temps reculés se subdivise en longues périodes qui embrassent sans doute une longue durée de siècles.

Les dépôts de transports quaternaires ou diluviens offrent d'abord des instruments grossiers en silex non

poli, dus certainement à une industrie naissante. Après la formation de nos vallées, et avant la disparition de la faune quaternaire, il paraît certain qu'une race de chasseurs vivait dans les cavernes, et ne connaissait d'autres outils que des os travaillés et des silex taillés. C'étaient des chasseurs de rennes, hommes intelligents, doués d'un sentiment artistique, comme l'attestent les vestiges des ciselures dont ils savaient orner leurs outils. A l'exposition universelle de 1867, on a pu admirer, dans les galeries consacrées à l'histoire du travail, ces précieux vestiges de nos premiers ancêtres.

La grotte de la Madelaine, qui a été soumise à des investigations minutieuses, a fourni un grand nombre d'échantillons du plus haut intérêt. Notre figure 104

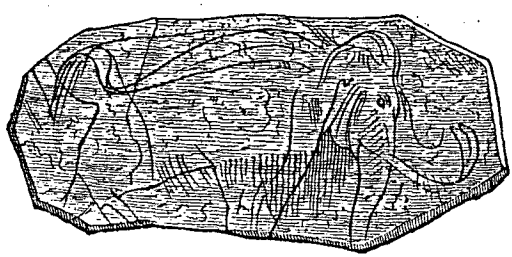


Fig. 104. — Esquisse au trait d'un Mammouth. — Grotte de la Madelaine. (MM. Lartey et Christy.)

représente une large plaque d'ivoire trouvée dans cette grotte, où l'on voit nettement figuré un éléphant. « Il a un grand front bombé, les défenses, mal dessinées, le burin ayant glissé, sont pourtant fort recourbées ; la trompe, très nettement caractérisée, tombe droit ; les

jambes sont bien accusées. Mais ce qui est tout particulier, et qui, bien plus encore que les défenses recourbées, caractérise le mammouth, ce sont de longs crins, une véritable crinière qui pend entre la trompe et les jambes; c'est, à la partie postérieure, une queue touffue et garnie de poils, retroussée en forme de fouet.... C'est bien le mammouth, qu'un artiste de la Madelaine a figuré sur un fragment de défense.... Le sentiment artistique des hommes de cette époque ne s'est pas seulement produit sur des os, sur des bois de renne ou de cerf et sur de l'ivoire, mais encore sur des pierres. La grotte de la Madelaine a fourni un caillou noir, percé d'un trou pour la suspension, sur lequel se voit un essai de gravure représentant un renne[1]. »

La remarquable esquisse de mammouth dont nous venons de donner la description est assez correcte pour démontrer d'une façon manifeste que l'homme qui en a gravé les traits a vu l'animal, dont il reproduit l'image, et que, par conséquent, il a été son contemporain.

C'est encore dans la grotte de la Madelaine que l'on a rencontré un sceptre ou bâton de commandement, sur lequel sont gravés d'un côté, deux têtes d'aurochs et de l'autre une sorte d'anguille précédée d'un homme nu, tenant un bâton sur son épaule. Deux têtes de chevaux s'aperçoivent sur le fond de la plaque (fig. 105). « L'usage de ces pièces, dit M. de Mortillet, n'est pas encore bien déterminé. M. Ed. Lartet, remarquant d'une part que, de tous les instruments de cette époque, ce

[1] *Promenades au musée de Saint-Germain*, par Gabriel de Mortillet.

sont les plus ornés, d'autre part, ayant retrouvé vers le pôle un bâton de commandement de forme analogue, en bois de renne, auquel il ne manque que le trou, a pensé que ce pouvait bien être aussi des bâtons de commandement. Ces bâtons, ainsi que les pointes de lance

Fig. 105. — Bâton de commandement, avec le dessin d'un homme d'un cheval et d'un poisson. — Grotte de la Madelaine.

à base en biseau, non seulement sont ornés de gravures formant des traits, des chevrons, des arâbesques, mais encore représentant des êtres organisés, surtout des animaux. Il y a là une importante et curieuse manifestation de l'art. C'est un art bien naïf, bien primitif, mais pourtant très vrai. Les graveurs et sculpteurs de cette époque avaient un grand sentiment de la forme et souvent des proportions. C'étaient de véritables artistes. Les représentations les plus fréquentes sont celles de chevaux et de rennes ; viennent ensuite des bœufs et autres animaux. »

Nous aurons occasion de signaler plus loin d'autres bâtons de commandement trouvés dans les cavernes par d'autres géologues ; ne quittons pas toutefois la remarquable grotte de la Madelaine, où MM. Lartet et Christy ont rencontré tant de merveilles, sans mettre sous les

yeux de nos lecteurs un fragment de bois de cerf où est sculptée, non sans délicatesse, une tête de cerf com-

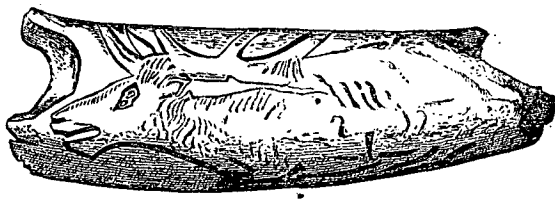


Fig. 106. — Tête de cerf gravée sur un bois de cerf. — Grotte de la Madelaine (MM. Lartet et Christy.)

mun (fig. 106). La forme de la ramure est en effet assez nettement dessinée pour qu'il ne soit pas possible de confondre cette image avec celle du renne.

Nous avons déjà signalé le docteur Garrigou parmi les plus zélés investigateurs des cavernes. Ce géologue émérite a formé à Tarascon une admirable collection

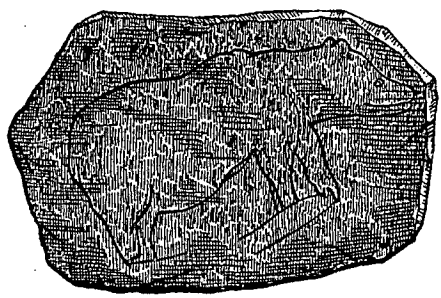


Fig. 107. — Dessin de grands ours sur une plaque de schiste, trouvée dans la grotte de Massat par M. le Dr Garrigou.

des objets antéhistoriques innombrables qu'il a recueillis dans les cavernes à ossements de l'Ariège. Dans la

grotte de Massat, M. Garrigou a déterré un galet où est gravée l'image du grand ours des cavernes (fig. 107). « Le caractère essentiellement différentiel de l'*Ursus spelæus*, en outre de sa taille, est le développement excessif de la région frontale, d'où le nom d'ours à front bombé que lui donnent les paléontologistes. Dans le dessin de la grotte de Massat, on voit que ce caractère est très marqué, et l'on peut dire qu'à notre époque nous ne trouvons plus un seul ours à frontaux aussi proéminents.... Les hommes de l'âge du renne ont vu par conséquent l'*Ursus spelœus* vivant [1]. »

Nous ne pouvons nous étendre davantage sur les belles et nombreuses découvertes que les investigations des cavernes, habitations antiques de l'homme primitif, ont fourni à la science; nous ne quitterons pas toutefois ce sujet sans dire que les stations du Périgord ont été, entre les mains de M. Lartet, la source précieuse de documents intéressants. Les cavernes du Périgord contenaient un grand nombre de ces pièces singulières, dites bâtons de commandement, et dont nous venons de parler à l'occasion de la grotte de la Madelaine. Les deux plus curieux échantillons sont couverts de gravures, représentant des animaux mal définis et des poissons (fig. 108 et 109). Ces deux bâtons, en bois de renne, sont percés de trous, comme cela se présente habituellement dans les pièces analogues.

Grâce à ces recherches des vestiges de l'art primitif, recherches exécutées, poursuivies dans tous les pays

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XXIV, p. 473. Note de M. le Dr F. Garrigou.

civilisés, par un grand nombre de savants et d'amateurs d'antiquités, des musées d'une incomparable richesse ont pu se remplir de ces débris d'âges disparus, dont

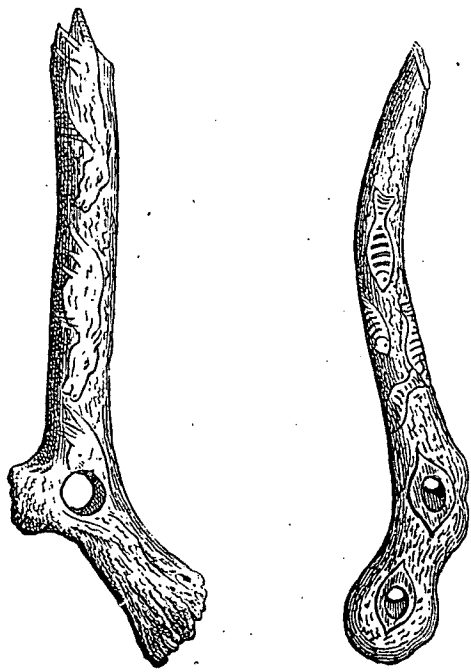


Fig. 108 et 109. — Bâtons de commandement en bois de renne, trouvés dans une caverne du Périgord, par M. Lartet.

on ne soupçonnait pas l'existence à une époque voisine de notre temps. Le musée de Saint-Germain, devenu célèbre, est actuellement une des plus riches collections antéhistoriques du monde. Ses deux savants directeurs,

MM. Alexandre Bertrand et Gabriel de Mortillet, y ont accumulé par milliers des trésors si remarquables qu'il ne le cède plus en rien au musée historique de Copenhague, dont on vante les objets précieux.

Nous n'en finirions pas s'il fallait décrire les merveilles que l'on peut admirer au musée de Saint-Germain, comme au musée de Copenhague, comme dans un grand nombre de collections privées. Jetons toutefois rapidement les yeux sur quelques remarquables échantillons qui compléteront l'histoire rapide des temps primitifs. La collection des silex taillés du musée de Saint-Germain est extraordinairement abondante; des vitrines entières sont remplies de ces haches, depuis le silex taillé jusqu'à la pierre polie.

Après les silex quaternaires d'Abbeville et d'autres localités, voici des pointes de flèche en silex, fort nombreuses et variées. « Quelques-unes, dit M. de Mortillet, affectent la forme de feuilles de saule ou de laurier.... Mais le plus grand nombre, la presque totalité, ont la forme de triangles plus ou moins élevés, plus ou moins raccourcis, à base arquée, droite ou concave. Ce sont surtout des pointes avec un pédoncule pour fixer la baguette ou hampe, accompagné à droite et à gauche de deux barbelures plus ou moins prononcées » (fig. 110). Voici des pointes de lance, unies ou dentelées (fig. 111 et 112). Voici des flèches en bois de renne (fig. 113), des haches

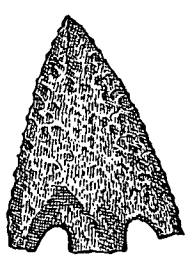
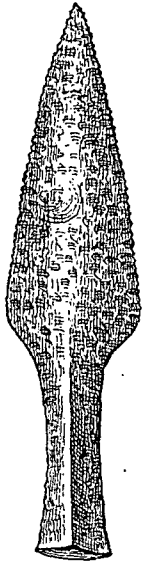
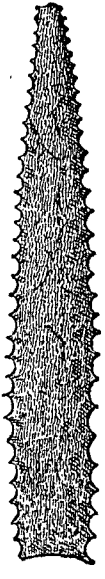
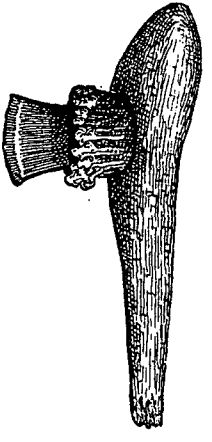


Fig. 110.
Pointe de flèche en silex du Danemark.







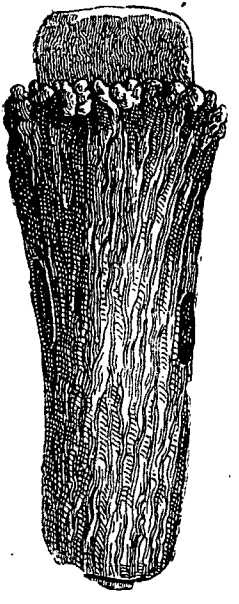


Fig. 111. Fig. 112. Fig. 113. Fig. 114. Fig. 115.

Fig. 111. — Pointe de lance en silex du Danemark. — Fig. 112. — Pointe de lance dentelée en silex du Danemarck. Fig. 113. — Flèche en bois de renne à double barbelure. — Fig. 114. — Hache de pierre emmanchée sur corne de cerf et sur bois (d'après M. Desor). — Fig. 115. — Hache en silex emmanchée sur une corne de cerf.

avec leurs emmanchures primitives (fig. 114 et 115). M. Reboux a publié des travaux très intéressants sur la façon dont les armes primitives de pierre pouvaient être utilisées. A force de patience et d'observations, il a pu

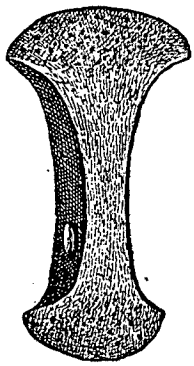


Fig. 116. Hache à deux tranchants de l'âge de la pierre polie.

Fig. 117. Couteau de bronze danois de l'âge de bronze.

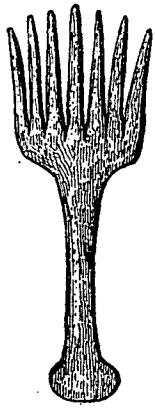


Fig. 118. Peigne en os du Danemarck. (Musée Saint-Germain.)

monter sur des manches en bois, à l'aide de ligatures en cuir, des scies et des couteaux des âges primitifs, et il lui a été possible de s'en servir lui-même pour dépecer des bœufs ou pour couper des branches. M. Reboux

est parvenu à tailler lui-même des silex, comme le faisait sans doute l'homme fossile ; et il est arrivé ainsi, en introduisant l'expérience dans une branche si nouvelle du savoir humain, à des résultats inattendus et bien dignes des plus grands éloges.

Après l'âge de la pierre polie, qui se termine par des outils façonnés avec une réelle habileté et un grand fini (fig. 116), l'âge de bronze apparaît avec des objets

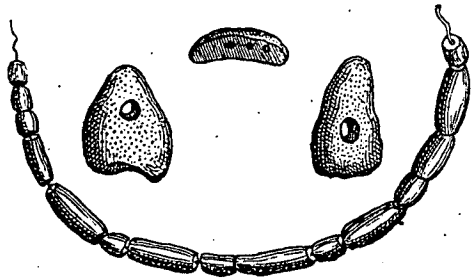


Fig. 119. —Collier et ornement divers en ambre, Danemarck. (Musée de Saint-Germain.)

vraiment gracieux et remarquables, comme l'indique ce charmant couteau de bronze danois que nous représentons ci-contre (fig. 117). Quel constrate n'offre-t-il pas avec les grossiers produits de l'industrie naïve de l'âge précédent! A l'époque de la pierre polie, dont le Danemark a fourni des vestiges curieux, ce ne sont, en effet, que des objets attestant un art en enfance, comme l'indique ce peigne en os (fig. 118) et ce collier d'ambre jaune (fig. 119).

Quittons ces antiques débris des civilisations primitives, non sans saluer au musée de Saint-Germain le buste d'un des illustres fondateurs de ces sciences nouvelles, M. Boucher de Perthes, qui a ouvert la voie de ces découvertes impérissables, objets de l'étonnement et de l'admiration de tous les amis de la vérité.

Tels sont, en raccourci, les résultats fournis par la science au sujet de l'industrie primitive ; les savants de tous les pays, en remuant de toutes parts la poussière des siècles, ont su reconstruire les monuments précieux qui nous révèlent l'homme anthéhistorique. Tout un monde anéanti ressuscite à la voix de la géologie, et toute une succession de générations nombreuses se dispersant dans la suite des temps, apparaît à nos yeux ; mille débris informes et mutilés renaissent de leurs cendres et nous tiennent le plus étonnant langage.

Manions avec respect ces antiques vestiges. Les hommes auxquels ils ont appartenu ne sont-ils pas des nôtres? N'ont-ils pas été soumis comme nous à la douleur, aux luttes de l'intelligence? N'ont-ils pas surtout fécondé par leur travail le sol qui devait être plus tard le témoin des merveilles de la civilisation moderne[1]?

[1] Ch. Lyell, *L'ancienneté de l'homme.* — Vogt, *Leçons sur l'homme* — Troyon, *Les cités lacustres.* — Laugel, *L'homme primitif.* — *Cours d'anthropologie* de M. de Quatrefages. — Lubbock, *L'homme avant l'histoire,* etc.

VI

L'antiquité de l'homme. — La date de son apparition sur la terre peut-elle être définie ? — M. Morlot et le delta de la Tinière. — M, Troyon et les cités lacustres. — Les forêts du Danemark dans les temps géologiques. — Les races humaines fossiles.

Les faits établis jusqu'ici nous enseignent les mœurs, les habitudes des premiers hommes; ils nous démontrent qu'ils étaient contemporains des mammifères éteints de l'époque quaternaire; mais peuvent-ils nous permettre de fixer une date réelle à leur apparition et de mesurer le nombre de siècles qui nous séparent de nos premiers ancêtres?

Sir Ch. Lyell, en s'appuyant sur des autorités sérieuses, prétend que le Mississipi coule dans son lit actuel depuis mille siècles, et le docteur Dowler assure, d'après l'examen de poteries et de sépultures indiennes, que le delta de ce grand fleuve est habité par l'homme depuis cinquante mille ans.

Ces appréciations sont évidemment imparfaites; il n'est pas douteux que les preuves manquent à leur appui. Les tentatives des géologues et des archéologues

pour estimer l'époque de l'âge de pierre, de bronze, sont aussi très incomplètes ; cependant elles méritent de fixer l'attention, et font espérer dans la suite des résultats précieux. Le calcul le plus consciencieux est celui qu'a fait M. Morlot relativement au delta de la Tinière, torrent qui se jette dans le lac de Genève. Ce delta est formé de sable et de gravier, et la régularité de sa structure permet d'admettre une uniformité constante dans la cause de sa production. Sa forme est celle d'un cône aplati dont la structure intérieure a été mise à jour par les travaux que nécessitait la construction d'un chemin de fer. Une tranchée pratiquée dans le sol a coupé à différentes profondeurs trois couches de terre végétale, dont chacune a dû former la surface du cône à des époques différentes. La première couche est de l'époque romaine et contient des tuiles et des médailles, la deuxième renferme des poteries non vernissées et des objets appartenant à l'âge de bronze, la troisième enfin, qui se trouve à six mètres de profondeur, recèle dans son sein des morceaux de bois carbonisés, des poteries grossières, des os brisés et un crâne petit et fort aplati. En admettant que la période romaine se place à seize ou dix-huit siècles en arrière, M. Morlot attribue à l'âge du bronze une ancienneté de 3000 à 4000 ans, et fait remonter l'époque de l'âge de pierre, en Suisse, à 5000 ou 7000 ans.

M. Troyon a fait d'autres calculs relatifs à l'âge de quelques pilotis de la Suisse, mais les raisonnements sur lesquels il prend un appui ne sont peut-être pas à l'abri de toute critique. La distance qui sépare notre

époque du commencement de l'âge de pierre ne nous est pas absolument connue ; on peut affirmer toutefois qu'elle est considérable.

L'extrême ancienneté des restes humains dans les tourbières du Danemark apparaît encore d'une façon manifeste. Nous, savons, en effet, que du temps des Romains, le sol du Danemark était entièrement couvert de grandes forêts, où le hêtre régnait en maître. De nos jours, ces arbres étendent encore leurs rameaux sur le sol du Nord, ce qui démontre que dix-neuf siècles ne paraissent avoir exercé aucune influence appréciable sur la végétation de ces pays. Avant l'âge de bronze, il n'y avait pas de hêtres dans ces mêmes régions, alors couvertes de chênes ; pendant l'âge de pierre, enfin, le pin d'Écosse étendait ses noirs ombrages sur le même sol, et ces antiques forêts étaient habitées par l'homme. On se rappelle sans doute que tous ces faits sont fidèlement rapportés par l'étude des tourbières. Si l'on ne peut faire que de vagues conjectures sur le nombre des générations de chaque espèce d'arbre qui couvre successivement le sol du Danemark, on peut arriver cependant à fixer un minimum déjà considérable. Si dix-neuf cents ans n'ont pas sensiblement modifié ces forêts, quelle série de siècles n'a-t-il pas fallu pour que le pin ait cédé sa place au chêne, pour que le chêne ait disparu à son tour pour être remplacé par le hêtre ?

L'étude des progrès de l'esprit humain ne nous apprend-elle pas encore que la civilisation marche d'autant plus vite qu'elle atteint un niveau plus élevé ; ne nous montre-t-elle pas, par exemple, l'énormité du

temps qui a dû s'écouler entre le jour où les hommes isolés ne connaissaient pas l'art d'échanger leur pensée, et celui qui a vu naître l'alphabet. L'invention la plus simple est souvent celle qui a exigé la plus grande continuité d'efforts les mieux soutenus, et ce n'est certes pas en un jour que s'est développée l'antique civilisation de l'Égypte. César nous fait voir dans l'ancienne Gaule tout un peuple de cultivateurs expérimentés, et tout un pays couvert d'abondantes moissons. Or, l'agriculture est une science de faits; elle suppose de longues observations; il a certainement fallu aux hommes une longue suite de siècles pour apprendre à devenir habiles dans l'art de creuser un sillon.

Tout, en un mot, nous tient le même langage sur la haute antiquité de notre espèce ; si des chiffres exacts ne sauraient s'inscrire dans les annales de la science, si nulle réponse ne peut être faite à une question de mesure précise, il nous est permis de dire avec conviction que l'humanité est déjà bien ancienne.

Nous savons que l'homme vivait bien avant les temps dits historiques, selon les pays, qu'il taillait et façonnait des outils et des armes en silex ; mais nous n'avons rien vu jusqu'ici qui nous donnât sur sa constitution physique des détails précis. Les ressemblances nombreuses qui semblent rapprocher l'homme antéhistorique de quelques-uns de nos sauvages actuels ne pourraient-elles pas nous conduire à penser que ces sauvages sont peut-être les derniers représentants des peuplades qui couvraient autrefois la superficie des continents ? Les Lacustres de la Suisse, les premiers habitants du Danemark, n'auraient-

ils pas été refoulés dans le Nord par des envahisseurs moins arriérés? Les Lapons, chez lesquels on retrouve encore le renne, ne seraient-ils pas les descendants des hommes de l'âge de pierre en Europe? Les analogies frappantes que l'on observe entre l'homme avant l'histoire, dévoilées par la paléontologie moderne, et certains sauvages actuels étudiés par les anthropologistes, ne doivent pas rester inaperçues. De même que le Solitaire, le Dronte, qui ont vécu dans les périodes historiques et ont disparu sous les yeux même de l'homme civilisé, la race humaine des temps antérieurs ne serait-elle pas représentée de nos jours par les sauvages, qui tendent à disparaître de la scène du monde. La comparaison des crânes humains fossiles avec ceux des naturels qu habitent encore aujourd'hui quelques régions du globe, nous paraît donner grand poids à cette hypothèse.

Malheureusement, les squelettes humains fossiles ont été jusqu'ici très rares, mais les rares découvertes qui en ont été faites sont trop importantes pour que nous les passions sous silence.

Le plus célèbre des débris humains fossiles est le crâne du Neanderthal, extrait de la caverne de ce nom, près Elberfeld, en 1856. Cette pièce fameuse a été décrite par MM. Schaaffhausen et Fuhlrott, et minitieusement étudiée par la plupart des paléontologistes. Sans entrer dans les détails techniques de la conformation de ce crâne, nous nous contenterons de dire que son front aplati, fuyant, et que ses caractères tout à fait particuliers le distinguent complètement des races modernes. D'autres crânes, comme celui de Bruniquel aux bords

Fig. 120. — L'homme fossile de Menton.

de l'Aveyron (fig. 121) et surtout ceux de Canstadt, de Cro-Magnon, etc., trouvés dans des circonstances

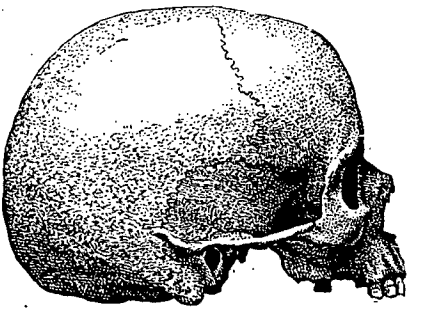


Fig. 121. — Crâne de vieillard de Bruniquel

analogues, ont confirmé ces caractères et ont permis à quelques savants, parmi lesquels nous citerons au premier rang M. de Quatrefages, d'établir l'existence d'une race humaine paléontologique, différente de la race moderne[1].

Ces hypothèses sont, dira-t-on peut-être, encore prématurées, en raison du si petit nombre de pièces à son appui. Elles paraissent être en outre ébranlées par la découverte d'un squelette humain fossile, retrouvé tout entier dans les grottes de Menton, dont l'origine remonte aux temps géologiques, et dont les caractères cependant ne s'éloignent pas sensiblement de ceux qui distinguent ceux de la race moderne.

Le squelette de Menton, trouvé par M. Rivière, est

[1] *Crania ethnica.* — De Quatrefages et Hamy. 1874.

dans l'attitude du repos (fig. 120) ; le crâne est couvert de nombreuses coquilles percées d'un trou, qui, sans doute, réunies jadis par un ligament, formaient une sorte de résille. Mais plusieurs géologues ont contesté la haute antiquité de ce squelette, qui appartiendrait à une race plus récente, bien distincte de la race paléontologique antérieure, dont le crâne du Neanderthal serait le type.

Le fossile de Menton ne serait pas, d'après eux, un contemporain de l'ours, mais bien un homme de l'âge du renne, beaucoup moins ancien.

CHAPITRE VIII

LES FOSSILES DANS LES TEMPS HISTORIQUES

Extermination de certains animaux par l'homme. — Êtres disparus dans les temps modernes. — L'aurochs. — Les anciens oiseaux des îles Mascareignes. — La poule géante de l'île Maurice. — Le Dronte ou dodo. — Le Solitaire. — Disparition de la baleine, du gibier et des poissons. — Exterminations dues à l'homme.

Nous avons vu que dans la série des époques géologiques un grand nombre d'animaux n'appartiennent pas toujours à un moment déterminé de l'histoire du globe terrestre; leurs restes se retrouvent quelquefois dans un terrain d'un certain âge et se montrent encore dans celui d'un âge plus moderne. La plupart des espèces de l'époque quaternaire ont actuellement des représentants dans les temps modernes; d'autres animaux, qui ont apparu alors, ont encore vécu sous les yeux mêmes de l'homme, et n'ont disparu que depuis quelques siècles seulement. On peut les appeler les fossiles des temps historiques. L'aurochs en est un exemple pour nos pays;

les récits de Jules César démontrent que cet animal se rencontrait encore de son temps dans les forêts des Gaules. L'aurochs, depuis, y a cessé de vivre. Sous nos yeux même, ne voyons-nous pas quelques espèces tendre à s'éteindre par l'extermination humaine ?

« Les espèces qui, dans les divers groupes zoologiques, dépassent leurs congénères par la taille ou par le volume semblent plus que jamais aujourd'hui menacés de disparaître de la nature vivante. Depuis les premières époques géologiques, la diminution progressive de leur nombre est devenue d'autant plus rapide qu'elle doivent désormais compter l'homme parmi les nombreux compétiteurs qui leur disputent la surface de la terre : aussi l'âge actuel peut-il être considéré comme appelé à devenir le témoin de l'achèvement de leur ruine. Les animaux qui composent les espèces en question étant ceux dont la chasse est la plus avantageuse, ou dont la destruction importe le plus à la sécurité de l'homme, se trouvent inévitablement ainsi, les plus exposés à disparaître de toute région que l'être privilégié incorpore à son domaine. Ils luttent avec d'autant moins d'avantage contre les persécutions auxquelles les met en butte cette nouvelle concurrence, que la difficulté où ils son de trouver une subsistance suffisante ne leur permet pas de se multiplier proportionnellement à leur élimination. Certaines petites espèces, contre lesquelles nous entretenons une guerre acharnée, ne doivent leur salut qu'à cette fécondité extraordinaire qui leur permet de disposer toujours de nouvelles réserves et de maintenir ainsi au même niveau le contingent moyen de la race.

Mais ces pertes deviennent très préjudiciables chez les individus de masse supérieure, à cause de la lenteur même de la reproduction, et l'avenir du type dont ils sont les représentants se trouve déjà compromis par ce seul défaut de réparation suffisamment prompte. Il est temps que la science des êtres vivants se hâte d'achever son œuvre, car de nouveaux types, et des plus remarquables, sont sur le point de se dérober à son étude, pour aller rejoindre l'immense ossuaire où se sont déjà rassemblées tant de formes éteintes. Il n'y a certes pas de témérité à avancer que l'éléphant, la girafe, la baleine, le grand pingouin boréal, les gros batraciens des Antilles, l'émeu de l'Australie, l'aurochs et le lion lui-même, sont menacés du même sort dont le lamantin colossal des côtes de l'île de Behring, les gigantesques moas de la Nouvelle-Zélande, l'immense roc ou Épiornis de Madagascar, le Dronte, le plus massif colombide qui ait jamais existé, le géant de Leguat, la plus grande des poules d'eau, ont déjà été victimes dans l'espace de deux siècles à peine[1]. »

Le castor, qui avait des représentants en France, au siècle dernier, ne s'y trouve plus ; la baleine, chassée par l'homme, tend à disparaître, les cerfs Wapiti deviennent de plus en plus rares dans le Canada ; nos arrière-petits-fils les étudieront peut-être comme nous pouvons le faire aujourd'hui, par exemple, pour les anciens oiseaux des îles Mascaraignes.

[1] *Annuaire scientifique* de M. P.-P. Dehérain. 7e année, 1817. — Nous avons emprunté aussi des documents à un excellent travail de M. Oustalet, publié dans le journal *la Nature*.

L'étude de ces oiseaux qui ont vécu il y a quelques siècles, offre un intérêt particulier et mérite d'arrêter tout particulièrement notre attention; nous y trouverons une preuve de la sagacité des paléontologistes, un exemple des ressources qu'ils peuvent rencontrer parfois dans les documents historiques et surtout un très important témoignage de la disparition des espèces à la surface de la scène terrestre.

On trouve dans les récits authentiques que nous a laissés François Leguat de ses curieux voyages entrepris à la fin du dix-septième siècle, la description d'un énorme oiseau de l'île Maurice. « Dans l'île Maurice, dit l'explorateur français, on voit beaucoup de certains oiseaux qu'on appelle *géants*, parce que leur tête s'élève à la hauteur de six pieds. Ils sont extrêmement haut montés et ont le cou fort long. Le corps n'est pas plus gros que celui d'une oye. Ils sont tout blancs, excepté un endroit sous l'aile qui est un peu rouge. Ils ont un bec d'oye, mais un peu plus pointu, et les doigts de pieds sont séparés et fort longs. Ils paissent dans les lieux marécageux, et les chiens les surprennent souvent, à cause qu'il leur faut beaucoup de temps pour s'élever de terre. Nous en vîmes un jour à Rodriguez et nous le prîmes à la main tant il était gros : c'est le seul que nous y ayons remarqué, ce qui me fait croire qu'il y avait été poussé par le vent, à la force duquel il n'avait pu résister. Ce gibier est assez bon. »

Les ornithologistes modernes ont émis un grand nombre d'avis différents sur la nature de l'oiseau géant de l'île Maurice : les uns, comme Hamel, l'ont placé

dans le groupe des autruches; d'autres, comme Strikland, ont affirmé que c'était un flamand; au contraire, M. Schlegel l'a considéré comme une poule d'eau, et c'est à ce dernier avis que l'on doit se ranger, car la description du géant rappelle beaucoup l'aspect des échassiers qui vivent habituellement au bord des marécages et des cours d'eau. Le géant se distinguait cependant de nos râles et de nos poules d'eau, par sa taille exceptionnelle, qui dépassait celle d'un homme. Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins établi qu'un oiseau de marais de très grande taille vivait il y a deux siècles environ, sinon dans toutes les îles Mascaraignes, au moins dans l'île Maurice, et que cet oiseau n'existe plus de nos jours.

Le Dronte ou dodo, qui a acquis une grande célébrité dans ces derniers temps, nous est beaucoup mieux connu, et par des documents historiques, et par des pièces anatomiques qui ont été conservées jusqu'à notre époque.

En 1598, les Hollandais prirent possession de l'île Maurice, qu'ils trouvèrent inhabitée ; ils étaient sous les ordres de Cornélius van Neck, qui nous a laissé une magnifique relation de son voyage, où il est question du dodo. Cet oiseau, d'après l'explorateur, avait le bec épais et allongé, jaunâtre à la base; son corps, gros et charnu, était couvert de plumes courtes et serrées, ses pieds jaunes avaient trois doigts dirigés en avant, et un autre doigt en arrière. Dans un autre ouvrage, publié en 1646 par Cornelisz sur les voyages de Heemskerk, qui passa à Maurice, on trouve encore la mention du

dodo; mais c'est surtout un des capitaines de cette expédition, van West Zanen, qui nous donne une véritable description des curieux oiseaux de l'île Maurice. « Chaque jour, dit le voyageur, les marins descendaient à terre pour chasser des oiseaux et d'autre gibier.... Ils ne rencontraient pas d'autres quadrupèdes que des chats, mais, plus tard, nos compatriotes introduisirent dans cette île des chèvres et des porcs. Les hérons étaient plus farouches que les autres oiseaux et plus difficiles à atteindre, parce qu'ils cherchaient un refuge au milieu des branches serrées des arbres du voisinage. Les matelots prenaient aussi de ces oiseaux que l'on appelle *Dod-arrsen* ou *Dronten*, et qui, lorsque Jacob van Neck était ici, portaient le nom de *Wallick Vögel*, parce que, même après avoir subi une longue cuisson, leur chair, à l'exception de la poitrine et du croupion, qui étaient fort bons à manger, restait très dure et très coriace, et aussi parce que les hommes de l'équipage, se procurant en abondance des tourterelles, s'étaient dégoûtés de la viande de dodo.... Ces oiseaux ont une grosse tête, ornée d'une sorte de chaperon, ils n'ont ni ailes ni queue, et portent seulement de petits ailerons sur les côtés du corps et quatre ou cinq plumes plus élevées que les autres, au-dessus du croupion. Ils ont un bec et des pieds, et leur estomac renferme ordinairement une pierre de la grosseur du poing.... Le 25 juillet, Wilhem et ses matelots rapportèrent quelques dodos, qui étaient fort gros; trois ou quatre de ces oiseaux suffirent amplement au repas de l'équipage; il y eut même des restes. »

Plus tard, François Cauche fait encore allusion au dodo, comme le témoigne le passage suivant de ses écrits :

« J'ai eu dans l'isle Maurice des oiseaux plus gros qu'un cygne, sans plumes par le corps, qui est couvert d'un duvet noir, il a le cul tout rond, le croupion orné de plumes crespues, autant en nombre que chaque oiseau a d'années, au lieu d'aisles, ils ont pareilles plumes que ces dernières, noires et recourbées, ils sont sans langues, le bec gros, se courbant un peu par dessous, hauts de jambes qui sont escaillées, n'ayant que trois ergots à chaque pied. Il a un cry comme l'oison, il n'est pas du tout si savoureux à manger que les fouques et feignes, desquelles nous venons de parler. Ils ne font qu'un œuf, blanc, gros comme un pain d'un sol, contre lequel ils mettent une pierre blanche de la grosseur d'un œuf de poule. Ils pondent sur l'herbe qu'ils amassent et font leurs nids dans les forests ; si on tue le petit, on trouve une pierre grise dans son gésier. Nous les appelions oiseaux de Nazaret. La graisse est excellente pour adoucir les muscles et les nerfs[1]. »

Mais une autre description, bien plus importante encore, est due à sir Hamon Lestrange, dont un manuscrit, conservé au British Museum, renferme le passage suivant :

« En 1638, en me promenant avec quelques amis, dans les rues de Londres, je vis sur la toile.... (il y a ici une lacune dans le manuscrit)..., la peinture d'un

[1] *Relations véritables et curieuses* de François Cauche.

oiseau de forme étrange ; poussé par la curiosité, j'entrai dans la chambre avec deux ou trois de mes compagnons, et nous vîmes un oiseau un peu plus fort qu'un gros dindon, avec les pattes et les doigts conformés de la même façon, mais plus vigoureux, plus robuste et plus droit ; la partie antérieure de son corps ressemblait par la coloration à la poitrine d'un jeune faisan, et le dos était d'une teinte plus foncée. Le gardien appelait cet oiseau un dodo, et, en notre présence, il lui donna à manger plusieurs cailloux, aussi gros que des noix de muscade, dont il y avait un grand tas dans un coin de la cheminée. « L'oiseau, nous dit-il, avalait ces pierres pour aider à sa digestion, mais il est probable qu'il les rejetait ensuite, quoique je ne me rappelle pas si nous avons suffisamment interrogé le gardien à cet égard. »

Ce n'est pas seulement au moyen de ces récits anciens qu'il est possible de se représenter le dronte ; il existe encore aujourd'hui plusieurs peintures, faites jadis, à l'époque même où le grand oiseau de l'île Maurice vivait encore. La plus célèbre de toutes ces peintures est celle que nous reproduisons ci-contre ; elle était la propriété de sir Georges Edwards et se trouve actuellement dans les Galeries du British Museum à Londres (fig. 122).

Dans le beau mémoire de MM. Strickland et Melville, on voit encore un très curieux fac-simile d'une autre peinture de Roland Saverey qui reproduit le Dronte à peu près comme l'image précédente ; l'oiseau est plein de mouvement : il est debout sur une patte et nettoie l'autre avec son bec.

Ces anciennes peintures suffiraient à nous faire une idée presque complète du Dronte, mais il existe des pièces anatomiques qui ont permis aux naturalistes de rétablir complètement le squelette de ce curieux oiseau.

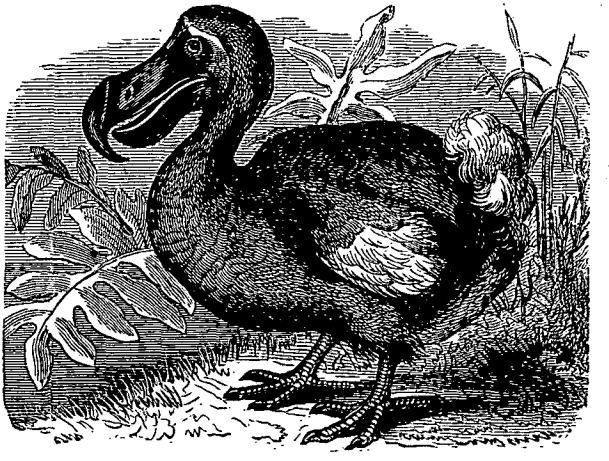


Fig. 122. — Le Dronte, d'après une ancienne peinture du *British Museum*.

C'est ainsi que le British Muséum possède un pied de dodo ; mais, en 1866, M. Clark fut assez heureux pour découvrir à l'île Maurice de très nombreux ossements du dronte, dans la *Mare aux songes*. Ces débris étaient enfouis dans le limon, caché lui-même sous une couche épaisse de roseaux et d'herbes aquatiques ; ils étaient mélangés pêle-mêle avec des os de cerf, de cochon et de singe, avec des vestiges de squelettes de flamant et de gallinule, M. A. Milne-Edwards put faire l'acquisition

de quelques-uns de ces précieux ossements, et il lui fut permis d'établir beaucoup mieux qu'on ne l'avait fait jusque-là les affinités du Dronte, et de déterminer la place qu'il doit occuper dans l'échelle des êtres. M. le professeur Milne-Edwards a démontré que le Dronte, tout en se plaçant à côté des colombides, doit cependant constituer une race à part.

A côté de ce curieux dodo, il faut encore placer le Solitaire de l'île Rodrigues, non moins intéressant, non moins étrange. Ce dernier oiseau est complètement éteint, mais son existence est parfaitement démontrée par le récit des voyageurs et notamment par ceux de François Leguat, dont le nom a joué un rôle si important dans l'histoire du dodo. « De tous les oiseaux de cette île, dit Leguat [1], l'espèce la plus remarquable est celle à laquelle on a donné le nom de *solitaires*, parce qu'on les voit rarement en troupes, quoiqu'il y en ait beaucoup. Les mâles ont le plumage ordinairement grisâtre et brun, les pieds de coq d'Inde et le bec aussi, mais un peu plus crochu. Ils n'ont point de queue et leur derrière, couvert de plumes, est arrondi comme une croupe de cheval. Ils sont plus hauts montés que les coqs d'Inde et ont le cou droit, un peu plus long à proportion que ne l'a cet oiseau quand il lève la tête. L'œil noir et vif, et la tête sans crête ni houppe. Ils ne volent point, leurs ailes sont trop petites pour soutenir le poids de leurs corps. Ils ne s'en servent que pour se battre et pour faire le moulinet quand ils veulent s'ap-

[1] *Voyages et aventures de François Leguat.*

peler l'un l'autre. Ils font avec vitesse vingt ou trente pirouettes tout de suite du même côté, pendant l'espace de quatre ou cinq minutes : le mouvement de leurs ailes fait alors un bruit qui approche fort de celui d'une crécelle et on l'entend de plus de deux cents pas. L'os de l'aileron grossit à l'extrémité et forme sous la plume une petite masse ronde comme une balle de mousquet; cela et le bec sont la principale défense de cet oiseau; on a bien de la peine à les attraper dans les bois, mais, comme on court plus vite qu'eux dans les lieux dégagés, il n'est pas fort difficile d'en prendre, Quelquefois même on en approche fort aisément. Depuis le mois de mars jusqu'au mois de septembre, ils sont extraordinairement gros, et le goût en est excellent, surtout quand ils sont jeunes. On trouve des mâles qui pèsent jusqu'à 45 livres. La femelle est d'une beauté admirable; il y en a de blondes et de brunes; j'appelle blond une couleur de cheveux blonds. Elles ont une espèce de bandeau comme un bandeau de veuve, au haut du bec, qui est de couleur tannée. Une plume ne passe pas l'autre sur tout leur corps, parce qu'elles ont un grand besoin de les ajuster et de se polir avec le bec. Les plumes qui accompagnent les cuisses sont arrondies par le bout en coquilles, et comme elles sont fort épaisses en cet endroit-là, cela produit un agréable effet. Elles ont deux élévations sur le jabot, d'un plumage plus blanc que le reste, et qui représente merveilleusement un beau sein de femme. Elles marchent avec tant de fierté de majesté et de bonne grâce tout ensemble, qu'on ne peut s'empêcher de les admirer et

de les aimer, de sorte que souvent leur bonne mine leur a sauvé la vie. »

Ce curieux passage, que MM. Strickland et Melville reproduisent dans leur ouvrage, est original et empreint d'une certaine naïveté, mais il respire la bonne foi et mérite d'être considéré comme un sérieux document à l'égard du Solitaire. Leguat avait une véritable passion pour ces beaux oiseaux; et souvent on l'entend s'apitoyer sur le sort de ceux qu'il a capturés. L'un d'eux était pris, nous dit-il, d'une tristesse déchirante; il *versait des pleurs* et refusait toute nourriture, préférant la mort aux douleurs de la captivité.

Nous ne nous étendrons pas en longs détails sur ces anciennes populations ailées des îles Mascaraignes; notre but a été surtout de bien indiquer, que des formes d'animaux ayant vécu dans les périodes historiques s'éteignent sous nos yeux, et que des êtres, appartenant hier aux populations vivantes, ne laissent plus aujourd'hui sur la terre que leurs débris à l'état de fossiles. Un autre fait se dégage de cette histoire des anciens oiseaux des îles Mascaraignes; c'est celui de la destruction de certaines espèces par l'homme. Sans la cruauté humaine le Dronte et le Solitaire vivraient encore.

Le dodo, ce gros oiseau inoffensif, plus doux qu'un pigeon, était incapable de se défendre, mais il ne pouvait non plus échapper à ses ennemis par le vol ou par la course. Aussi les matelots de van Neck, poussés par la faim, firent-ils un véritable carnage des inoffensifs dodos, dont la chair, cependant, n'était pas un grand régal : « Cet oiseau, dit van Neck, était si coriace que

nous ne le pouvions assez bouillir. « Son odeur était repoussante, aussi fut-il d'abord appelé *Walckvögel* ou « oiseau de nausée. » L'œuvre de dévastation se continua avec une énergie croissante. Neuf ans après le premier voyage de van Neck, c'est-à-dire en 1607, Paul van Soldt, nous rapporte que les oiseaux de nausée sont beaucoup plus rares dans l'île Maurice. En 1644, les Hollandais importèrent des chiens et des porcs dans la patrie du dronte; ce fut le coup de grâce de la race ailée. En 1681, le dodo allait être vu pour la dernière fois par un voyageur nommé Harry.

Les îles Mascaraignes, au temps de leur découverte, devaient être bien remarquables avec leur bizarre collection d'oiseaux, dont le dronte, le géant et le solitaire ne sont pas les seuls représentants connus. Les voyageurs parlent d'un grand *oiseau bleu* qui y vivait jadis, et M. le professeur Owen a encore révélé la présence à la même époque de grands perroquets dans ces régions océaniques. Il faut enfin ajouter à cette série l'*Aphanapteryx* que M. Alph. Milne-Edwards a décrit dans son ouvrage sur les oiseaux fossiles (fig. 123).

Ces races animales ont toutes disparu à la suite de conflits avec l'homme. Du reste, nous trouvons un frappant exemple des résultats de cette mémorable lutte pour l'existence, dans l'anéantissement des moas de la Nouvelle-Zélande. Ces grands oiseaux vivaient là très nombreux, jusqu'au jour où les naturels Maoris des îles Samoa furent chassés de leur pays par la famine. Ils envahirent la Nouvelle-Zélande et se jetèrent avec avidité sur les moas, qu'ils détruisirent pour chercher

dans la mort de ceux-ci les ressources indispensables à leur existence.

Par une impitoyable loi naturelle, la vie ne peut être entretenue que par la mort, et le combat que se livrent

Fig. 125. — Aphanapteryx Bræckei.

les êtres vivants sur la scène du monde, soit pour subvenir aux besoins de leur alimentation, soit pour se livrer à des actes de cruautés souvent inutiles, est certainement une des causes de la disparition de plusieurs espèces.

II

Destruction des animaux, dus au développement la population humaine. — Le gibier, les poissons, les forêts. — Extinction d'animaux dans la Grande-Bretagne. — Ch. Lyell. — Le travail de destruction de l'homme.

En ne considérant que le sol français, il est facile de reconnaître que le gibier de nos forêts et de nos plaines, que les poissons de nos rivières et que nos forêts elles-mêmes disparaissent avec une rapidité quelque peu inquiétante pour l'avenir. M. Ch. Lyell s'est livré à une étude attentive de l'extinction de certains animaux dans la Grande-Bretagne ; nous reproduirons les observations de l'illustre naturaliste anglais, comme un exemple des changements dus au développement de la population humaine à la surface du globe :

« Bien que le cerf et les autres bêtes fauves fussent si nombreux jadis en Angleterre, dit le géologue d'outre-Manche, que, suivant Lesley, on en tuait quelques fois de cinq cents à mille dans une seule chasse, les races indigènes seraient déjà détruites si elles n'eussent été conservées avec soin dans certaines forêts. Quant à

la loutre, à la martre et au putois, ils s'y trouvaient aussi en nombre assez considérable pour qu'on les recherchât pour leur fourrure ; mais aujourd'hui ce nombre est extrêmement réduit. Dans l'intérêt des basses-cours et des bergeries, le chat sauvage et le renard ont été détruits dans la plus grande partie de la contrée, et les blaireaux ont de même été expulsés de presque tous les districts qu'ils habitaient anciennement.

« Indépendamment de ces animaux qui, en quelques points, ont été chassés de leurs retraites, et dont le nombre se trouve partout réduit, il en est quelques-uns qui ont été complètement détruits : parmi ceux-ci nous citerons l'ancienne race de chevaux indigènes et le sanglier. Quant aux bœufs sauvages, il en reste encore quelques-uns que l'on conserve dans les parcs de certains de nos nobles. Le castor, depuis longtemps recherché pour sa fourrure, était déjà très rare à la fin du neuvième siècle, et, suivant Giraldus de Barri, on ne le trouvait plus au douzième siècle que dans une rivière du pays de Galles et dans une autre en Écosse. Le loup, jadis si redouté dans les Iles Britanniques, passe pour s'être maintenu en Irlande jusqu'au commencement du dix-huitième siècle (1710), quoiqu'il eût entièrement disparu de l'Écosse trente ans auparavant, et bien plus tôt encore de l'Angleterre. L'ours, que, dans la principauté de Galles, on comparait pour la chasse au lièvre ou au sanglier, ne cessa d'être indigène en Écosse qu'en l'année 1057.

« Plusieurs oiseaux de proie indigènes ont aussi été

l'objet d'une persécution incessante. Les aigles, les grands faucons et les corbeaux ont disparu des districts les mieux cultivés. Les lieux qu'habitaient le canard sauvage, la bécassine, le chevalier aux pieds rouges et le butor, ont été desséchés, ainsi que ceux qui, l'été, servaient de demeure au vanneau et au courlis ; malgré cela, ces espèces se retrouvent encore, mais dans un état peu prospère, il est vrai, sur quelques points des Iles Britanniques, tandis que les grands coqs de bruyère, originaires jadis des forêts de pins de l'Irlande et de l'Ecosse, ont été détruits pendant ces soixante dernières années. L'aigrette et la grue, qui paraissent avoir été autrefois très communes en Écosse, n'y viennent plus aujourd'hui qu'accidentellement ou en passant. »

« L'outarde, dit Graves, dans son *Ornithologie britannique*, se voyait autrefois par bandes de quarante à cinquante individus, dans les dunes et dans les bruyères de certaines parties de notre île, tandis qu'aujourd'hui il est fort rare d'en rencontrer une seule. » Bewick remarque aussi « que ces oiseaux étaient plus communs en Angleterre autrefois qu'à présent ; on ne les trouve plus aujourd'hui que dans les comtés découverts du sud ou de l'est, dans les plaines du Wiltshire, du Dorsetshire et dans quelques parties du Yorkshire[1]. » Pendant le petit nombre d'années qui se sont écoulées depuis que Bewick a écrit ceci, l'outarde a entièrement disparu de Wiltshire et du Dorsetshire.

L'exemple que nous avons choisi de l'Angleterre pourrait être aussi bien pris en France, et dans tous les

[1] *Land Birds*, vol. I. 1821.

pays où l'homme exerce son influence. Les bêtes féroces, partout traquées où l'homme a élu domicile, tendent à disparaître, les cétacés, relégués dans les mers glaciales, deviennent chaque jour moins nombreux, le poisson de toutes les rivières dont les rivages sont habités par les agglomérations humaines est détruit avec une rapidité telle que l'on se demande si cette source d'alimentation ne cessera pas d'être importante dans un avenir peut-être très prochain. Ces êtres, ainsi chassés, décimés, viendront s'ajouter dans les siècles à venir à la liste des animaux fossiles, comme le dronte et le solitaire des îles Mascaraignes. La nature poursuit invariablement son œuvre, et la terre apparaît comme l'immense théâtre d'incessantes métamorphoses, où le temps ajoute sa collaboration à l'action des êtres vivants eux-mêmes.

Nous avons surtout considéré l'homme dans cet anéantissement graduel des animaux, mais l'espèce humaine n'est pas plus que tout autre l'agent de cette œuvre de destruction. Les végétaux sont la proie des insectes qui les dévorent, et les animaux travaillent à se combattre les uns les autres. Il n'est pas un animal, en quelque sorte, qui ne soit tour à tour chasseur et proie. Dans cet éternel combat pour l'existence, certains êtres se développent, mais leur développement est compensé par l'anéantissement d'autres êtres qui, peu à peu, disparaissent de la scène du monde et deviennent des fossiles. Ainsi l'immense extension de la famille humaine est équilibrée par l'anéantissement des animaux et des végétaux, qu'elle livre à un véritable carnage.

Dans son bel ouvrage de *la Terre*, M. Élisée Reclus donne de nombreux exemples des résultats de la grande bataille de la vie : « Les bœufs marins de Steller, ces énormes cétacés, du poids de 1000 kilogrammes, que le géologue du même nom et ses compagnons découvrirent en 1741 et qui peuplaient en si grande abondance les rivages du détroit de Behring, ont été complètement détruits par l'homme dans l'espace de vingt-sept années, et, depuis 1768, on n'en a plus aperçu un seul : il n'en reste même pas un squelette entier. Les baleines, qui jouissaient récemment d'un faible répit, grâce à la guerre d'Amérique et à l'exploitation des sources de pétrole, sont de nouveau pourchassées avec fureur et ne trouveront bientôt plus une mer où se réfugier ; les phoques sont, chaque année, massacrés par centaines de mille ; les requins eux-mêmes diminuent en nombre, avec les poissons qu'ils poursuivaient, et qui deviennent la proie des pêcheurs. De même que la tuerie annuelle des oiseaux qui font la guerre aux insectes a eu pour résultat de multiplier d'une manière redoutable les tribus si nombreuses des fourmis, des termites, des sauterelles, des chenilles, de même les cétacés et les poissons qui ont disparu sont remplacés par des myriades de méduses et d'infusoires.

« Les colosses de nos forêts deviennent de plus en plus rares, et quand ils tombent, il ne sont point remplacés. Aux États-Unis et au Canada, les grands arbres qui firent l'étonnement des premiers colons ont été abattus pour la plupart, et récemment encore, avant que les plus belles forêts des comtés de Mariposa et de

Calatrava devinssent propriété nationale, les pionniers californiens ont renversé, pour les débiter en planches, de gigantesques séquoias qui se dressaient à 120, 130 et 140 mètres de hauteur. »

Des faits semblables d'anéantissement de certains animaux par l'espèce prépondérante, ont dû s'accomplir de même dans les âges géologiques précédents. Les gigantesques reptiles des temps jurassiques, les féroces mammifères de l'époque quaternaire ont dû jouer un rôle analogue à celui de la famille humaine.

Ce combat pour la vie, sur lequel nous aurons à revenir, n'est pas évidemment la seule cause de l'extinction des êtres organisés, mais il doit être indiqué comme une de celles qui ont le plus puissamment exercé leur influence, dans la suite des âges, sur les éternelles modifications des formes vivantes.

CHAPITRE IX

L'HISTOIRE DE LA TERRE

Modifications actuelles de la surface du globe. — Rôle de l'eau, du feu, de l'air, dans les transformations de la surface terrestre. — Hypothèses des causes lentes et des révolutions brusques. — Les soulèvement des montagnes. — Élie de Beaumont. — Divergence d'opinion des naturalistes.

Nous avons jeté les yeux sur les êtres qui se sont succédé à la surface de notre planète, et que l'étude des fossiles a permis de reconstituer. Nous avons entrevu l'action destructive qu'ils exercent les uns sur les autres; mais en laissant momentanément de côté la cause de la formation des fossiles, c'est-à-dire de l'extinction des formes vivantes, on devra reconnaître que cette longue énumération de la paléontologie ne satisfait pas entièrement l'esprit, avide de connaître la nature, et de bien comprendre ses lois. Après avoir parcouru ce tableau de l'organisme à travers les âges,

n'est-on pas conduit à se demander, si les diverses couches terrestres, se sont formées avec les êtres qu'elles ont nourri à la suite de révolutions brusques et périodiques, ou si les modifications ont au contraire été lentes et progressives; n'est-on pas ramené au point où nous avons laissé l'histoire du globe, au temps de Cuvier, dans le premier chapitre de ce volume? Pour nous faire une opinion sur le passé, envisageons le présent; examinons quelles sont les modifications actuelles qui se manifestent à la surface terrestre, étudions quelles influences elles sont susceptibles d'exercer sur les êtres vivants, et voyons si nous pourrons trouver dans les temps modernes, l'image de ce qui s'est accompli dans les temps anciens.

« A l'aide de nos investigations sur l'état de la terre et de ses habitants, dit sir Ch. Lyell, en des temps reculés, nous acquérons une connaissance plus parfaite de sa constitution, et nous obtenons des notions plus étendues sur les lois qui, à l'époque actuelle, gouvernent ses productions animées ou inanimées. Lorsque nous étudions l'histoire, la comparaison de l'état présent et de l'état passé de la société, donne à notre jugement sur la nature humaine, plus de rectitude et plus de profondeur. Nous découvrons la longue série d'événements qui peu à peu, ont amené les choses à leur état actuel. »

Imitons donc le sage avis du grand naturaliste anglais, continuons à jeter les yeux sur l'état présent de notre globe en l'examinant d'abord au point de vue physique, pour mieux saisir avec le solide appui des

faits que nous avons passés en revue, la marche de ses modifications dans le passé.

La terre est actuellement soumise à des transformations incessantes.

L'eau qui s'agite dans la mer, qui glisse sur le flanc des montagnes, qui roule dans le lit des fleuves, l'air agité qui forme le vent, les feux souterrains qui grondent dans les éruptions volcaniques, qui se manifestent par les tremblements de terre, modifient constamment le relief de nos continents.

L'Océan couvre la presque totalité du globe, ses eaux s'étendent surtout dans les parties chaudes de notre planète; dans les régions torrides, sous l'influence de la chaleur solaire, elles s'élèvent sans cesse dans l'atmosphère à l'état de vapeurs. Les courants aériens la transportent sous forme de nuages vers les régions du Nord, où sous l'effet de l'abaissement de température elle reprend l'état liquide, tombe en pluie à la surface des continents, ou se condense en neige quand elle rencontre le sommet glacé des montagnes. Les glaciers prennent naissance et retournent ensuite à l'état liquide par la fusion.

L'eau en s'écoulant ainsi sur le flanc des montagnes forme le torrent qui entraîne dans sa course des fragments de rochers, des pierres, et qui les divise ou les arrondit par le transport; les menus fragments forment un limon qui se précipite dans la vallée, et que le fleuve entraînera dans ses eaux jusqu'au bord même de la mer, où il donne naissance au delta. L'eau tend donc à niveler la montagne, à transporter une partie

de sa substance dans la vallée, et jusqu'aux bords mêmes de l'Océan.

Mais l'eau modifie encore le globe, en dissolvant les substances minérales qu'elle arrose sur son passage au sein des continents; elle s'empare du carbonate de chaux dont sont constitués les terrains calcaires, et le porte au milieu des mers où des polypiers s'en saisissent. Les infiniment petits qui y vivent, fixent le carbonate de chaux, édifient des récifs, des îles, peut-être des continents de l'avenir, avec la substance qui est ainsi arrachée des terres émergées actuelles.

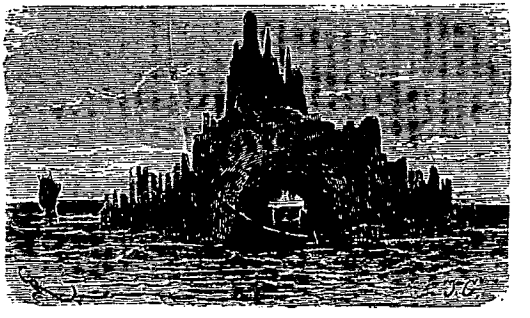


Fig. 124. — Exemple de rochers façonnés par les eaux.

Sur les rivages, les vagues ébranlent les falaises les font ébouler, les taillent, les découpent (fig. 124 et 125), y ouvrent des arches, y façonnent des pics, des aiguilles, qui tombant bientôt, sont divisés en galets, puis en grains de sable.

A l'état de glace, l'eau forme les glaciers des Alpes,

dont la matière visqueuse, glisse comme de la cire molle dans les anfractuosités de ces massifs, roule les

Fig. 125. — Autre exemple de rochers façonnés par les eaux.

pierres à leur pied et y forment les moraines (fig. 126). Les glaciers peuvent ainsi transporter à leur surface des fragments de pierre ou des blocs de rochers, souvent

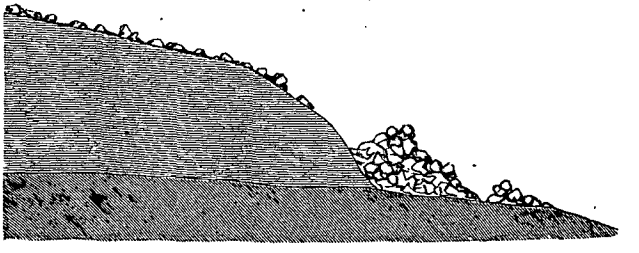


Fig. 126. — Coupe d'un glacier, avec sa moraine frontale.

de grande dimension, à des distances considérables du lieu où ils se sont formés. Plus tard, si le glacier a

fondu, on retrouve ces rochers appelés *blocs erratiques*, qui constituent une des preuves de son existence antérieure (fig. 127).

Sous forme de glace flottante dans les mers du Nord, l'eau enlève encore la substance des îles où elle s'est solidifiée, pour s'en détacher : entraîné par les courants marins, comme le nuage l'était tout à l'heure par les courants aériens, l'iceberg reprend l'état liquide quand il arrive vers les régions plus chaudes de l'Océan, mais les pierres, le sable qu'il tenait dans sa masse sont mis en liberté, tombent au fond des mers, où ce phénomène de fusion s'accomplit, et tendent sans cesse à l'exhausser.

L'eau est l'agent de nivellement par excellence ; cet élément toujours en action, travaille continuellement à enlever à la montagne la substance dont elle est formée, à la diviser en blocs, en petits fragments puis en poussière, à effondrer la falaise, à aplanir la surface du globe. Travail lent aux yeux de l'homme dont l'existence est bornée, mais travail régulier, incessant qui acquiert à travers les siècles une extraordinaire importance. C'est encore au sein de l'eau immobilisée dans les marécages, que les plantes qui y sont amoncelées se transforment en tourbe que quelques naturalistes considèrent comme une sorte de houille en préparation.

Non moins puissante est l'action du feu central, qui forme la masse presque tout entière du globe terrestre, et qui existe partout sous la mince pellicule, où se sont succédés les êtres. Il révèle son action dans les tremblements de terre, dans l'éruption subite des îles

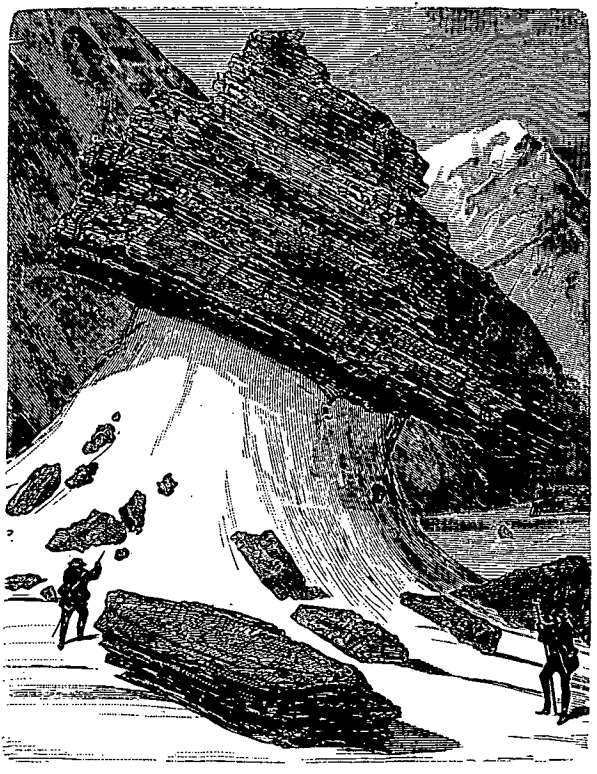


Fig. 127. — Bloc erratique du glacier de l'Aar (d'après M. E. Collomb).

volcaniques; il vomit la lave qui forme des traînées le long des bouches des volcans (fig. 128), il ride les surfaces terrestres et y pratique des fissures immenses (fig. 129); mais il agit encore constamment

Fig. 128. — Éruption du Vésuve.

en soulevant lentement le sol dans un grand nombre de régions du globe. Ce phénomène manifeste a une importance considérable ; comme ceux que nous avons énumérés précédemment, il acquiert une valeur énorme à travers les siècles. Les côtes qui s'élèvent sous la pression du feu central, repoussent les eaux de la mer, au fond desquelles nous avons vu qu'il se déposait des terrains sédimentaires ; ce fond, dans la

suite des âges, formera peut-être un nouveau continent, où les géologues de l'avenir chercheront des débris fossiles.

L'air nous offre encore, quoique beaucoup moins que l'eau et le feu, l'occasion d'étudier un grand nombre de

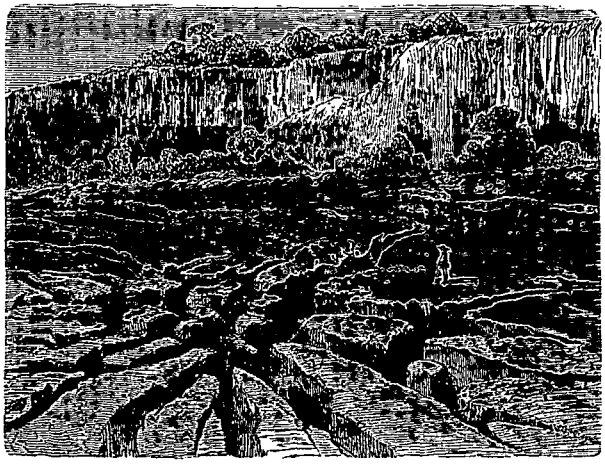


Fig. 129. — Fissures ouvertes par un tremblement de terre.

modifications terrestres; quand il est en mouvement et qu'il forme le vent, il chasse devant lui le sable fin des mers et amoncelle les dunes sur le rivage; mais la dune une fois formée ne reste pas en repos. Elle se surélève sans cesse, par les nouvelles particules de poussière que l'air en mouvement y apporte, mais en même temps son sommet se démolit continuellement sous l'influence du vent; elle s'accroît ainsi sur sa pente anté-

rieure et progresse en réalité, s'avance dans un sens déterminé si le vent souffle dans une direction constante. Cette marche des dunes est le rôle le plus important de l'air, mais n'oublions pas que la masse gazeuse qui entoure le globe fournit à l'eau l'acide carbonique et les gaz qu'il contient et que, par l'apport de cette première substance, elle lui communique la propriété de dissoudre le carbonate de chaux terrestre et un grand nombre de substances minérales.

Quoique le tableau précédent soit tracé d'une façon tout à fait sommaire, ne nous permet-il pas de nous rendre compte de certaines modifications de la surface terrestre dans le passé? Les sédiments qui se forment sous nos yeux au sein de nos mers actuelles, n'acquièrent qu'une faible épaisseur en un siècle, par conséquent les terrains sédimentaires anciens, qui se présentent à nos yeux avec une épaisseur de plusieurs kilomètres, ont nécessité pour prendre naissance le concours d'un temps dont la durée est si considérable qu'elle dépasse tout ce que l'imagination peut rêver. C'est par milliers de siècles qu'il faut évidemment compter le temps de formation de masses sédimentaires d'une telle puissance. Mais si pendant ces milliers de siècles, le sol qui constituait au temps de sa formation, le fond de la mer, a été soulevé peu à peu sous la réaction du feu central, n'eût-il progressé qu'avec la régulière lenteur d'ascension de nos côtes actuelles, il n'en a pas moins dû atteindre et dépasser le niveau de la mer; celle-ci se trouvait ainsi portée à recouvrir d'autres régions du globe qui s'affaissaient peut-être de la même manière. Au lieu

de cataclysmes brusques ou de révolutions difficilement explicables, on assisterait à une suite d'oscillations, dont la démonstration apparaît dans les phénomènes actuels, et qui auraient tour à tour englouti au fond des mers ou fait émerger à la surface des eaux, les différentes parties de la pellicule terrestre.

Est-ce à dire qu'il faudrait exclure de l'histoire du globe les révolutions soudaines et les grandes perturbations? Nous croyons qu'une telle manière de voir ne serait pas justifiée. Les éruptions volcaniques, la brusque apparition d'îles, les tremblements de terre, se produisent encore sous nos yeux ; les feux souterrains qui ont leurs moments de crise, à l'époque actuelle, ont dû se manifester dans les temps passés, déchirer le sol par larges fissures, rejeter brusquement les eaux en inondations, à la suite de soulèvements soudains, comme cela a lieu parfois à notre époque. Mais il est probable que ces commotions violentes n'ont été jadis, comme actuellement, que des réactions exceptionnelles des forces naturelles, et que ces révolutions n'ont que rarement troublé l'admirable mécanisme des évolutions de la surface terrestre.

Les géologues et les paléontologistes modernes ne sont pas d'accord sûr les causes de la modification de la surface terrestre. Un de nos plus grands maîtres, Élie de Beaumont, qui a puissamment contribué avec les Brongniart, les Dufrénoy, les Buckland, les Agassiz, les Saussure, etc., à asseoir la géologie moderne sur des bases positives et à diviser les terrains en *éruptifs* et en *sédimentaires*, était un des disciples les plus con

vaincus de l'école des *révolutions du globe* et des *soulèvements*. Pour cette école, toutes les montagnes ont été violemment soulevées, instantanément, d'une façon subite et désordonnée. Ces cataclysmes formidables auraient donné lieu à des déluges et auraient déterminé l'extinction d'un grand nombre de familles d'êtres vivants. D'autres savants, parmi lesquels nous mentionnerons les Lyell, les Darwin et un grand nombre de naturalistes français, sont partisans des *causes lentes*, et admettent que tous les phénomènes du passé sont analogues à ceux qui agissent encore actuellement.

C'est à Ch. Lyell que l'on doit le premier ouvrage où ces idées se trouvent exposées d'une façon magistrale. Le grand géologue anglais tendait à prouver que les modifications de la surface terrestre, qui s'accomplissent sous nos yeux, sont suffisantes pour expliquer les transformations de l'écorce du globe à travers les âges. « Il montre que, pour expliquer l'origine et la structure de la terre de la façon la plus simple et la plus naturelle, en invoquant seulement les causes actuelles, il suffit de supposer des périodes chronologiques extrêmement longues.... Lyell montra que nous pouvons nous expliquer tout naturellement la formation de ces grandes chaînes de montagnes par de lents et imperceptibles mouvements d'élévation et de dépression de l'écorce terrestre, qui s'exécutent encore aujourd'hui sous nos yeux.... Que ces exhaussements et ces abaissements soient seulement de deux pouces ou au plus d'un pied par siècle, ils suffiront très bien, s'ils ont une durée de quelques millions d'années, à faire saillir les plus

hautes chaînes de montagnes.... L'activité météorologique de l'atmosphère, l'action de la pluie et de la neige, le ressac des vagues le long des côtes, phénomènes en apparence insignifiants, suffisent à produire les modifications les plus considérables, pour peu qu'on leur accorde un laps de temps suffisant [1]. »

Ces hypothèses, nous venons de le voir, ne sont pas admises par tous les savants. Semblable divergence existe, non seulement pour les modifications de l'écorce terrestre, mais aussi pour celles du monde vivant. Il nous reste à examiner les données de ce grand problème de la succession des espèces dans l'histoire de notre globe.

[1] Hœckel. *Histoire de la création des êtres organisés*, traduit de l'allemand. Paris, 1874.

II

Modifications actuelles des êtres vivants. — Lamarck. — La variabilité des espèces. — Influence du milieu. — La domestication. — La lutte pour l'existence. — La théorie de l'évolution. — Objections.

Tout ce que nous venons de dire sur les modifications de la partie physique de notre planète peut-il s'appliquer également aux êtres qui y ont vécu dans la suite des âges et dont les formes ont été reconstituées par l'étude des fossiles; c'est-à-dire, les changements que subissent actuellement les animaux peuvent-ils expliquer leur lente succession à travers les époques géologiques?

Les espèces que nous avons vues apparaître d'abord sous des formes simples, et qui se sont remplacées peu à peu, en s'élevant toujours vers des types de plus en plus compliqués, dérivent-elles les unes des autres? L'histoire de l'organisme n'est-elle qu'une lente transformation des êtres, comme le veulent quelques grands naturalistes de notre siècle?

Cuvier, comme nous l'avons dit au commencement de

ce livre, croyait à l'existence des révolutions brusques à la surface du globe; il avait la persuasion qu'à la suite de ces cataclysmes, l'organisme existant, était détruit, et qu'une nouvelle apparition d'êtres se manifestait au début d'une nouvelle époque géologique. La présence de fossiles d'un âge déterminé dans un terrain d'un autre âge postérieur ébranle fortement cette théorie; et nous avons vu dans le cours de cet ouvrage que plusieurs découvertes récentes ont apporté à ce sujet des faits irréfutables.

Un grand nombre de naturalistes contemporains de Cuvier n'admettaient pas cette manière de voir. Linné, à la fin de sa vie, reconnut la possibilité de la production de nouvelles formes vivantes; Lamarck et Geoffroy Saint-Hilaire devaient enfin jeter les bases des nouvelles doctrines, qui sont admises par un grand nombre de savants modernes et auxquelles M. Darwin a donné une nouvelle vigueur. Les théories nouvel les sont trop importantes pour que nous ne fassions pas succinctement l'exposé des faits sur lesquels elles s'appuient.

Il est manifeste que les espèces vivantes sont soumises à des variations qui apparaissent nettement aux yeux de l'observateur. L'étude des animaux domestiques et des plantes le démontre en toute évidence, et nous trouverons que parmi les causes de leurs modifications, l'influence de l'homme est certainement la plus puissante et la plus rapide. Non pas que l'homme ait le pouvoir de produire directement ces variations, mais il leur fournit des éléments. Quand l'homme transporte des plantes sous un ciel nouveau, quand il acclimate

des animaux dans certaines régions du globe où ces animaux n'existaient pas, où ils vont se trouver soumis à d'autres conditions de vie, à un nouveau régime, il donne prise à la variabilité. D'autre part, l'homme peut exercer sur les variations des espèces une action immédiate, quand il élève ou cultive des variétés dans la direction déterminée de son intérêt. C'est ainsi que des croisements bien ménagés, que le choix judicieux des sujets, ont permis de créer en quelque sorte les chevaux de course, les bœufs de Durham, et un grand nombre d'autres formes animales, qui sont, on ne peut le nier, produites par les variations des formes naturelles. Les plantes nous offriraient encore un grand nombre d'exemples de la variabilité des espèces. Le froment cultivé est certainement un végétal qui a été amené à son état actuel par le travail de l'homme. « Où trouve-t-on dans la nature, dit Lamarck, nos choux, nos laitues, dans l'état où nous les possédons dans nos jardins potagers? N'en est-il pas de même à l'égard de quantité d'animaux que la domesticité a changés ou considérablement modifiés? Que de races très différentes, parmi nos poules et nos pigeons domestiques, nous nous sommes procurées en les élevant dans diverses circonstances et dans différents pays, et qu'en vain on chercherait à retrouver telles dans la nature !... Qui ne sait que tel oiseau de nos climats, que nous élevons dans une cage et qui y vit cinq ou six années de suite, étant après cela replacé dans la nature, c'est-à-dire rendu à l'état de liberté, n'est plus alors en état de voler, comme ses semblables qui ont toujours été libres? Le léger

changement de circonstance opéré sur cet individu n'a fait à la vérité que diminuer sa faculté de voler, et sans doute n'a opéré aucun changement dans la forme de ses parties. Mais si une nombreuse suite de générations des individus de la même race avait été tenue en captivité pendant une durée considérable, il n'y a nul doute que la forme même des parties de ces individus n'eût peu à peu subi des changements notables. A plus forte raison si, au lieu d'une simple captivité constamment soutenue à leur égard, cette circonstance eût été, en même temps, accompagnée d'un changement de climat fort différent, et que ces individus, par degrés, eussent été habitués à d'autres sortes de nourriture et à d'autres actions pour s'en saisir; certes ces circonstances réunies et devenues constantes eussent formé insensiblement une nouvelle race, alors tout à fait particulière. Où trouve-t-on maintenant dans la nature cette multitude de races de chiens que, par suite de la domesticité où nous avons réduit ces animaux, nous avons mises dans le cas d'exister telles qu'elles sont actuellement? Où trouve-t-on ces dogues, ces lévriers, ces barbets, ces épagneuls, ces bichons, etc., races qui offrent entre elles de plus grandes différences que celles que nous admettons comme spécifiques entre les animaux d'un même genre qui vivent librement dans la nature? Sans doute, une race première et unique, alors fort voisine du loup, s'il n'en est lui-même le vrai type, a été soumise par l'homme, à une époque quelconque, à la domesticité. »

Ces exemples cités par Lamarck, ne soulèvent aucune

objection ; ils rencontrent au contraire un appui dans les arguments que l'on doit aux savantes observations de M. Darwin. La théorie de la lutte pour l'existence, du naturaliste anglais, a surtout apporté des faits intéressants en leur faveur.

Tout organisme, quel qu'il soit, lutte contre d'innombrables influences ; il lutte contre les animaux qui vivent à ses dépens, contre les êtres dont il doit être la proie, il lutte contre les intempéries atmosphériques, contre la chaleur et le froid. Il est sans cesse en compétition avec les individus de la même espèce qui vivent autour de lui. Ce grand conflit, nécessaire à l'entretien de la vie, existe partout, aussi bien chez les hommes que chez les animaux et les plantes. Mais il est manifeste que certains êtres, favorisés pour la lutte, arrivent à se perpétuer, et que la seconde génération qui en dérive diffère de la première ; elle reçoit par l'hérédité les avantages auxquels leurs parents ont dû leur triomphe sur leurs ennemis.

Il serait trop long de nous étendre en détails sur ces théories ; on concevra toutefois comment un grand nombre de savants ont pu admettre, par des raisons multiples, que les formes organiques sont variables et qu'elles varient selon l'influence de leur milieu. C'est en partant de ce principe que les géologues se demandent aujourd'hui si les différents êtres qui ont vécu sur le globe ne dériveraient pas les uns des autres par des variations naturelles, à travers la longue suite des siècles. Le refroidissement graduel du globe a produit des changements de climats qui ont

dû être des facteurs importants dans les conditions de l'organisme ; si une espèce sous nos yeux peut-être soumise à des variations appréciables, cette variation se continuant et s'accroissant dans le même sens dans la suite des générations successives, ne pourra-t-elle pas engendrer insensiblement une forme nouvelle?

« Quantité de faits nous apprennent qu'à mesure que les individus d'une de nos espèces changent de situation, de climat, de manière d'être ou d'habitude, ils en reçoivent des influences qui changent peu à peu la consistance et les proportions de leurs parties, leur forme, leurs facultés, leur organisation même ; en sorte que tout en eux participe, avec le temps, aux mutations qu'ils ont éprouvées. Dans le même climat, des situations et des expositions très différentes font d'abord simplement varier les individus qui s'y trouvent exposés ; mais par suite des temps, la continuelle différence des situations des individus dont je parle, qui vivent et se reproduisent successivement dans les mêmes circonstances, amène avec eux des différences qui deviennent en quelque sorte essentielles à leur être ; de manière qu'à la suite de beaucoup de générations qui se sont succédé les unes aux autres, ces individus qui appartenaient originairement à une autre espèce se trouvent à la fin transformés en une espèce nouvelle, distincte de l'autre. » (Lamarck.)

Tel est en quelque sorte le résumé de la théorie de l'évolution, à laquelle, il faut en convenir, il manque souvent encore l'appui des faits.

On objectera immédiatement, par exemple, que parmi

les fossiles nous trouvons des formes différentes, très nombreuses, mais que les formes intermédiaires apparaissent très rarement. Il ne faut pas perdre de vue, disent les partisans de l'évolution, que nos collections paléontologiques sont très incomplètes, qu'une multitude de nos espèces fossiles n'ont été décrites que d'après un seul spécimen, qu'une très petite partie seulement de la croûte terrestre a été géologiquement explorée et qu'en un mot, ce que nous savons n'est rien à côté de ce que nous pourrions savoir.

« Plus nos collections s'enrichissent, dit encore Lamarck, plus nous rencontrons des preuves que tout est plus ou moins nuancé, que les différences remarquables s'évanouissent et que le plus souvent la nature ne laisse à notre disposition, pour établir des distinctions, que des particularités minutieuses.... » Il est certain que l'avenir nous réserve bien des découvertes, qui, analogues à celles de M. Gaudry à Pikermi, combleront des lacunes dans l'échelle des êtres, et feront mieux voir des passages entre une forme animale et celle qui lui est voisine. Il faut bien se rendre compte, en outre, de l'influence exercée par le temps, que notre esprit ne sait pas toujours estimer à sa juste valeur dans l'histoire des métamorphoses du globe.

« L'homme, encore bien nouveau sur le globe, ne possède pas de chronomètre qui lui permette de mesurer le cycle de l'existence des êtres qui l'entourent. La paléontologie nous dévoile dans le passé de grands, reptiles, par exemple, qui ont successivement apparu et disparu, et les animaux inférieurs, leurs contemporains,

ont également subi l'inexorable loi du renouvellement des types, grands ou petits, et de leur remplacement continu. Nous n'apercevons pas, il est vrai, ce mouvement autour de nous; nous croyons volontiers que la nature organique, qui n'avait cessé de se modifier depuis l'origine des choses, est devenue immobile depuis que nous en faisons partie; qu'aux lois de succession ont succédé de simples lois de conservation; qu'en un mot la création est complète et finie. C'est là sans doute une illusion, qui vient de ce que les quelques dizaines de siècles qu'embrassent nos chroniques ne suffisent pas pour constater des changements bien notables; mais si l'étude et l'observation nous ont appris quelque chose, c'est que l'histoire de l'humanité tout entière ne compte pas plus, dans l'histoire de la nature, que la vie de ces éphémères qu'un même soleil voit naître, se reproduire et mourir[1]. »

Après avoir passé rapidement en revue quelques-unes des preuves fournies par les partisans des évolutions lentes et graduelles dans l'histoire de la terre, nous terminerons ce chapitre en reproduisant l'opinion du fondateur de la doctrine des révolutions soudaines, de l'illustre Cuvier, afin de mettre sous les yeux du lecteur les pièces opposées d'un débat qui divise les naturalistes.

« Les irruptions, les retraites répétées des eaux, n'ont point toutes été lentes, ne se sont point toutes faites par degrés; au contraire, la plupart des catastro-

[1] *Leçons de la faune quaternaire professées au Muséum d'histoire naturelle*, par M. d'Archiac. — Paris, 1865.

phes qui les ont amenées ont été subites ; et cela est surtout facile à prouver pour la dernière de ces catastrophes; pour celle qui, par un double mouvement, a inondé et ensuite remis à sec nos continents actuels, ou du moins une grande partie du sol qui les forme aujourd'hui. Elle a laissé encore dans le pays du Nord des cadavres de grands quadrupèdes que la glace a saisis, et qui se sont conservés jusqu'à nos jours, avec leur peau, leur poil et leur chair. S'ils n'eussent été gelés aussitôt que tués, la putréfaction les aurait décomposés. Et d'un autre côté, cette gelée éternelle n'occupait pas auparavant les lieux où ils ont été saisis ; car ils n'auraient pas pu vivre sous une pareille température. C'est donc le même instant qui a fait périr les animaux et qui a rendu glacial le pays qu'ils habitaient. Cet événement a été subit, instantané, sans aucune graduation, et ce qui est si clairement démontré pour cette dernière catastrophe ne l'est guère moins pour celles qui l'ont précédée. Les déchirements, les redressements, les renversements des couches plus anciennes, ne laissent pas douter que des causes subites et violentes ne les aient mises en l'état où nous les voyons ; et même la force des mouvements qu'éprouva la masse des eaux est encore attestée par les amas de débris et de cailloux roulés qui s'interposent en beaucoup d'endroits entre les couches solides. La vie a donc souvent été troublée sur cette terre par des événements effroyables. Des êtres vivants sans nombre ont été victimes de ces catastrophes : les uns, habitants de la terre sèche, se sont vus engloutis par des déluges; les autres, qui peuplaient le

sein des eaux, ont été mis à sec avec le fond des mers subitement relevé; leurs races mêmes ont fini pour jamais et ne laissent dans le monde que quelque débris à peine reconnaissables pour le naturaliste[1]. »

Il paraît certain en effet que la mort des mammouths de la Sibérie, que celle des grands édentés dans les pampas de l'Amérique, a été brusquement produite, par un grand bouleversement en un point de la surface terrestre. Mais les inondations locales, les tremblements de terre qui apportent une perturbation soudaine, dans certaines régions du globe, n'excluraient pas la grande loi de la transformation des êtres.

Ces questions sont aussi graves que délicates ; elles ont souvent passionné les esprits : après avoir résumé l'opinion de grands naturalistes, qui, quoique en désaccord, s'efforcent avec la même ardeur de connaître la vérité, nous laisserons au lecteur le soin de se former une opinion.

[1] Cuvier, *Discours sur les révolutions de la surface du globe.*

CHAPITRE X

LES ÉPAVES DE L'ORGANISME

I

Mort accidentelle des êtres vivants à la surface du globe. — Enfouissement des débris végétaux et des cadavres des animaux, dans la tourbe, dans les sables, dans le limon des eaux douces et marines, — Les inondations des grands fleuves. — Les ouragans de sable du désert. — Accumulation des végétaux et des animaux dans les sédiments. — Les naufrages. — Les fossiles de l'avenir.

Les vestiges et les débris des mondes anéantis se retrouvent dans des conditions très différentes au sein de l'écorce terrestre; on les rencontre dans les roches, comme la craie, dans les gisements de houille, dans les sables, dans les cavernes, où le naturaliste les recherche et les découvre. Nous ferons voir quel est l'intérêt de ces investigations, et dans quelles circonstances le succès couronne les efforts du chercheur patient; mais il nous paraît intéressant de montrer comment, à côté des

grandes lois naturelles de l'anéantissement ou de la succession des formes organiques, les êtres vivants peuvent disparaître et comment leurs dépouilles sont préservées de la destruction pendant un long laps de temps. L'enfouissement actuel des animaux s'accomplit souvent dans des conditions peu connues, et, ici comme dans bien d'autres cas, l'image du présent nous représente celle du passé.

Un certain nombre de terrains ont la propriété de conserver d'une façon vraiment extraordinaire les matières animales qu'ils recèlent. « En juin 1747, le corps d'une femme fut trouvé à $1^{m},82$ de profondeur dans un marais tourbeux de l'île d'Axholme (Lincolnshire). Les sandales antiques qui recouvraient ses pieds offraient la preuve évidente de son enfouissement dans ce lieu depuis plusieurs siècles; et cependant ses ongles, ses cheveux et sa peau sont décrits comme ayant à peine offert quelques traces d'altération. Un autre squelette humain fut découvert en Irlande, dans la terre du comte de Moira; il était enfoncé de $0^{m},30$ dans une couche de gravier, que recouvrait une masse de tourbe de $3^{m},30$ d'épaisseur. Ce corps était complètement habillé, et les vêtements qu'il portait paraissaient être en poil[1]. »

Les terrains marécageux, les tourbières, sont fréquemment une cause de mort pour les quadrupèdes qui s'égarent à leur surface. Un naturaliste éminent, M. King, rapporte que dans les marais de Terre-Neuve, une multitude de bestiaux se perdent tous les ans; ils y sont

[1] Ch. Lyell *Principes de géologie.*

peu à peu enterrés quand ils ont eu l'imprudence de s'égarer dans ces lieux, remplis de redoutables fondrières. Suivant le même auteur, le nombre de bœufs qui s'engloutissent dans les tourbières est extraordinaire, et dépasse tout ce que l'on saurait imaginer.

« A la bataille de Solway, qui eut lieu en 1542, sous Henri VIII, lorsque l'armée écossaise, commandée par Olivier Sainclair, fut mise en déroute, une compagnie de cavalerie, affolée par la terreur, se précipita dans le marais du Solway Moss[1], qui, après l'avoir engloutie, se referma sur elle à l'instant.

Ce récit fut pendant longtemps considéré comme une simple légende traditionnelle; mais il est devenu authentique depuis qu'un homme et son cheval, complètement équipés, ont été trouvés par des ouvriers employés à extraire la tourbe, dans l'endroit même où l'on avait toujours supposé que ce malheur était arrivé. Les deux squelettes étaient bien conservés, et les différentes parties de l'armure du cavalier se reconnaissaient aisément[2]. »

Il est à présumer que quelques-uns des êtres vivants ayant fourni les éléments des fossiles dont le géologue découvre les vestiges dans les tourbières, ont trouvé jadis une mort accidentelle d'une façon analogue à celle dont nous venons de rapporter le récit. Bien des animaux font naufrage sur cette terre, et laissent après eux des restes de leur corps, véritables épaves de l'or-

[1] Terrains marécageux situés sur les confins occidentaux de l'Angleterre et de l'Écosse.

[2] Gilpin, *Observation sur la beauté pittoresque*, etc. 1772.

ganisme, que la nature conserve à travers les siècles. On rencontre en effet dans la tourbe des ossements de grands cerfs de l'époque quaternaire; on y trouve aussi des squelettes de bœufs, de cochons, de moutons et de quelques autres herbivores.

Le transport du sable sous l'action du vent est encore une cause de conservation des débris organiques. La poussière minérale des déserts, détermine parfois l'anéantissement d'êtres vivants, quand elle est soulevée par un vent furieux, et qu'elle se précipite à la surface du sol en terribles ouragans. Les récits des voyageurs nous apprennent que des caravanes entières ont été quelquefois englouties sous des monceaux de sable emporté par des courants aériens rapides. Burckhardt rapporte que lorsque l'on parcourt l'extrémité septentrionale de la mer Rouge, une fois que l'on a dépassé l'Akabah, les ossements des chameaux sont les seuls indices qui guident le pèlerin à travers les plages de sable. « Nous ne vîmes, dit le capitaine Lyon, en parlant d'une plaine située près des monts Soudah, dans l'Afrique septentrionale, nulle trace de végétation ; mais nous rencontrâmes plusieurs squelettes d'animaux qui étaient morts de fatigue dans le désert, et quelques tombes renfermant des débris humains. Tous ces corps étaient desséchés à un tel point, par la chaleur du soleil, que la putréfaction semblait n'avoir pu s'y développer. Il me fut impossible de trouver dans les animaux morts récemment la trace de la plus légère odeur putride ; et dans ceux qui avaient cessé de vivre depuis longtemps, la peau, encore couverte de son poil, restait entière et

inaltérée; toutefois elle était devenue si cassante que le moindre choc suffisait pour la briser. Les tempêtes de sable n'occasionnent jamais le déplacement de ces corps, par la raison qu'en peu de temps un léger monticule se trouve formé autour d'eux et les rend stationnaires [1]. »

Des observations toutes récentes dues à un savant explorateur anglais, M. W. Thomson, qui a dirigé les observations du *Challenger*, chargé d'explorer le fond des mers par des sondages, ont dévoilé le mode de transformation de plages de sable en roches consistantes où sont conservées par incrustation les débris qui s'y trouvent contenus. Près des îles Bermudes, M. Thomson a saisi le mécanisme de l'agglomération du sable, sous l'influence des eaux naturelles chargées de carbonate de chaux qu'elles tiennent en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Ces eaux s'écoulent lentement à travers la masse du sable, mais elles y sont soumises à l'évaporation et y abandonnent peu à peu la matière calcaire qui forme une sorte de ciment, soudant les uns aux autres les fragments divisés qu'elles arrosent. Peu à peu le sable se métamorphose ainsi en une roche compacte. Un grand nombre de troncs d'arbres, rejetés par la mer sur ces rivages, s'y pétrifient lentement, sous l'influence des eaux calcaires, et ces matières végétales, minéralisées, sont emprisonnées avec les cailloux de silex dans un magma qui deviendra consistant. Si plus tard ces côtes se surélèvent, si quelque jour

[1] Lyon, *Voyage dans l'Afrique septentrionale*. 1818-1820.

l'Océan n'y fait plus glisser ses vagues, les géologues de l'avenir, qui auront peut-être perdu la trace des observations de notre temps, se trouveront en présence d'une roche particulière, remplie de débris de végétaux pétrifiés, et il est à présumer qu'ils pourront concevoir bien des hypothèses erronées, avant de dévoiler la cause véritable de cette curieuse formation.

L'enfouissement des débris végétaux et des animaux dans le sein des sédiments déposés par nos fleuves est encore un phénomène important, que le naturaliste peut étudier dans toutes les régions de notre globe. Si un arbre tombe dans une rivière, il flotte d'abord à la surface ; mais quand il a été imbibé pendant un temps considérable, ses pores, d'abord remplis d'air, se remplissent d'eau : aussi ne tarde-t-il pas à être submergé jusqu'au fond du fleuve qui l'a entraîné au loin par son courant. Les rivières et les lacs des États-Unis charrient continuellement des quantités énormes de troncs d'arbres détachés de leurs rivages, de plantes de toute espèce, qui s'enfoncent peu à peu et forment au fond de ces amas d'eau des couches épaisses qui s'accroissent dans une proportion étonnante à travers les siècles. La navigation du Mississipi est considérablement retardée par les troncs d'arbres qui encombrent son lit. Ces débris végétaux sont parfois entraînés jusqu'à la mer, où ils constituent des dépôts récents qui forment un delta ; parfois aussi ils flottent sur les flots de l'Océan et arrivent jusqu'au gulf-stream, qui les emporte dans son cours. Il est de ces débris qui atteignent, portés sur la surface des eaux, les côtes de l'Islande et du Spitzberg.

« C'est un des phénomènes les plus étonnants de la nature que cette immense quantité de gros troncs de pins, sapins et autres arbres qui viennent se jeter sur les côtes septentrionales de l'Islande, surtout sur le cap Nord et sur le cap Langaness. Ce bois arrive sur ces deux points dans une telle abondance que les habitants en négligent la plus grande partie. Les morceaux qui sont poussés le long de ces deux promontoires vers les autres côtes fournissent à la construction des bateaux [1]. »

Dans certaines conditions, ces troncs d'arbres et ces plantes accumulés pourront être pétrifiés, c'est-à-dire échanger leur substance organique contre une matière minérale, tout en conservant leur forme, et se perpétuer.

Mais le limon de la mer, comme celui des fleuves et des lacs, ne reçoit pas uniquement dans son sein les épaves du monde végétal, il se remplit aussi des cadavres du règne animal. En 1699, à la suite d'un tremblement de terre ressenti à Java, des inondations de boue recouvrirent une partie de l'île, et engloutirent une innombrable quantité d'alligators et d'autres reptiles. Les oiseaux, par la faculté qu'ils ont de voler, échappent à ces cataclysmes ; aussi ne trouve-t-on que très rarement leurs cadavres dans les strates récentes. Il n'en est pas de même pour les quadrupèdes terrestres, qui sont fréquemment surpris par les inondations. La mort les saisit à l'improviste, et les débris de leur corps viennent s'ajouter aux nombreux objets qui

[1] Malte-Brun. *Précis de géographie universelle.*

accroissent peu à peu l'épaisseur des sédiments. En 1829, de terribles inondations eurent lieu en Écosse, et un témoin de ces événements, M. Lauder, rapporte qu'une véritable légion d'animaux et de plantes furent emportés par le flot de l'inondation.

Sur une étendue de plusieurs milles, après le cataclysme, le bord de la mer était littéralement jonché de squelettes d'animaux domestiques et de millions de lièvres et de lapins morts.

Humboldt a rapporté des faits analogues, observés lors des crues périodiques des fleuves de l'Amérique du Sud. Les chevaux sauvages, qui paissent par troupeaux immenses dans les savanes, sont, tous les ans, engloutis par milliers à la suite du débordement des tributaires de l'Orénoque. Lors les grandes crues du Parana, au Brésil, des animaux sont encore noyés en quantités prodigieuses. « Quand les eaux commencèrent à se retirer, rapporte sir W. Parish, et que les îles qu'elles avaient couvertes redevinrent visibles, l'atmosphère fut pendant longtemps empoisonnée par les miasmes qui se dégageaient des squelettes de capiguaras, de tigres et de plusieurs autres animaux sauvages qui avaient été noyés (1812). »

Tout ce que nous venons de dire sur les plantes et les animaux terrestres se rapporte aussi aux populations des eaux douces et des eaux salées. Il existe au sein des océans des grands bancs d'algues et de plantes marines qui s'enfoncent parfois et donnent naissance à des dépôts énormes de matière végétale. Sur certains rivages de la Hollande et de l'Angleterre, il se forme ainsi des

sédiments épais de tourbe sous-marine, dus à l'accumulation de fucus.

Les squelettes des cétacés et des poissons s'amoncellent encore au fond des mers, en même temps que les coquilles des animaux marins. « On a observé à Rockall, dit Ch. Lyell, un lit d'os de poissons qui recouvre le fond de la mer, sur une étendue de deux milles.... Des formations analogues sont en voie de se produire sur tous les points de l'espace sous-marin compris entre les îles Shetland et le nord de l'Irlande, où des sondages ont pu être pratiqués. Un dépôt continu de sable et de limon rempli de coquilles brisées et entières, d'échinites, etc., a été suivi sur plus de vingt milles à l'est des îles Fœroë, à une profondeur variant généralement entre 40 et 100 brasses. Il existe en un certain point de cet espace (lat. 61° 50′, long. 6° 30′) une si grande quantité d'os de poissons, que l'on ne peut remonter la sonde sans qu'elle ramène quelque vertèbre. Cette « couche à ossements — nom sous lequel nos ingénieurs la désignent — a trois milles et demi de longueur, et se trouve à 45 brasses au-dessous de la surface; quelques coquilles y sont mêlées aux os de poissons ».

Les débris humains et les œuvres de l'industrie des sociétés modernes n'échappent pas à ces naufrages; ils laissent aussi de nombreuses traces dans les dépôts sous-aqueux, qui constitueront les sédiments de la géologie de l'avenir. Le fond des océans recèle les dépouilles innombrables des navigateurs engloutis dans les ouragans, des navires perdus avec leurs cargaisons dans ses tempêtes qui bouleversent la surface des mers

Tous ces débris vont s'ajouter à l'ossuaire des animaux marins. Le nombre des vaisseaux perdus en mer de 1868 à 1869 s'est élevé à 19779 ; d'après L. Prévost, il était seulement de 1953 en 1829. Ces chiffres, qui indiquent l'énorme accroissement de l'activité dans les relations commerciales des peuples, montrent encore l'importance des trésors et des dépouilles ainsi accumulés dans le limon sous-marin.

Que de fossiles en préparation pour les siècles à venir !

II

Les chercheurs de fossiles. — Attraits de la géologie et de la paléontologie. — La chasse aux coquillages et aux ossements fossiles. — Reconstitution d'un squelette fossile. — Investigations relatives aux études préhistoriques. — Règles à observer dans l'exploration des cavernes — Importance de la science des fossiles. — L'avenir de la terre

Parmi les débris organiques que le naturaliste rencontre dans l'écorce terrestre, il en est certainement un grand nombre qui proviennent de la destruction de l'être vivant auquel ils ont appartenu, par une cause analogue à quelques-unes de celles que nous venons de passer en revue. N'avons-nous pas vu les plantes des forêts houillères former des amas comparables à ces accumulations actuelles des débris végétaux au sein des eaux? N'avons-nous pas étudié les vestiges des édentés de l'Amérique du Sud, que l'on découvre au milieu des pampas, et qui ont péri probablement à la suite d'inondations analogues à celles qui ont encore lieu à notre époque? L'observation des causes actuelles de la destruction des êtres est un excellent guide pour le chercheur qui a pris pour mission de recueillir les restes des mondes anéantis.

C'est une bien attrayante investigation que celle des débris relégués au milieu des couches superposées de l'écorce terrestre. La géologie et la paléontologie pratiques s'exercent généralement dans de riantes contrées, au milieu des défilés des montagnes; elles nous mettent en présence des grands spectacles de la nature, dont la contemplation élève l'âme, tout en fortifiant le corps par la salutaire gymnastique du voyage. Le chercheur de coquilles et d'ossements fossiles doit être bon marcheur, comme ces maîtres regrettés qui ont enrichi la science du passé, et qui, jusqu'à un âge avancé, ne craignaient pas d'exécuter à pied de longues et pénibles excursions. Les Brongniart et les Cordier se vantaient d'avoir le *pied géologue*, et l'illustre Élie de Beaumont, dans sa jeunesse, était infatigable quand il parcourait les vallées, lorsqu'il gravissait les montagnes, et que son grand esprit le mettait en présence des anciens habitants de notre monde et des harmonies terrestres.

Le géologue doit donc voyager à pied, comme Bernard Palissy; il doit se munir d'un sac, où il emprisonnera les produits de sa chasse aux fossiles; d'un marteau, qui lui permettra de casser les pierres. Quelle joie quand ses efforts seront recompensés; quand il trouvera sur des roches l'empreinte de coquilles anciennes, quand il saura surtout les définir et reconnaître la nature du terrain qui les recèle!

La recherche des ossements de quadrupèdes est plus difficile et exige souvent le concours de terrassiers; souvent aussi la découverte des squelettes fossiles est due au maniement du sol dans les travaux d'art. Les

immenses terrassements que nécessite la construction des chemins de fer, les orifices creusés dans les montagnes pour le percement des tunnels, les trous pratiqués dans le sol pour le forage des puits artésiens, les déblaiements occasionnés par l'exécution des routes, ont fréquemment été l'origine de découvertes intéressantes. Le squelette d'éléphant fossile trouvé dans le Gard, par M. Cazalis de Fondouce, et dont nous avons parlé précédemment, a été dévoilé par les travaux de l'établissement d'une route. Une dent de cet être gigantesque avait été jetée par les ouvriers au milieu d'un tas de pierres ; M. de Fondouce l'aperçut en passant en voiture : il interrogea les ouvriers, leur demanda d'où provenait cet objet, et fut ainsi conduit à mettre la main sur le squelette tout entier du monstre fossile. Un grand nombre de trésors échappent malheureusement à la science. On ne saurait croire combien les ouvriers sont ignorants dans les campagnes ; ils en sont restés, sous le rapport de la géologie, aux notions des siècles passés, et les *pierres figurées* qu'ils rencontrent ne leur semblent pas dignes d'être recueillies. Ils les considèrent encore comme des *jeux de la nature*, et s'étonnent souvent que des touristes y attachent quelque prix.

Si le hasard est un grand maître dans la trouvaille des fossiles, l'habitude du terrain, le coup d'œil de l'homme accoutumé aux explorations du sol, conduisent aussi à des découvertes importantes. C'est surtout par la persistance à fouiller les mêmes régions que l'on peut devenir habile dans l'art de découvrir ces précieux débris. M. Séguin, qui a doté le Muséum du magnifique méga-

thérium des pampas de l'Amérique méridionale, est parvenu, par une longue observation de ce sol peu exploré, à recueillir souvent des restes qui auraient échappé à de moins experts.

Si les coquilles fossiles attenant à une pierre ne nécessitent pas des préparations importantes pour être placées dans une collection paléontologique ; s'il suffit, la plupart du temps, de les bien nettoyer ou de les gratter pour les dépouiller de la couche de matière minérale qui en empâte les contours, il n'en est pas de même pour les ossements des mammifères éteints, comme on va le voir par les renseignements que nous devons à un paléontologiste des plus experts dans la reconstitution des squelettes fossiles.

Les os qui ont dû séjourner pendant des siècles au milieu de matières terreuses ont à peu près entièrement perdu jusqu'à la dernière trace de la matière organique qui constitue le moyen de cohésion de leurs molécules. Dans cette condition, c'est-à-dire réduits à leurs éléments calcaires, ces os sont habituellement recueillis en fragments désagrégés et friables ; après leur exhumation, la dessiccation et l'exposition y déterminent encore et invariablement de nouvelles brisures. En sorte que lorsqu'on se propose de monter un squelette fossile, on a d'abord à se livrer à une besogne incroyablement laborieuse, qui consiste à trier les innombrables fragments plus ou moins mélangés, à les débarrasser de la gangue qui les recouvre, à chercher leurs places, et enfin à réunir, ressouder ceux qui vont ensemble, c'est-à-dire qui font partie d'un même os. Il ne reste plus,

après cela, pour leur donner un peu de solidité, qu'à imprégner d'une faible solution gélatineuse les différentes pièces osseuses reconstituées. Il y a, comme on voit, dans les diverses manipulations que nous venons d'indiquer, et qui ont pour objet la reconstruction des os, quelque chose qui rappelle exactement l'exercice du jeu de patience ; mais ici le jeu exige non seulement la persévérance la plus opiniâtre, mais encore des connaissances étendues en ostéologie comparée. La restauration des os terminée, on passe à l'opération du montage, qui, pour les grands animaux, ne peut être bien réussi qu'à l'aide du concours d'un mécanicien habile. Les différentes régions du squelette, bien disposées successivement dans leurs rapports naturels, selon l'attitude que l'on veut donner à l'animal, sont provisoirement soutenues par des échafaudages de bois ; le mécanicien, en prenant les plus grands soins de ne rien déranger, construit, pour maintenir chacun des os, des bracelets à charnières ou des colliers plus ou moins complets; qui sont tous raccordés et ajustés sur six tiges principales, dont quatre supportent les membres et deux la colonne vertébrale. La grande difficulté, dans ce travail extrêmement compliqué, consiste à dissimuler autant que possible les nombreux embranchements de fer et à réserver le moyen de pouvoir démonter aisément, au besoin, le squelette dans son ensemble ou dans quelques-unes de ses parties. Ce sont là des dispositions qui sont rendues nécessaires, et pour les besoins possibles de l'étude, et pour obvier au défaut de consistance des os fossiles, qui ne peuvent être ni percés ni soutenus

intérieurement par des tiges métalliques, et enfin, pour assurer la possibilité du déplacement d'un squelette.

C'est de la sorte que sont reconstituées les pièces que l'on passe en revue dans les collections. Les galeries du Jardin des Plantes reçoivent ainsi chaque jour de nouveaux objets qui s'ajoutent à ceux dont notre Muséum était déjà enrichi. Mais il n'est pas toujours possible de recueillir toutes les parties d'un squelette fossile, et parmi les débris que l'on admire dans les galeries paléontologiques, il en est qui représentent seulement la tête d'un animal ancien (fig. 130); quelquefois

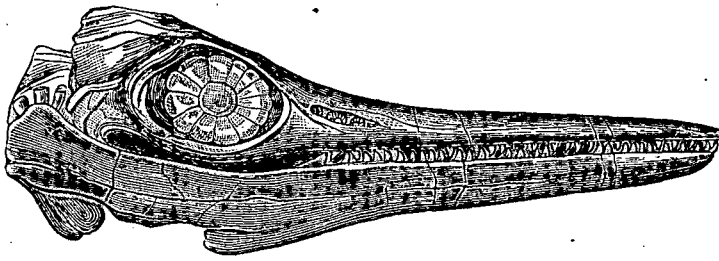


Fig. 130. — Tête de l'Ichthyosaure de l'époque jurassique.

c'est une unique portion de la mâchoire qui a échappé à la dégradation du temps (fig. 131). Cuvier avait appris à suppléer par le raisonnement à l'insuffisance des débris perdus dans le sol aux âges antérieurs. Ces vestiges d'Ichthyosaures et de Mégalosaures de l'époque jurassique ou crétacée, il les avait complétés par la pensée comme il l'avait fait pour les mammifères des temps tertiaires, montrant ainsi que si la reconstruction

d'un squelette ne peut pas toujours être faite matériellement, elle le sera quelquefois d'une façon idéale,

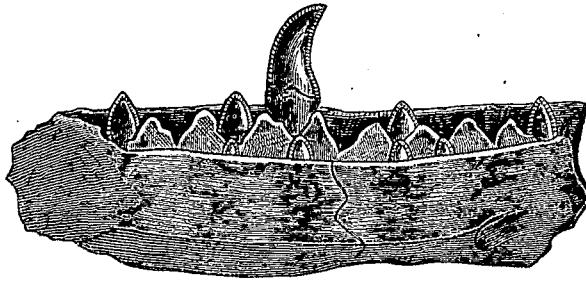


Fig. 131. — Mâchoire du Mégalosaure de la période crétacée.

grâce aux ressources d'une science ostéologique profonde. Il n'est pas impossible, comme nous l'avons dit,

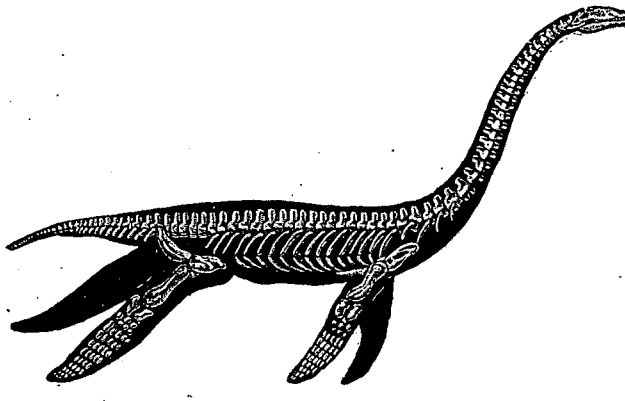


Fig. 132. — Plésiosaure de l'époque jurassique.

d'ébaucher même la forme extérieure de l'être pas l'examen de son squelette (fig. 132).

On ne peut espérer de dépasser sous ce rapport le génie de Cuvier, mais on doit reconnaître que depuis son époque, la paléontologie pratique, la reconstitution matérielle des fossiles, a fait de grands progrès, comme l'attestent les richesses des muséums modernes, tant en France qu'à l'étranger.

La recherche des fossiles a le don de passionner ceux qui s'y adonnent ; et l'intérêt va croissant, en quelque sorte, à mesure que les débris découverts appartiennent à une époque moins éloignée des temps modernes. Les vestiges qui se rapportent, par exemple, aux premiers âges de l'humanité, tels que les haches en silex de l'âge de pierre, les objets travaillés par l'homme des cavernes, exercent une séduction particulière sur le véritable ami de la nature. Il faut reconnaître d'ailleurs que les résultats obtenus par la science des temps préhistoriques ont été si importants et si nombreux, dans un espace de temps si limité, qu'ils sont bien de nature à encourager les savants de tous les pays. Aussi les grottes sont-elles partout explorées; les excavations du sol et le fond des lacs où des cités lacustres ont pu être construites sont-ils de toutes parts fouillés et étudiés.

L'examen des cavernes à ossements ne peut bien être exécuté qu'avec le concours de terrassiers ; il faut creuser à la bonne place, des trous quelquefois profonds ; et si les débris des squelettes fossiles apparaissent, si les vestiges de l'industrie humaine à son enfance se révèlent, il ne faut pas craindre de vider entièrement l'orifice de pierre, et d'examiner avec un soin scrupuleux

toutes les pelletées de terre qui en sont extraites. Ce mode d'investigation demande, pour être fructueux, une grande habitude, qu'il n'est guère possible d'acquérir que par la pratique.

M. Ed. Piette, à qui l'on doit de remarquables trouvailles préhistoriques, a publié à ce sujet quelques intéressantes observations que nous lui emprunterons. Elles se rattachent spécialement aux Pyrénées, mais elles peuvent être appliquées à toute autre région où existent des cavernes.

« On pense généralement, dit ce savant distingué, que la découverte d'une grotte préhistorique est due au hasard. Le hasard y est bien pour quelque chose, mais le raisonnement y est pour beaucoup. Les Pyrénées sont composées d'une chaîne centrale très élevée, s'étendant d'une mer à l'autre, formée par des roches éruptives et par les schistes des terrains anciens, contre lesquels s'appliquent au nord et au sud des contreforts calcaires. Les grottes sont rares dans la partie centrale et cristalline de la chaîne. Là, elles ne sont dues qu'à des fissures, à des contournements d'assises ; elles sont remplies d'abîmes. L'homme n'a pas choisi pour son séjour ces lieux d'horreur. Il ne pouvait même pas, si elles n'étaient à un niveau très élevé, y chercher, à l'époque du renne, un abri d'un jour ; car alors tous les hauts ravins des Pyrénées étaient encore obstrués par les glaciers. Les contreforts calcaires de la grande chaîne sont, au contraire, percés de nombreuses grottes présentant des ouvertures spacieuses et des abris relativement confortables. A l'époque de la Madelaine, les

vallées dont elles sont voisines, récemment débarrassées des masses immenses de glace qui les avaient encombrées pendant les temps rigoureux de la période quaternaire, étaient couvertes encore d'un limon froid, abandonné par les glaciers, sur lesquels croissait avec abondance le lichen chéri du renne. C'est dans ces contreforts que les chasseurs de renne devaient choisir leurs abris. Ils devaient préférer les cavernes saines aux grottes humides, pleine de stalactites et de suintements, celles qui reçoivent l'air et le soleil par de larges ouvertures à celles qui ne communiquent avec l'extérieur que par d'étroits et obscurs corridors. Celles dont les entrées sont au nord, recevant un vent froid à cette époque encore rigoureuse, leur plaisaient moins que les autres. Ils s'installaient souvent sous l'abri d'un rocher en surplomb. Ils trouvaient de l'avantage à choisir leurs habitations dans les mamelons placés au voisinage des anciennes moraines quaternaires, car en amont de ces moraines, les troupeaux de rennes étaient nombreux, et dans les plaines d'aval, la nature de l'herbe était favorable aux chevaux et aux bœufs qu'ils chassaient aussi pour en faire leur nourriture. Le voisinage d'un cours d'eau ajoutait les ressources de la pêche à celles de la chasse. Lors donc qu'on veut trouver une grotte de l'âge du renne, il faut la chercher dans la partie la plus calcaire des Pyrénées, non loin des moraines quaternaires, vers le point où un cours d'eau de quelque importance quitte la région des montagnes pour entrer dans le pays de plaine; il faut, de préférence, fouiller celles qui sont largement ouvertes, celles

qui ne sont pas humides et dont les entrées ne sont pas exposées au nord. En se conformant à ces règles, on ne réussira pas toujours ; en ne les prenant pas en considération, on court le risque de faire des fouilles très nombreuses avant de rencontrer un bon gisement[1]. »

Quel que soit le genre d'objets que recherche le paléontologiste, quelles que soient les populations anciennes qu'il étudie, ses travaux le conduisent toujours à côtoyer le domaine de la géologie. La géologie et la paléontologie sont sœurs ; et si la science de la terre offre une importance spéculative de premier ordre, elle n'est pas moins digne de notre intérêt au point de vue pratique. Elle fournit son concours à la géographie, guide l'ingénieur dans l'exploitation des minéraux utiles, dans celle de la houille et des substances métalliques ; elle prête son appui à la plupart des branches de la science.

Mais les résultats que l'on doit à l'étude des fossiles, au point de vue de la connaissance de notre monde, sont bien plus admirables encore, puisqu'ils nous permettent de contempler dans son imposante majesté l'histoire du globe qui nous entraîne au sein de l'espace. L'astronomie venant en aide à la paléontologie lui a fourni les notions de l'origine de la terre, d'abord nébuleuse, errant au sein de l'espace, puis soleil, puis enfin planète. Sur cette sphère, roulant dans les abîmes infinis, les êtres vivants ont apparu, sous une forme élémentaire ; puis ils se sont succédé dans la suite des âges,

[1] *Bulletin de la Société des sciences naturelles de Toulouse*, 1874.

pour laisser leurs dépouilles au milieu des formations géologiques, dont l'ensemble constitue comme le calendrier de l'histoire terrestre. La chaîne de l'organisme apparaît depuis l'*eozon*, sorte d' « organisme sans organes », jusqu'à l'homme.

L'esprit n'est-il pas conduit à se demander, en présence de cet imposant tableau, si la série géologique s'arrête là ; si l'homme est le dernier terme de l'échelle des êtres, le dernier effort de la puissance créatrice, et si l'humanité, engloutie à son tour dans un nouveau naufrage, doit quitter la scène du monde pour laisser la place à d'autres êtres plus parfaits, d'une essence plus épurée. Rien ne se crée et rien ne se perd ici-bas; la matière se métamorphose à l'infini, sans qu'aucun atome matériel puisse disparaître du monde physique. Il semble en être de même pour la vie. Dans la suite des âges, les formes vivantes se transforment, mais la somme de vie ne varie pas, et nulle parcelle de vie ne quitte non plus le monde animé. Si, guidé par les prévisions de la géologie, on admet que l'homme s'en ira, comme les reptiles jurassiques, comme les grands mammifères tertiaires, et qu'après avoir eu des devanciers il aura des successeurs, ne sera-t-on pas fatalement conduit, si loin qu'on plonge les regards, à entrevoir le moment où l'histoire des êtres touche à son terme?

Les légendes de tous les peuples, qu'on dirait produites par la même intuition, ont toujours prévu la fin de l'humanité et la fin du monde. La science nous conduit en quelque sorte au même but. La terre, comme l'a dit Descartes, n'est qu'un soleil encroûté;

la croûte superficielle gagne en épaisseur, car sa tempé-

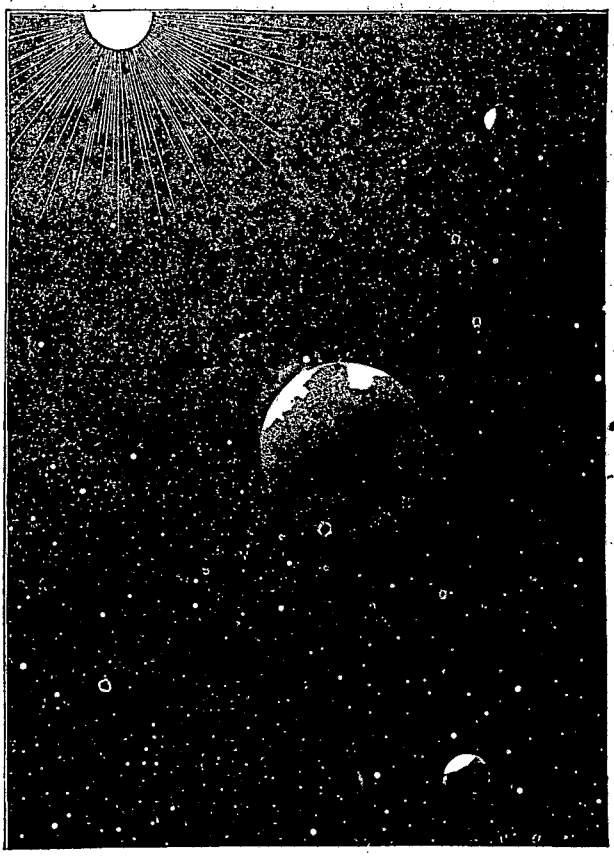


Fig. 133. — La terre dans l'espace.

rature diminue sans cesse, et le règne du froid la menace. L'eau et l'air ne sont-ils pas destinés à dispa-

raître, enlevant à la vie les éléments qui la rendent possible? La terre, morte et dénudée, continuera-t-elle à parcourir les régions de l'espace?

Graves problèmes, qui tiennent en éveil notre intelligence, qui l'attirent et la séduisent d'autant plus peut-être qu'ils ne seront pas résolus. Quelque intérêt qu'ils puissent offrir, sachons nous en écarter, car ils restent stériles, tandis que l'examen des faits est toujours fécond.

L'observation des faits, renouvelée par l'expérience, est en effet la véritable base de la science. C'est elle qui a apporté au génie les documents avec lesquels il a écrit l'histoire de la terre ; c'est elle qui lui en fournira de nouveaux.

« N'y aurait-il pas quelque gloire, pour l'homme, disait Cuvier, à savoir franchir les limites du temps, et à retrouver, au moyen de quelques observations, l'histoire de ce monde et une série d'événements qui ont précédé la naissance de l'humanité ? »

Ces limites du temps ont été franchies par la science des fossiles, qui nous permet de contempler les épanouissements de la vie, d'admirer la lente succession des êtres à travers les âges, sous des formes toujours nouvelles, et s'élevant et progressant sans cesse!

TABLE DES FIGURES

1. Empreintes de coquilles fossiles sur une roche calcaire (terrain silurien). 2
2. Empreintes d'ammonites du terrain jurassique. 3
3. Exemple de pétrification (ammonite du terrain jurassique). . . . 10
4. Exemple de pétrification de corail (encrinite liliiforme du terrain jurassique) 11
5. Pétrification de feuilles (*Conopteris*). Terrain jurassique. 16
6. Polypier fossile de la craie. 18
7. Oursin fossile. 19
8. Étoile de mer fossile (*Palæocoma*). Lias 20
9. Squelette d'éléphant fossile (*Mammouth*) du musée d'histoire naturelle de Bruxelles 25
10. Libellule fossile. 37
11. Empreintes de pieds de tortue fossile sur une plaque de grès . . . 38
12. Empreintes de gouttes de pluie fossile (d'après une photographie). 39
13. Trilobite des temps siluriens inférieurs (*Ogygia Guettardi*) . . . 48
14. *Trinucleus Pongerardi* 48
15. *Paradoxides* 48
16. Annélide des terrains siluriens (*Nereites cambriensis*). 49
17. Céphalopode des terrains siluriens (*Lituites cornu-arietis*) 49
18. Plantes de la période silurienne, algues et licopodes 50
19. Polypier silurien (*Halyrites labyrinthicus*) 51
20. Trilobite (*Calymene Blumenbachii*) 51
21. *Pterygotus bilobus* 52
22. Poisson des temps dévoniens (*Acanthodes*). 53
23. Trilobite dévonien (*Dalmania punctata*). 54
24. Plantes des temps dévoniens 55
25. *Platycrinus*. 60
26. Tête d'Archægosaurus 62
27. Tronc d'un calamite 63
28. Tronc d'un sigillaria 63
29. Lepidodendron 64
30. Astérophyllites 64

31. Fougère houillère (*Odontopteris*) 65
32. Flore carbonifère des houillères de la Loire, d'après M. Grand'Eury. 66
33. Feuille de *Noggerathia* 70
34. *Productus* 70
35. *Encrinus liliiformis* 74
36. Empreintes d'un pied d'oiseau dans le grès du trias, aux États-Unis 76
37. *Ceratodus* de la Nouvelle-Hollande 77
38. Dicynodon tigriceps (Owen) 79
39. Tortue à dents (*Ptychognathus declivis*), fossile découvert dans les couches triasiques du cap de Bonne-Espérance 80
40. *Pentacrinus fasciculosus* 83
41. Ammonite du terrain jurassique 86
42. Ammonites Humphriesianus, d'après A. d'Orbigny 87
43. Ammonite jurassique sciée par le milieu 87
44. Ammonite restaurée 88
45. Bélemnite du terrain jurassique. — Étage oolithique inférieur du Wurtemberg 89
46. Bélemnite restaurée 90
47. Ichthyosaure 90
48. Ptérodactyle 92
49. Tortue (*Chelonemys plana*), d'après A. d'Orbigny 93
50. *Pachypteris lanceolata* 94
51. *Bidiastopora cervicornis* 96
52. *Entalophora cellarioïdes* 96
53. *Hyboclypus* vu en dessus 97
54. *Anabacia orbulites* vu de profil 97
55. *Eryon arctiformis* 98
56. *Hemicidaris crenularis* 99
57. *Cribospongia reticulata* 99
58. *Thecosmilia annularis* 99
59. Archæopteryx (oiseau de Solenhofen) 101
60. Craie de Gravesend vue au microscope (d'après Erhenberg) 104
61. Craie de l'île Moën (Danemark) vue au microscope, d'après Erhenberg 105
62. *Hamites* 106
63. *Ancyloceras* 106
64. *Pterocera oceani* 107
65. *Janira atava* 107
66. *Terebratella* 107
67. *Turrilites catenatus* 108
68. Bélemnites 108
69. *Hippurites toucasiana* 108
70. *Synhelia Sharpeana* 109
71. Poissons de la période crétacée 110
72. Tête du Mosasaure de Camper 111
73. *Palæotherium magnum* de Vitry (Muséum d'histoire naturelle de Paris) 123
74. Photographie à la lumière électrique du Palæotherium magnum, dans les carrières de Vitry 127
75. Crâne de l'oiseau à dents de l'argile de Londres (*Odontopteris*. — R. Owen) 130

76. *Semaphorus velicans*. 132
77. Les poissons fossiles de Puteaux (pièce paléontologique du Muséum d'histoire naturelle de Paris). 133
78. Mâchoire de l'alligator de l'île de Wight. 136
79. Tête de Dinotherium 139
80. Squelette d'oiseau fossile des terrains tertiaires de l'Allier (*Palælodas ambiguus*, d'après M. A. Milne-Edwards). 149
81. Crâne de rhinocéros tichorhinus 152
82. *Dinoceras mirabilis* découvert aux États-Unis (tête vue de profil) . 160
83. Tête du Dinoceras vue en dessus 160
84. Tête du Dinoceras vue de face 161
85. Tête d'ours des cavernes 173
86. Mammouth fossile retrouvé au milieu des glaces de la Sibérie, avec sa chair et sa peau 177
87. Dent de Mammouth. 180
88. *Cervus megaceros*. 185
89. Le nouveau mégathérium du Muséum d'histoire naturelle. — Édenté fossile de l'Amérique méridionale, découvert par M. Séguin. . 187
90. *Glyptodon clavipes*. 193
91. Coupe verticale de la caverne de Gaileureuth en Franconie (d'après Alcide d'Orbigny) 201
92. Crânes d'ours fossiles déterrés d'une caverne de l'Ariège. 209
93. Vue d'une cité lacustre, d'après une restauration du Dr Keller. . . 219
94. Hache en silex de la vallée de la Somme 222
95. Grattoir en silex (caverne du Périgord) 222
96. Couteau en silex. 224
97. Pointe de flèche fixée par une ligature 224
98. Scie en silex des lacustres, emmanchée sur un bois de cerf (d'après M. Desor). 225
99. Filet à grandes mailles, recueilli dans le lac de Robenhausen (d'après le Dr Keller) 225
100. Vase en terre des cités lacustres. 228
101. Tissus de l'âge de bronze des cités lacustres. 228
102. Bracelet de bronze trouvé dans les cités lacustres. 229
103. Un tombeau suédois du temps de l'âge de pierre. 232
104. Esquisse au trait d'un Mammouth. — Grotte de la Madelaine (MM. Lartey et Christy) 234
105. Bâton de commandement, avec le dessin d'un homme, d'un cheval et d'un poisson. — Grotte de la Madelaine. 236
106. Tête de cerf gravée sur un bois de cerf. — Grotte de la Madelaine (MM. Lartet et Christy). 237
107. Dessin de grand ours sur une plaque de schiste, trouvée dans la grotte de Massat par M. le Dr Garrigou. 230
108 et 109. Bâtons de commandement en bois de renne, trouvés dans une caverne du Périgord par M. Lartet . . . . . .
110. Pointe de flèche en silex du Danemark. 240
111. Pointe de lance en silex du Danemark. 241
112. Pointe de lance dentelée en silex du Danemark. 241
113. Flèche en bois de renne à double barbelure. 241
114. Hache de pierre emmanchée sur corne de cerf et sur bois (d'après M. Desor) 241

115. Hache en silex emmanchée sur une corne de cerf 241
116. Hache à deux tranchants de l'âge de la pierre polie 243
117. Couteau de bronze danois de l'âge de bronze 243
118. Peigne en os du Danemark (Musée de Saint-Germain). 243
119. Collier et instruments divers en ambre, Danemark. (Musée de Saint-Germain). 244
120. L'homme fossile de Menton. 251
121. Crâne de vieillard de Bruniquel. 253
122. Le Dronte, d'après une ancienne peinture du Bristish Museum . . 265
123. Aphanapteryx Bræckei 268
124. Exemple de rochers façonnés par les eaux. 278
125. Autre exemple de rochers façonnés par les eaux. 279
126. Coupe d'un glacier avec sa moraine frontale. 279
127. Bloc erratique du glacier de l'Aar (d'après M. E. Collomb). 281
128. Éruption du Vésuve. 283
129. Fissures ouvertes par un tremblement de terre. 284
130. Tête de l'Ichthyosaure de l'époque jurassique. 314
131. Mâchoire du Mégalosaure de la période crétacée. 315
132. Plésiosaure de l'époque jurassique. 315
133. La terre dans l'espace. 321

FIN DE LA TABLE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE . . . . . .

CHAPITRE PREMIER. — LA SCIENCE DES FOSSILES

I. Les débris d'êtres disparus. — Les jeux de la nature. — Opinion des anciens sur les fossiles. — Les premiers géologues. — Les Égyptiens. — Pythagore et Ovide. — Aristote et Xénophanes de Colophon. — L'empereur Auguste. — Pline. — Bernard Palissy 1

II. Buffon et ses prédécesseurs. — Réaumur. — De Jussieu. — Réfutation des nouvelles doctrines. — Voltaire et les coquilles des pèlerins. — Les singes et le transport des fossiles. — Les poissons des repas romains. — Le clou de Franklin. 14

III. Georges Cuvier fondateur de la géologie et de la paléontologie. — Les ossements fossiles et l'anatomie comparée. — Les époques géologiques. — Les espèces éteintes. — Les révolutions du globe. — Les adversaires de Cuvier : Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, Ch. Lyell, Darwin. 22

CHAPITRE II. — LES PREMIERS AGES

I. Le globe terrestre dans l'espace. — Hyphothèse de sa formation. — La théorie de Laplace. — L'écorce terrestre et les premiers océans. — Terrains sédimentaires. — Formation des fossiles. — Fossiles complets. — Les empreintes. — Terrains éruptifs. — Les époques géologiques. — Classification des terrains. . . . 33

II. Temps primaires. — Terrain laurentien. — Apparition des êtres vivants. — L'*eozoon* ou le premier animal. — L'*eophyton* ou la première plante. — Organismes des terrains siluriens. — Les crustacés. — Les trilobites. — Durée considérable des temps siluriens. — Terrain dévonien. — Les poissons 45

CHAPITRE III. — LES FORÊTS HOUILLÈRES

I. Les fossiles du charbon de terre. — Formation de la houille. — Fougères gigantesques. — Recherches de M. Grand'Eury. Les houillères de Saint-Étienne. — Durée de l'époque carbonifère. 58

II. Affaissement du sol après les temps carbonifères. — Période permienne. — Les descendants des végétaux houillers. — Faune permienne 69

CHAPITRE IV. — L'AGE DES REPTILES

I. Période triasique. — Apparition des ammonites. — Empreintes de pas fossiles. — Labyrinthodontes. — Le Ceratodus et les fossiles vivants. — Les tortues à dents, ou dicynodontes. — Les anomodontes du professeur Owen 73

II. Le terrain jurassique. — Le monde des océans. — Les ammonites et les bélemnites. — Les reptiles gigantesques. — Les poissons-lézards-crocodiles. — Ichthyosaure et plésiosaure. — Les lézards volants. — Les différents étages des terrains jurassiques. — Apparition des premiers oiseaux. — Terre végétale fossile. 82

III. Les océans crétacés. — Puissance de leurs formations sédimentaires. — Formation de la craie. — Son inspection microscopique. — Les coquilles des mers crétacées. — Lézards et sauriens gigantesques. — Le mégalosaure. — L'iguanodon. — Le mosasaure ou grand animal de Maestricht. — Végétaux crétacés. 103

CHAPITRE V. — L'AGE DES MAMMIFÈRES

L'époque tertiaire. — Apparition de la faune actuelle. — Terrains éocènes, miocènes et pliocènes. — Extraordinaire richesse

de ces terrains en fossiles. — Dix-sept mille espèces. — Les foraminifères. — Les mammifères. — Les pachydermes. — Cuvier et les mammifères de Montmartre. 113

II. Le palæotherium magnum de Vitry. — Importance de cette découverte. — Photographie de son empreinte. — Ce qu'est le palæotherium. — Observations de M. P. Gervais. — L'anoplotherium. — Le xiphodon. — L'oiseau à dents de l'argile de Londres. — Les poissons fossiles de Puteaux. — L'hemirhynchus. 122

III. Le dintherium ou le plus grand mammifère terrestre. — Le mastodonte ou animal de l'Ohio. — Le père des bœufs. — Dents en forme de mamelon. — Les animaux fossiles de l'Attique. — Recherches de M. A. Gaudry. — Les singes fossiles. — Apparition des troupeaux. — Les oiseaux des terrains miocènes de l'Allier. — Travaux de M. A. Milne-Edwards. — Le rhinocéros tichorhinus. — L'homme tertiaire. 138

IV. L'ossuaire fossile des montagnes Rocheuses. — Les découvertes du professeur Marsh. — Nouvelles espèces de mammifères fossiles. — Le *dinoceras* ou éléphant cornu. — Nouveaux oiseaux. — Odontornithes. — Brontotherium ingens. 158

CHAPITRE VI. — L'AGE MODERNE

I. La faune des temps nouveaux. — L'ours des cavernes ou *ursus spelæus*. — Les éléphants fossiles ou mammouths. — Ossuaires d'éléphants en Sibérie. — Pallas et Adamus. — Mammouths retrouvés en entier dans la glace. — Les îles à ossements des mers glaciales. — Découverte d'un éléphant fossile dans le Gard par M. Cazalis de Fondouce. — La gigantologie 169

II. Les habitants quaternaires de l'Amérique du Sud. — Les Édentés. — Le mégathérium ou animal du Paraguay. — Description de la nouvelle pièce du Muséum. — Reconstitution du mégathérium. — M. Seguin. — Travaux de M. P. Gervais. — Le mylodon. — Le mégalonix et le glyptodon. — Les oiseaux fossiles de la Nouvelle-Zélande. — Le dinornis. 185

III. Perturbations climatériques des temps quaternaires. — L'époque glaciaire. — Travaux et recherches d'Agassiz. — Preuves de l'existence d'anciens glaciers. — Les glaciers fossiles des tropiques, du Brésil et de l'Amazone. — Les déluges et le diluvium. 195

CHAPITRE VII. — L'HOMME FOSSILE

I. Les débris humains et les fossiles. — Opinion de Cuvier sur l'antiquité de l'homme. — Les cavernes à ossements et leurs habitants. — Les cavernes de Liège. — La grotte d'Arcy. — Aurignac. — Découvertes de M. Lartet. — Les cavernes de l'Ariège et des Pyrénées 198

II. Les *kjœkkenmœddings*, ou amas de débris de cuisine des hommes primitifs. — Les vestiges des âges antéhistoriques au Danemark. — Les tourbières et leurs couches distinctes. — L'âge de pierre. — L'âge du bronze. — L'âge du fer. — Les cités lacustres. 212

III. La naissance de la civilisation. — Reconstitution des cités lacustres. — Mœurs et usages de l'homme primitif. — La hache de pierre. — Naissance de l'agriculture, de l'industrie et du commerce. — Les arts du dessin et de la sculpture. — Nourriture de l'homme primitif. — Les boissons. — Ensevelissement des morts. 218

IV. L'antiquité de l'homme. — La date de son apparition sur la terre peut-elle être définie ? — M. Morlot et le delta de la Tinière. — M. Troyon et les cités lacustres. — Les forêts du Danemark dans les temps géologiques. — Les races humaines fossiles. 246

CHAPITRE VIII. — LES FOSSILES DANS LES TEMPS HISTORIQUES

I. Extermination de certains animaux par l'homme. — Êtres disparus dans les temps modernes. — L'aurochs. — Les anciens oiseaux des îles Mascareignes. — La poule géante de l'île Maurice. — Le Dronte ou dodo. — Le Solitaire. — Disparition de la baleine, du gibier et des poissons. — Exterminations dues à l'homme 255

II. Destruction des animaux dus au développement de la population humaine. — Le gibier, les poissons, les forêts. — Extinction d'animaux dans la Grande-Bretagne. — Ch. Lyell. — Le travail de destruction de l'homme. 269

CHAPITRE IX. — L'HISTOIRE DE LA TERRE

I. Modifications actuelles de la surface du globe. — Rôle de l'eau, du feu, de l'air, dans les transformations de la surface terrestre. — Hypothèses des causes lentes et des révolutions brusques. — Le soulèvement des montagnes. — Élie de Beaumont. — Divergence de l'opinion des naturalistes. 275

II. Modifications actuelles des êtres vivants. — Lamarck. — La variabilité des espèces. — Influence du milieu. — La domestication. — La lutte pour l'existence. — La théorie de l'évolution. — Objections 289

CHAPITRE X. — LES ÉPAVES DE L'ORGANISME

I. Mort accidentelle des êtres vivant à la surface du globe. — Enfouissement des débris végétaux et des cadavres des animaux, dans la tourbe, dans les sables, dans le limon des eaux douces et marines. — Les inondations des grands fleuves. — Les ouragans de sable du désert. — Accumulation des végétaux et des animaux dans les sédiments. — Les naufrages. — Les fossiles de l'avenir. 299

II. Les chercheurs de fossiles. — Attraits de la géologie et de la paléontologie. — La chasse aux coquillages et aux ossements fossiles. — Reconstitution d'un squelette fossile. — Investigations relatives aux études préhistoriques. — Règles à observer dans l'exploration des cavernes. — Importance de la science des fossiles. — L'avenir de la terre 309

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imp. A. Lahure, 9, rue de Fleurus.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES MERVEILLES
DU
MONDE POLAIRE

PAR

E. LESBAZEILLES

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS
DÉPÔT LÉGAL Seine 1881 9980

OUVRAGE

ILLUSTRÉ DE 38 GRAVURES DESSINÉES SUR BOIS

PAR RIOU, GRANDSIRE, ETC.

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

(C)

LES MERVEILLES

DU

MONDE POLAIRE

CHAPITRE PREMIER.

Les terres arctiques. — Les neiges éternelles. — Les plus grands glaciers du globe. — Pittoresque architecture des glaces. — Écroulement de la façade d'un glacier.

Si nous jetons les yeux sur une carte des régions arctiques, dont le pôle Nord forme le point central, nous apercevons une zone de terre délimitée extérieurement, du côté des continents, par le cercle polaire, et dont le bord intérieur, très irrégulièrement découpé, est baigné par la mer. Cette espèce d'anneau est rompu en deux endroits : par une fente étroite entre l'Asie et l'Amérique, par une large ouverture entre le Groenland et l'Europe. Plusieurs îles ou groupes d'îles, la Nouvelle Zemble, l'archipel de la Nouvelle Sibérie, la terre de Wrangell, les îles Parry, se pressent le long des côtes; d'autres terres, le Spitzberg, la terre de François-Joseph,

celles de Grinnell et de Grant, la partie septentrionale du Groenland, s'avancent plus près du pôle. Au delà, le regard ne rencontre plus que le vide du bassin polaire, vide qui tient peut-être à ce que nul n'est encore parvenu à l'explorer.

L'aspect des régions arctiques diffère complètement de celui des contrées que nous habitons. Elles semblent appartenir à un autre monde. Elles ne voient pas, comme nous, le soleil se lever le matin et se coucher le soir; elles ne jouissent pas de cette alternative quotidienne du jour et de la nuit, dont l'habitude nous empêche de sentir le bienfait; elles ne connaissent pas cette température modérée dont les plus extrêmes écarts ne sont pas incompatibles avec l'entretien de la vie. Dans ces régions, le soleil demeure au-dessus de l'horizon et le jour dure sans interruption pendant deux, trois et quatre mois selon le degré de latitude; puis l'astre lumineux disparaît et la nuit règne à son tour durant un égal espace de temps; et ces deux périodes de clarté et d'obscurité constantes sont séparées par une série de jours et de nuits d'une durée progressive. Il semblerait que la chaleur d'un été toujours lumineux dût compenser le froid d'un hiver toujours obscur : il n'en est rien; le soleil, avec ses rayons obliques, qu'interceptent d'ailleurs souvent les nuages et les brumes, n'a pas la force de détruire les funestes effets d'une nuit si prolongée, et c'est le froid, ce sont les frimas qui l'emportent.

Aussi la zone arctique est-elle un morne désert.

L'homme n'a pu la soumettre et la transformer. La mer qui baigne tout ce littoral, creusé de golfes et de baies sans nombre, refuse de porter ses vaisseaux; elle les arrête, les emprisonne dans ses eaux pétrifiées, et quand le dégel leur rend la liberté, elle les expose aux chocs terribles d'armées de glaçons énormes que charrient ses courants. La terre, gelée jusque dans ses profondeurs, ensevelie sous une épaisse couche de neige pendant la plus grande partie de l'année, ne porte ni forêts ni moissons; tout au plus produit-elle encore deux ou trois espèces d'arbres nains, rabougris et rampants comme des buissons, quelques humbles plantes, des mousses et d'arides lichens, derniers efforts de la vie végétale expirante. Des hommes réussissent cependant à vivre dans ces régions déshéritées, mais ils n'y bâtissent pas de villes, ils n'y fondent pas, comme les habitants des pays plus favorisés, des établissements fixes, que l'amour du présent ou l'espoir de l'avenir s'efforce d'embellir; ils restent à l'état de peuplades sans industrie, sans arts, sans liens sociaux, quelquefois même à l'état de familles éparses, campant en été sous des tentes, se cachant l'hiver dans des tanières souterraines, errant sans cesse à la poursuite d'une proie.

Ainsi les terres arctiques appartiennent aux frimas; eux seuls y prospèrent; ils y sont les maîtres. C'est là que s'amassent les neiges éternelles; c'est là que, partout où se trouvent des montagnes, des plateaux élevés, se sont formés et se forment sans

cesse les plus grands glaciers du globe. Quant à l'effet de l'éloignement de l'équateur s'ajoute celui de l'altitude, l'eau ne peut plus subsister à l'état liquide; il n'y a plus de pluies; les vapeurs de l'atmosphère, fournies par la mer, apportées de loin par les vents, se solidifient et tombent en flocons de neige. Cette neige s'accumule, forme d'immenses dépôts sur les cimes, sur les pentes des montagnes, et elle s'y congèle dans ses couches profondes. Mais cette masse durcie, devenue cristalline, n'a pourtant pas l'inflexibilité de la pierre, elle conserve une certaine mollesse et elle s'épanche, elle coule. Sa marche est extrêmement lente; elle se traîne, elle rampe, mais rien ne l'arrête. Elle se moule sur les terrains qu'elle envahit; les sommets qu'elle ne peut surmonter, elle les contourne; elle descend les pentes, elle pénètre dans les vallées, dans les gorges, et les comble; elle se projette comme une cascade rigide dans les précipices; elle s'étale dans les larges passages, elle se resserre dans les couloirs étroits; si un éperon de la montagne, si un bloc de rocher lui fait obstacle, elle le déracine et l'emporte avec elle. Le fleuve glacé arrive ainsi, après avoir cheminé imperceptiblement durant des siècles, jusqu'au bord de la mer; il ne s'arrête pas là; large et haut comme une falaise, il avance toujours; il remplit toute une baie, où il forme un nouveau rivage de glace et refoule les flots; enfin, continuant à glisser sur le sol incliné qui le supporte, il entre dans la mer et s'y enfonce.

Ni le littoral sibérien ni la côte américaine, terres basses et plates, n'ont de glaciers; mais là où le sol se relève; — et il n'a pas besoin de prendre un bien haut relief : à 60 degrés de latitude il suffit de 800 mètres, à 70° de 500, à 80° de bien moins encore, — les neiges éternelles s'établissent. Le Spitzberg, dont les pics aigus atteignent 1400 mètres, est couvert de glaciers; toutes les vallées sont comblées par eux. Tels de ces glaciers n'ont pas moins de quarante à cinquante milles de longueur sur une dizaine de milles de largeur, et forment sur les côtes des murailles perpendiculaires de quatre à cinq cents pieds d'élévation. Le navigateur Scoresby raconte qu'en longeant ces rivages, il vit un bloc de glace du volume d'une grande cathédrale se détacher du sommet d'une immense paroi de cristal et se précipiter dans la mer. Un autre voyageur rapporte que, pendant son séjour dans ces parages, il ne se passait pas une heure sans que l'on entendit quelque effroyable détonation produite par la chute d'une avalanche de glace.

La Nouvelle Zemble et la terre de François-Joseph, récemment découverte par l'expédition autrichienne du *Tegetthoff*, ne sont également que des massifs de montagnes entièrement revêtues d'un éblouissant manteau de neige congelée.

Un vaste glacier occupe tout le centre de la petite île Jan-Mayen, et ses différents bras forment sur les côtes de blancs escarpements de 300 mètres de hauteur, qui alternent avec de hautes falaises

stratifiées horizontalement, semblables à de gigantesques escaliers, tantôt noires et dégradées comme de vieilles ruines, tantôt rougeâtres et rappelant tout à fait un édifice en briques écroulé. C'est qu'ici, comme en Islande, la glace rencontre un ennemi, avec lequel elle a eu plus d'une fois à lutter, le feu des volcans. Quand ceux-ci sont entrés en éruption et ont répandu leurs laves incandescentes, la glace a fondu et s'est écoulée en torrents d'eau ; mais sa défaite n'a été que partielle ; là même où elle a été complète, elle n'a pas été définitive : peu à peu les laves se sont refroidies, la neige les a recouvertes, s'est amassée et elle a reconquis son empire.

Mais c'est au Groenland que se trouvent les plus nombreux et les plus vastes glaciers. Cette terre, qui s'étend du soixantième au quatre-vingt-troisième degré de latitude et dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer débute par cinq et six cents mètres près du littoral pour arriver à quatre mille cinq cents mètres et plus dans l'intérieur, n'est autre chose qu'un immense réservoir de glace. Le docteur Hayes a calculé que, le Groenland ayant à peu près en moyenne 200 myriamètres de long sur 100 de large, ce qui fait 20 000 myriamètres carrés, et l'épaisseur de la glace qui le recouvre pouvant être évaluée à 165 mètres, le volume total de cette eau congelée s'exprime par un chiffre si énorme qu'il échappe à notre appréciation : 330 trillions de mètres cubes! Cette glace s'épanche de tous côtés, par toutes les issues que la déclivité

du sol lui fournit, et remplit de ses coulées les nombreuses dentelures des côtes escarpées du continent groenlandais.

Plusieurs de ces glaciers, particulièrement ceux qui aboutissent à la côte occidentale, ont été reconnus et même explorés par les navigateurs : tels sont le glacier de Sermitsialik, qui occupe tout le fiord de ce nom et dont on suit la haute muraille diaphane sur une longueur de quatre lieues; celui de Tyndall auprès du cap Parry, à l'endroit où la mer de Baffin se rétrécit et cède la place au détroit de Smith; un peu plus haut, le glacier de John, qui comble une vallée longue de dix-huit kilomètres et qui s'avance d'une marche lente mais continue vers le fiord de Foulke, qu'avant peu d'années il aura certainement atteint; enfin, plus au nord encore, le plus vaste de tous, le glacier de Humboldt qui, du cap Agassiz au cap Forbes, c'est-à-dire du soixante-dix-neuvième au quatre-vingtième degré, forme une éblouissante falaise longue de cent dix kilomètres et haute d'environ trois cents pieds.

Lorsqu'on a gravi les bords souvent abruptes de l'un de ces grands glaciers et qu'on est parvenu sur le faîte, on éprouve une impression que ne donne aucun autre spectacle de la nature : ni la forêt avec la variété de ses détails, la diversité de ses nuances, ni la pleine mer avec ses vagues toujours mouvantes et bruyantes n'ont cette écrasante solennité. On se trouve au milieu d'un désert

de neige, d'un Sahara de glace dont l'œil n'aperçoit pas les limites et dont rien, ni le moindre rocher, ni la moindre saillie du sol, ne rompt l'uniformité; on n'aperçoit qu'une seule forme, ou plutôt que l'absence de toute forme, une seule couleur, qui est un perpétuel éblouissement; on est en présence d'un seul et unique élément, qui a vaincu et fait disparaître tous les autres, et qui, si nous restons dans son empire, si nous laissons durer ce dangereux tête-à-tête, va nous absorber et nous détruire nous-mêmes.

Sur d'autres points du glacier, la scène change; l'interminable et monotone plaine fait place à un chaos non moins sinistre : le terrain se dérobant brusquement, l'épaisse couche de glace s'est brisée; elle est sillonnée de longues et profondes crevasses, tantôt parallèles, tantôt se rejoignant et s'enchevêtrant en tous sens; puis elle se précipite en cataracte dans l'abîme : on dirait la chute du Niagara congelée dans toute sa hauteur. Ailleurs on voit le torrent glacé descendre majestueusement la pente adoucie d'une vallée en formant une série de plates-formes, de terrasses régulièrement étagées, semblables aux marches d'un colossal escalier de marbre blanc. Le silence profond qui règne dans ces hautes solitudes ne donne même pas l'idée bienfaisante de la paix : il est interrompu de temps en temps par des grondements sourds, pareils au roulement lointain du tonnerre. C'est le glacier qui, par places, se fend, se déchire en gémissant; vous avez

Le glacier de Sermitsialik.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

le sentiment que le sol qui vous porte n'est pas sûr; cette glace qui paraît immobile est en mouvement; un gouffre peut d'un moment à l'autre s'ouvrir sous vos pieds.

Mais la partie la plus pittoresque de ces glaciers du Groenland est l'escarpement qui les termine du côté de la mer. De loin on n'aperçoit qu'une paroi verticale qui paraît unie comme une muraille, mais à mesure qu'on approche, on y distingue des saillies, des enfoncements capricieusement découpés, toute une architecture bizarre et grandiose, œuvre du soleil de l'été qui a mordu et rongé la face du glacier : les eaux, ruisseaux, torrents et cascades, provenant de la fonte de la neige et de la glace, l'ont sillonnée, creusée, percée de part en part; les vagues de la mer en ont, sous leurs coups répétés, miné la partie inférieure; les masses surplombantes, manquant de soutien, se sont détachées çà et là et ont laissé des vides : de là ces formes fantastiques. Le docteur Hayes a comparé le front dévasté du glacier de Tyndall au portique croulant d'un gigantesque édifice : il y a vu « ici le comble saillant d'une cathédrale gothique, là une grande fenêtre en ogive, plus loin un porche normand à la baie profonde, puis des colonnes tantôt lisses, tantôt cannelées, des pendentifs se terminant par de longues aiguilles de cristal, et, au-dessus de ces arches, de ces galeries pleines d'ombre, de hauts clochers aigus, des tours crénelées se dressant au faîte de l'immense façade et se

multipliant à l'infini en arrière. » Quelquefois, quand le soleil brille, la blancheur argentée des glaces, la teinte bleue des ombres dans les profondeurs, le vert éclatant de la mer dans les grottes cristallines où elle pénètre, un arc-en-ciel irisant les nuées flottantes formées par les cascades tombant en poudre écumeuse du haut de la falaise, illuminent et font resplendir un instant ces lugubres palais.

Les dispositions architecturales que nous venons de décrire n'ont rien de stable ; elles changent perpétuellement. Là où l'on avait remarqué une flèche élancée, quelques jours après on trouve le vide ; à la place d'une surface plate ou d'une excavation, on aperçoit un pilier saillant, un contrefort avancé ; le tableau s'est complètement transformé. Le navigateur à qui nous avons emprunté les précédents détails sur les glaciers du Groenland, le docteur Hayes, a été témoin de l'un de ces changements de décor qui s'opèrent avec une soudaineté extraordinaire. Il se trouvait, en 1869, dans le fiord de Sermitsialik, sur le yacht *la Panthère*. Tout à coup une série continue de détonations se fit entendre et l'on vit d'énormes blocs se détacher presque simultanément du front du glacier, tomber à la mer et y soulever de grosses lames qui, après avoir fait violemment rouler le navire, allèrent se briser avec fureur contre les rochers du rivage. Puis un éclat sec, aigu, retentit : les marins alarmés s'attendirent à être témoins et

Façade d'un glacier.

peut-être victimes d'un formidable cataclysme.

L'endroit était des plus pittoresques : c'était un labyrinthe de grands piliers de glace s'élevant au-dessus d'arches ogivales ; en avant se dressait une tour haute d'au moins deux cents pieds, tout à fait séparée du reste du glacier depuis le niveau de la mer et dont la base descendait verticalement, sous les eaux vertes et transparentes, à une grande profondeur. « La dernière et la plus forte détonation provenait de l'effondrement de ce merveilleux édifice. Comme si le sol sous-marin se fût affaissé sous lui, il descendait peu à peu dans l'abîme béant. Ce ne fut pas une chute, ce fut un émiettement qui dura au moins un quart de minute. Il se désagrégeait comme s'il eût été composé d'écailles ou plutôt de feuillets qui s'en détachaient couche par couche. A peine eûmes-nous le temps de nous en rendre compte, car, de la base au sommet, le front du glacier se couvrit d'un nuage d'embrun à peine transparent, derrière lequel on entrevoyait faiblement l'éboulis continuel des glaces. Des cris d'étonnement et d'admiration sortaient de toutes les bouches. Le danger aurait été bien grand qui nous eût arrachés à la fascination d'un tel spectacle. L'enthousiasme fut sans bornes quand la flèche du clocher descendit peu à peu dans la grande masse d'écume et de vapeurs où il disparut bientôt.

« D'autres parties du glacier éprouvaient à leur tour une dislocation semblable, causée sans nul doute par la commotion de la fracture première.

Nombre de colonnes, moins parfaites de forme, s'abîmèrent de la même façon ; de grands feuillets se détachaient et tombaient à la mer avec fracas au milieu du sifflement des eaux ; la masse entière craquait, criait, hurlait. Puis tous les bruits particuliers furent noyés dans un rugissement sonore qui éveilla les échos des montagnes et vint porter l'effroi parmi nous.

« Les plus épouvantables roulements du tonnerre atmosphérique ne sont rien auprès de cette clameur du glacier en travail. Il semblait que les bases mêmes du globe fussent ébranlées par ce grondement sinistre. Depuis la chute du premier des fragments, le bruit allait croissant avec une régularité saisissante, nous rappelant le vent qui gémit dans les arbres avant la tempête, puis élève la voix et balaye la forêt sous son souffle terrible. »

En même temps, au milieu de ce tumulte et à travers le nuage de vapeurs qui enveloppait tous ces bouleversements, on vit se former une vague énorme, dont la courbe allait toujours s'élevant et s'élargissant, et qui, d'abord lente, puis rapide comme la rafale, se précipita contre la falaise rocheuse, le long de laquelle elle grimpa à une hauteur de plus de cent pieds, pour retomber en écume dans la mer. Une seconde, une troisième lame, puis d'autres moins violentes, lui succédèrent. La houle causée par un tremblement de terre peut seule donner une idée d'un pareil affolement des

eaux. Par bonheur l'ancre de la *Panthère* tint bon ; sans quoi le navire, que chaque vague enlevait sur sa crête, eût été emporté et mis en pièces sur les rochers de la côte.

CHAPITRE II.

La mer glaciale. — Les effets du gulf-stream. — Les champs de glace. — La débâcle. — Navires saisis et entraînés par les banquises flottantes. — L'hypothèse de la mer libre du pôle. — La mer paléocrystique.

La mer n'a pas la passivité, l'inertie de la terre ferme. Elle est animée d'une sorte de vie interne. Par le mouvement incessant de ses flots, par la mobilité et le facile mélange de ses molécules liquides, elle se défend contre l'action du froid, elle résiste à la rigidité que les hivers voudraient lui imposer. La mer Glaciale elle-même, sur certains points, réussit à préserver sa fluidité, grâce au secours que lui porte une autre mer, l'Océan Atlantique. Celui-ci lui envoie, par le large canal qui s'ouvre entre le Groenland et la Norvège, l'un de ses courants les plus puissants, le gulf-stream.

Ce fleuve de l'Atlantique puise ses eaux dans les chaudes régions tropicales; il les promène dans le golfe du Mexique, contourne la Floride, puis s'écarte des côtes américaines et, après avoir dirigé

l'une de ses branches sur la mer de Baffin, le long du Groenland, se porte vers l'Europe ; il longe le littoral de la France, les îles Britanniques extérieurement, baigne toute la Norvège, gagne l'île Jan Mayen, les îles Cherry, touche le Spitzberg à l'ouest, atteint la Nouvelle Zemble du côté de l'occident et pénètre jusque dans le bassin polaire. Les effets de ce vaste courant, qui n'a que peu perdu de sa chaleur primitive au milieu des eaux froides qu'il traverse, sont manifestes. C'est grâce à lui que le rivage norvégien demeure exempt de glace, même à son extrémité septentrionale ; que le climat des îles Cherry est beaucoup moins rigoureux que celui de l'île Melville, située à la même latitude ; qu'un canal d'eau libre subsiste le long de la côte occidentale du Groenland, tandis que la côte orientale est encombrée de glaces ; que de très notables différences de température se remarquent aussi à l'ouest et à l'est du Spitzberg et de la Nouvelle Zemble.

Mais partout où le gulf-stream ne passe pas et partout où il rencontre sur son passage un courant polaire qui le surmonte et l'ensevelit dans les profondeurs sous-marines, les eaux subissent le joug de la gelée. Elles luttent longtemps ; elles ont, dans les tempêtes, de victorieuses révoltes ; toutefois elles finissent par être domptées. Les fiords, les golfes, le bord des rivages se prennent les premiers, puis la glace s'établit, sans avoir besoin de l'appui des côtes, sur la haute mer. Une immense ban-

Aspect de la mer glaciale.

quise s'attache au littoral de la Sibérie, franchit le détroit de Behring, presse la côte américaine, enserre l'archipel Parry, dont elle engorge les nombreux canaux, traverse la mer de Baffin, relie le Groenland au Spitzberg et le Spitzberg à la Nouvelle Zemble. Ainsi, durant les trois quarts de l'année, le pôle est investi d'une infranchissable barrière de glace.

De loin, ces champs glacés qui recouvrent la mer et qui se prolongent jusqu'à l'horizon sans que le regard puisse en apercevoir la fin, paraissent, sous leur uniforme blancheur, plats et unis ; ils ressemblent aux interminables et monotones steppes de la Russie ; en réalité, ils sont inégaux et rugueux. Plus d'une fois, par suite d'un subit changement de température ou sous l'effort des marées, ils se sont disloqués, brisés en un grand nombre de fragments de toutes dimensions; ces fragments se sont violemment heurtés ; leurs bords se sont redressés, arcboutés ou bien entassés les uns sur les autres ; puis, par l'effet de la gelée, les glaçons, grands et petits, îles et îlots, se sont ressoudés et ont reformé une banquise nouvelle, toute hérissée d'aspérités. Dans de certains endroits et souvent sur de grandes étendues, la croûte de glace est devenue un véritable chaos. C'est un dédale d'escarpements, de murailles obliques ou perpendiculaires, de terrasses horizontales ou inclinées, de crêtes tranchantes, de pics aigus, séparés par des vallées et des gorges ; on croirait voir, selon l'expression d'un voyageur américain,

les Montagnes Rocheuses sur une échelle réduite.

Pendant l'été, les banquises se fendent, se divisent ; de vastes plaines glacées se détachent de la bande plus épaisse et plus solide qui adhère à la terre et se mettent en mouvement ; comme d'immenses radeaux, elles flottent au gré des courants qui les entraînent et des vents qui les poussent. Les unes descendent par le détroit de Behring vers l'Océan Pacifique ; d'autres suivent de l'ouest à l'est le labyrinthe compliqué des îles Parry et débouchent par le détroit de Lancastre ; d'autres passent par le canal de Kennedy, le détroit de Smith et s'amassent dans la mer de Baffin, d'où elles se dirigent vers l'Atlantique, rejointes par celles qui viennent du Spitzberg et de la côte orientale du Groenland. C'est une débâcle universelle ; toute la mer est encombrée de ces bancs de glace qui s'en vont à la file se dissoudre dans des eaux plus chaudes. Leur marche est lente et majestueuse ; à peine les voit-on avancer ; ils naviguent dans un profond silence, interrompu de temps en temps par de sourds craquements provenant de grands morceaux qui se brisent et se séparent. Quelquefois toute une population de phoques et d'oiseaux a pris place sur ces radeaux et se promène ainsi sur les mers.

Les dimensions de ces banquises flottantes sont extrêmement variables. Les unes ont des centaines de kilomètres carrés, les autres se mesurent par mètres. Elles diffèrent aussi d'épaisseur. Celles qui proviennent de la gelée d'un seul hiver sur des cô-

tes plates ou en pleine mer, sont relativement minces ; elles n'ont pas plus d'un ou deux mètres au-dessus de la surface de l'eau et de cinq ou six au-dessous. Mais il en est dont la formation est évidemment moins simple et qui sont beaucoup plus épaisses. Le docteur Hayes a décrit l'une de ces dernières, qu'il a observée dans la mer de Baffin. Longue de dix kilomètres et large de sept, elle s'élevait, aux endroits les plus bas, de vingt pieds au-dessus du niveau de la mer. Cette masse énorme devait avoir en moyenne une épaisseur totale de 160 pieds et peser environ six milliards de tonneaux. Sa surface était bosselée de collines arrondies de 80 pieds de hauteur, séparées par des vallées profondes et tortueuses. Elle était bordée sur tout son pourtour d'une chaîne de pics aigus, dont quelques-uns atteignaient 100 et 120 pieds. Ce bourrelet saillant était formé par un amoncellement de blocs de toutes les dimensions. En outre de nombreuses aiguilles, fantastiquement découpées, se dressaient çà et là sur toute son étendue. Des milliers de villes comme Lisbonne, dit le narrateur auquel nous empruntons cette description, se seraient effondrées les unes sur les autres qu'elles n'auraient pas produit un plus prodigieux et plus inextricable entassement de décombres.

Ces sortes de champs de glace se forment dans des fiords profonds, à l'abri des vents et de l'agitation de la haute mer, et ils y acquièrent assez d'épaisseur pour que le soleil d'un seul été soit im-

puissant à les fondre. Dès lors ils s'accroissent par leur couche supérieure, la neige des hivers s'accumulant sur eux et se transformant en glace, comme sur les montagnes. Un jour, une débâcle les détache du rivage et ils errent sur l'Océan. Ce sont de véritables glaciers flottants. Ils s'en vont se désagréger peu à peu et disparaître dans les mers méridionales, à moins qu'arrêtés en route par quelque promontoire, ils ne se soudent de nouveau à une ancienne banquise et ne continuent à subsister, à se développer indéfiniment. Il y a sur certaines côtes, en Sibérie et au Groenland, des amas de glace qui comptent des siècles d'existence et qui peut-être ne fondront jamais.

C'est ainsi que l'Océan arctique, solidifié en hiver, parcouru en été par d'innombrables légions de glaçons flottants, n'est jamais libre et qu'en aucune saison les vaisseaux ne s'y aventurent sans danger. L'époque la plus favorable aux navigateurs serait le mois de juillet, surtout le mois d'août, mais l'hiver est proche et, à la première gelée, les banquises peuvent se refermer sur eux et les emprisonner pour dix mois; elles peuvent même, après cette longue captivité, ne pas les relâcher et les éconduire, toujours prisonniers, dans une dérive de plusieurs centaines de lieues, jusqu'en dehors du cercle polaire. Les faits de ce genre sont très fréquents. En 1849, deux navires, *l'Entreprise et l'Investigator*, commandés par sir James Ross, furent saisis dans un champ de glace de plus de cinquante milles de

Navire pris dans un champ de glace.

circonférence et emmenés ainsi à travers le détroit de Barrow, celui de Lancastre, puis dans toute la longueur de la mer de Baffin. Ils accomplirent ce voyage involontaire avec une vitesse, ou plutôt une lenteur, de trois à quatre lieues par jour. Enfin, sans cause apparente, comme par l'effet d'un pouvoir inconnu qui intervint tout à coup miraculeusement, la banquise se rompit en mille pièces, et les deux bâtiments furent délivrés. — Au mois de septembre 1850, deux navires américains, de l'expédition Grinnell, envoyés sous les ordres du capitaine de Haven à la recherche de sir John Franklin, furent entraînés de la même manière et par le même chemin. Ils ne retrouvèrent la liberté que dix mois après, en juillet 1851, après une dérive de 400 lieues. Le capitaine Mac-Clintock, sur le *Fox*, subit en 1857 une captivité de neuf mois au milieu d'une île flottante de glace, avec laquelle il descendit de la hauteur de la baie de Melville jusqu'au-dessous du détroit de Davis, du soixante-quinzième au soixante-troisième degré de latitude; une violente tempête démolit subitement sa prison. — Dans l'été de 1867, on vit avec étonnement rentrer au port un baleinier américain que l'on croyait perdu depuis plus d'un an ; il avait été tout ce temps détenu par une banquise, qui ne l'avait relâché que bien au-dessous du cercle arctique.

On se figure facilement à quelles épreuves ces navires qui tombent au pouvoir des glaces sont soumis. Tantôt ils subissent, dans la croûte rigide qui

les étreint, de telles pressions que la coque gémit et grince, comme une noix entre les branches de la pince qui va la broyer. Tantôt, sous l'influence de mouvements sous-marins, cette croûte se disloque, s'agite, entre en convulsions et le malheureux navire, violemment soulevé, ballotté en tous sens, éprouve les secousses d'un tangage et d'un roulis frénétiques, sur une mer dont les vagues sont des blocs de cristal. Enfin il se produit souvent sur les champs de glace qui dérivent, par suite de quelque choc avec d'autres banquises ou bien du conflit de courants contraires, de brusques ruptures, et, sur toute la longueur de ces crevasses, des files de glaçons sont projetées en l'air : le vaisseau qui se trouverait dans l'axe de ces éruptions serait perdu ; il sauterait en l'air, comme par l'explosion d'une torpille.

Nous n'avons décrit jusqu'ici que les mers qui baignent les côtes des continents et des îles. Qu'y a-t-il au delà, dans les vastes espaces vides qui s'éloignent des rivages et s'étendent jusqu'au pôle ? On a cru longtemps et jusqu'à ces dernières années que le bassin polaire devait être libre de glace. On se fondait, pour établir cette hypothèse, sur le raisonnement et sur un certain nombre de faits constatés. On disait — et l'expérience a depuis démontré l'erreur de cette assertion — que la glace ne se produisait que dans le voisinage des terres, à l'abri du rivage et sur des fonds assez élevés, qu'en pleine mer, l'agitation perpétuelle des vagues, entretenue par les

vents et par les courants, mêlant sans cesse les couches superficielles refroidies par le contact de l'air avec les eaux plus chaudes des couches profondes, la congélation ne pouvait s'opérer. On faisait valoir que déjà du temps de Barentz, en 1590, une mer navigable avait été aperçue à l'est de l'extrémité septentrionale de la Nouvelle Zemble ; qu'autrefois les pêcheurs hollandais s'aventuraient à travers les glaces dans toutes les directions autour du Spitzberg; que Scoresby avait pu pousser son navire jusqu'au delà du 81e degré de latitude et qu'il avait signalé des ouvertures se prolongeant dans la banquise du côté du pôle ; qu'en 1822, l'amiral de Wrangell et ses compagnons avaient été, dans leurs excursions sur la glace au nord du rivage sibérien, arrêtés par les eaux et qu'ils avaient aperçu devant eux une mer sans limites, qui depuis a figuré sur toutes les cartes sous le nom de Polynia. A ces preuves apparentes le docteur Kane ajouta en 1854 un nouvel argument : plusieurs hommes de son équipage, s'étant avancés en traîneau sur la mer gelée jusqu'au cap Constitution, sur la Terre de Washington, ne purent tourner ce cap, à cause de l'eau qui l'entourait ; ils montèrent sur une éminence, d'où ils virent avec stupéfaction les vagues bondir en écumant sur les récifs du rivage et former au loin un vaste chenal dans lequel toute une flotte aurait pu naviguer à l'aise; en outre, la fonte de la neige sur les rochers, l'apparition de nombreuses bandes d'oiseaux,

une végétation de moins en moins pauvre, l'élévation croissante du thermomètre dans la mer semblaient l'indice d'un climat d'autant plus doux qu'on se rapprochait davantage du pôle. Enfin, en 1861, le docteur Hayes, parvenu au delà du cap Lieber, à 180 kilomètres plus au nord que Kane, monté sur un rocher haut de 800 pieds, vit l'immense nappe glacée qui se déployait devant lui se tacheter dans le lointain de bassins d'eau vive de plus en plus nombreux et qui, à l'horizon, se rejoignaient pour former une seule bande continue, d'un bleu noirâtre, se confondant avec le ciel : il ne douta pas qu'il n'eût mis le pied sur le bord de la grande mer libre du pôle.

Mais depuis, des faits et des témoignages bien différents se sont produits. L'expédition austro-hongroise du *Tegetthoff*, qui, en 1872, découvrit la Terre de François-Joseph au nord de la Nouvelle Zemble, arrivée au point le plus septentrional de son voyage, au delà du 82ᵉ degré, se trouva en présence, non pas d'une vaste mer, mais d'un bassin de peu d'étendue, enfermé de tous côtés dans une plaine glacée qui rejoignait au nord de nouvelles terres inconnues. En 1873, Hall, le malheureux commandant du *Polaris*, qui périt dans ce voyage, ne fit que découvrir un nouveau canal gelé, celui de Robeson, faisant suite au détroit de Kennedy, et n'aperçut pas le rivage tant désiré de l'Océan polaire. Plus récemment encore, en 1875, le capitaine Nares et ses lieutenants, Markham, Aldrich et Beaumont,

ont atteint ou paru atteindre enfin ce rivage ; ils ont vu la terre, à la sortie du détroit de Robeson, fuir d'un côté vers l'est, de l'autre vers l'ouest, puis vers le sud ; mais devant eux se déployait, au lieu de cette mer libre depuis si longtemps cherchée, une immense étendue rigide et blanche, agglomération d'énormes banquises séculaires, incessamment accrues par les neiges d'innombrables hivers et ayant de quatre-vingts à cent pieds d'épaisseur. Ce plancher de glace, inégal, montueux, impraticable, pressait la côte du Groenland et, aussi loin que le lieutenant Aldrich put aller, le littoral de la terre de Grant ; au nord, le lieutenant Markham en reconnut la continuité jusqu'au delà du 83e degré. Cette mer congelée a reçu le nom de *Paléocrystique* à cause de l'antiquité de ses glaces.

Jusqu'où s'étend la mer paléocrystique ? Occupe-t-elle tout le bassin polaire ? Les navigateurs qui l'ont découverte la déclarent immense et à jamais infranchissable pour tous les explorateurs futurs comme elle l'a été pour eux-mêmes. La solitude absolue qui y règne, l'absence complète de phoques, d'ours blancs, de faucons pêcheurs, d'oiseaux de mer se dirigeant vers le nord, semblerait indiquer qu'au delà il n'existe plus ni terres ni eaux libres. Toutefois il serait téméraire de l'affirmer. Jusqu'ici le pôle a gardé son secret, que l'on serait tenté de croire impénétrable, si la curiosité et l'audace de l'homme avaient des bornes.

CHAPITRE III.

Les montagnes de glace ou icebergs. — La naissance d'un iceberg. — Volume colossal et formes étranges de ces glaçons. — Un spectacle magique. — Collision d'un iceberg et d'un navire. — Effondrement des montagnes de glace.

Revenons aux régions visitées et connues. Les banquises, plaines ou champs de glace de formation marine, ne sont pas seules à encombrer la surface des mers. D'autres glaçons, bien différents par leur origine et par leur aspect, leur disputent la place. Ce sont les montagnes de glace, ou *icebergs*, fragments détachés des glaciers que nous avons vus se former sur les parties hautes des terres arctiques et aboutir à la mer. Ces énormes blocs d'eau douce congelée, produits des neiges, sont bien autrement pittoresques que les monotones champs de glace, et la plupart des navigateurs, malgré les sérieux dangers auxquels les exposaient de pareilles rencontres, n'ont pu s'empêcher de les contempler avec admiration.

Les montagnes de glace ne se forment pas toutes

de la même manière. Les unes se détachent de la façade du glacier et tombent à la mer ; les autres sortent du fond de l'eau et surgissent à la surface, phénomène qui paraît d'abord extraordinaire, mais qu'une observation attentive explique aisément. Nous avons dit que le glacier, arrivé au rivage, continue sa marche lente, repousse les flots, suit le lit de l'Océan en se moulant sur ses inégalités, et quand ce dernier devient plus profond que lui-même n'est haut, plonge et disparait sous l'eau. Il s'avance quelquefois ainsi jusqu'à plusieurs lieues dans la mer. Mais la glace occupe plus d'espace que l'eau, elle est plus légère et tend à flotter. Il se livre donc une lutte intestine entre l'eau qui veut expulser la glace et celle-ci qui tient bon, retenue par son adhérence à la masse du glacier. Enfin il faut que la loi d'équilibre soit obéie ; le glacier sous-marin cède, il se brise et une partie de son bord le plus avancé, un colosse de glace, délivré de ses liens et poussé par une force ascensionnelle énorme, jaillit subitement au-dessus des vagues.

Le docteur Hayes a été témoin de l'apparition d'un de ces icebergs et il déclare que jamais spectacle plus grandiose n'a frappé ses yeux. Il se trouvait sur une colline de la côte occidentale du Groenland, au-dessus du fiord d'Aukpadlartok (le lieu des Roches Rouges), d'où il observait les îlots, les rochers de la baie et la multitude des glaces flottantes qui couvraient presque complètement la

Un iceberg.

surface de la mer. Tout à coup le guide qui l'accompagnait, un chasseur du pays, interrompit sa contemplation en lui disant : « Écoutez ! le glacier va mettre bas. » C'est l'expression employée au Groenland pour désigner le phénomène qui allait s'accomplir. Aussitôt une explosion retentit, suivie de plusieurs autres de plus en plus fortes ; on eût dit les déchirements souterrains précurseurs d'un tremblement de terre.

« Regardez, reprit le guide, le voilà qui se lève ! » En effet, une portion de glacier sortait majestueusement de l'eau. Une vague énorme, soulevée et repoussée par ce mouvement de bas en haut, alla frapper et ballotter tous les autres icebergs de la baie. En même temps, le bruit, jusqu'alors profond et sourd, éclata comme une décharge d'artillerie : c'était la rupture complète et la mise en liberté de l'immense bloc de cristal qui venait de s'opérer. « Il se souleva comme un Léviathan surgissant des abîmes et montrant sa croupe monstrueuse au-dessus des flots, » dit le narrateur de cette scène. Puis il se retourna dans la mer, la partie qui précédemment émergeait plongeant dans les profondeurs, et celle qui jusque-là adhérait au glacier se montrant à la surface. « Les masses d'eau, remuées par cette culbute soudaine, jaillissaient de ses flancs de cristal et se précipitaient en sifflant dans la mer frémissante. »

« L'iceberg était né, ajoute le peintre de cet

étonnant spectacle. Aucune description ne saurait donner l'idée de l'agitation sauvage de ce fils des gelées polaires. Lancé à la mer avec une impétuosité terrible, le bloc immense se balança pendant des heures entières d'arrière en avant, d'avant en arrière, faisant jaillir d'énormes gerbes d'écume, menaçant de chavirer à chacune de ses oscillations et revenant toujours sur lui-même comme un poussah gigantesque. »

Le bouleversement de la mer était magnifique à voir ; des lames géantes venaient frapper au fond du fiord la paroi verticale du glacier, où elles s'écrasaient pour retomber en épaisses ondées ; d'autres couraient au loin sur la mer ; la glace craquait, se fendait, s'émiettait sur leur passage ; les plus petits icebergs disparaissaient sous leurs eaux, furieuses comme dans une tempête. L'énorme nouveau-né, cause de tout ce fracas, continuait à se vautrer dans les flots ; à chacun de ses mouvements, des fragments se détachaient de sa masse ; le bruit sec des fractures s'entendait distinctement au milieu des clameurs assourdissantes des vagues et du cliquetis sonore des glaces entre-choquées.

Il fallut plusieurs heures pour que le calme se rétablît autour de la nouvelle montagne de glace ; enfin elle trouva son équilibre et flotta immobile, au milieu de ses pareilles, sur les eaux apaisées de la baie.

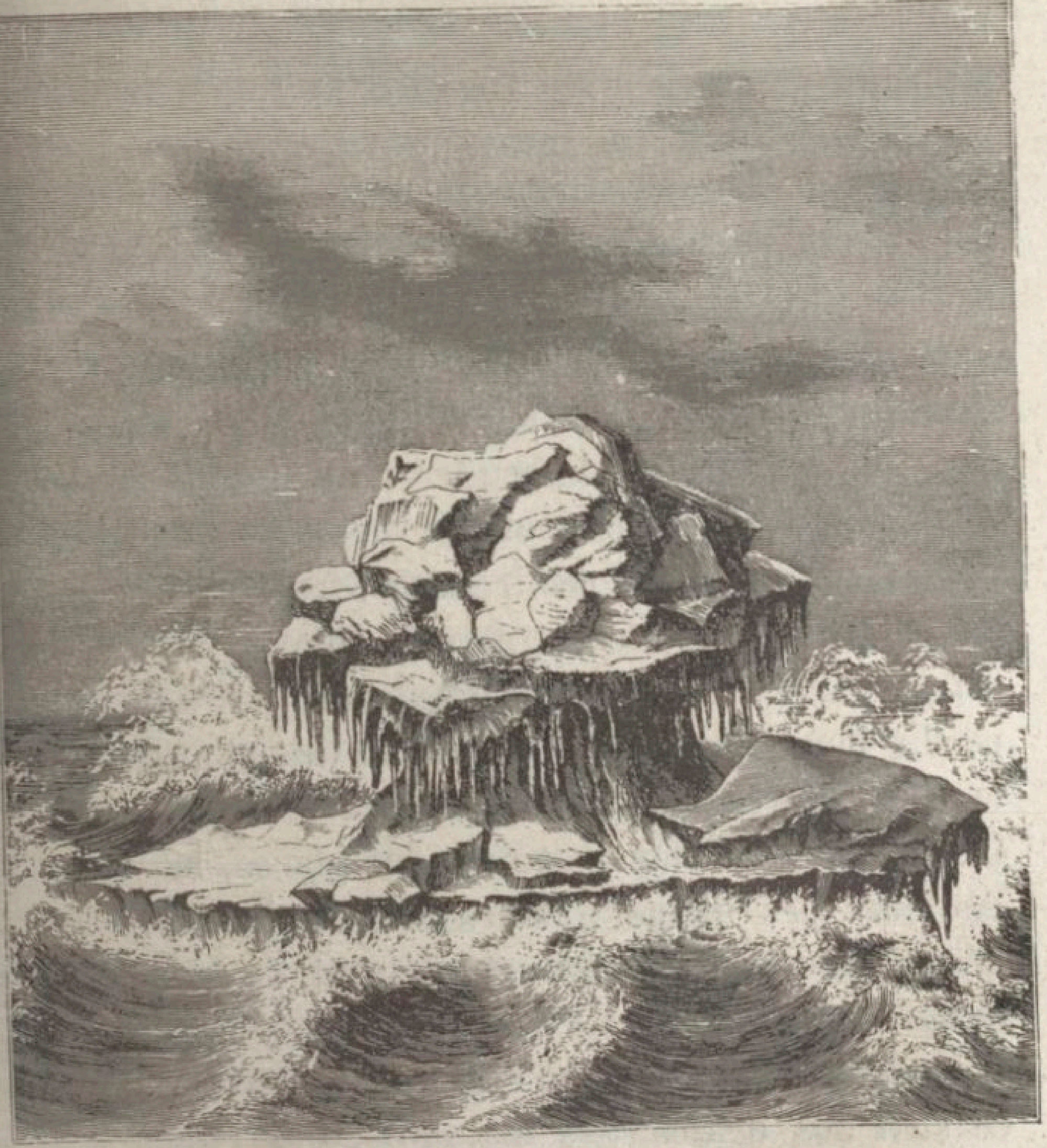
Les montagnes de glace, — non pas toutes, car

leurs dimensions diffèrent beaucoup, — méritent bien leur nom. Si l'on pouvait tirer à sec sur le rivage certaines d'entre elles et les voir tout entières, elles paraîtraient, en effet, de vraies montagnes. Telles qu'on les aperçoit en mer, ne montrant que leur faîte et cachant la plus grande partie de leur masse sous les flots, elles étonnent par leur volume. Il n'est pas rare d'en rencontrer qui s'élèvent de 60, de 80, de 100 mètres au-dessus de l'eau. Dans le sens de la longueur ou de la largeur, elles atteignent souvent plusieurs centaines et même plusieurs milliers de mètres. Un navigateur a voulu mesurer exactement un de ces colosses, sur lequel il a pu monter en escaladant, non sans peine, l'un de ses bords et qu'il a parcouru dans tous les sens : il a trouvé pour le plus grand côté 2000 mètres et pour le plus petit 1165; le pourtour complet était de 5935 mètres; la hauteur au dessus du niveau de la mer ayant été évaluée en moyenne à 60 mètres, l'épaisseur totale devait être de 480 mètres; le chiffre prodigieux de 882 434 880 mètres cubes représentait donc le volume de ce glaçon flottant.

Rien n'est plus varié et souvent plus étrange que la forme des icebergs. Quand ils sont récemment détachés du glacier, ils présentent des plans à peu près réguliers, de vastes surfaces unies plus ou moins parallèles, de longues arêtes nettement coupées; mais quand les courants les ont longtemps promenés sur les mers, quand ils ont subi l'action

du soleil et des eaux, l'effet des collisions et des chocs dans la foule des autres montagnes de glace, on épuiserait toutes les comparaisons possibles sans parvenir à donner une idée des formes singulières qu'ils affectent. L'un ressemble à un château fort démantelé, l'autre à un édifice gothique, hérissé d'une forêt de clochers et de flèches aiguës. Celui-ci offre l'image d'une ville en ruine, démolie par un bombardement; celui-là rappelle un majestueux arc de triomphe, percé de hautes portes cintrées, ou bien un grand obélisque penché, qui se tient debout on ne sait par quel miracle; cet autre représente, à faire illusion, une carrière de marbre de Paros, creusée en tous sens de galeries d'exploitation que soutiennent une multitude de piliers. Voici encore d'autres formes, moins grandioses, mais non moins singulières, quelquefois charmantes : une vaste table ronde supportée par un unique pied central, contourné en spirale comme une colonne torse, et qui semble chargée d'un magnifique surtout en argent ciselé ; une tente pyramidale ou conique, ouverte par devant et du fond de laquelle on s'attendrait à voir sortir un habitant pour vous souhaiter la bienvenue; un gâteau de cire provenant d'une ruche gigantesque, tout criblé d'alvéoles; une chaise colossale ou un large sofa moelleusement capitonné d'ouate blanche. Les figures humaines, surtout les représentations d'animaux, dans des proportions surnaturelles, ne manquent pas non plus; on croit voir tantôt un mons-

trueux ours blanc qui, allongeant sa tête pointue, guette sa proie, tantôt un cygne gigantesque, au plumage immaculé, qui étend ses grandes ailes.



Iceberg en forme de guéridon.

Ces montagnes de glace défilent lentement, en longs troupeaux plus ou moins pressés ; suivant les lieux, les saisons et la force des courants, elles

laissent entre elles d'assez grands intervalles, ou bien elles sont rapprochées et se touchent presque, au point que le navigateur, engagé dans ce labyrinthe mouvant, n'a pas autour de lui plus d'horizon que s'il se trouvait enfoncé dans une gorge encombrée de rochers ou sous la futaie épaisse d'une grande forêt. En vain essayeriez-vous de compter les blocs qui passent et se succèdent ainsi devant vos yeux; des centaines, des milliers ne suffiraient pas à en épuiser le nombre.

Quelquefois, en été, lorsque le soleil brille, surtout à l'heure où il s'abaisse sur l'horizon, au-dessous duquel il ne descendra pas, et où il colore de cramoisi, de pourpre et d'or les nuées du ciel et les eaux de la mer, ces icebergs, frappés presque horizontalement par les rayons solaires, forment un spectacle d'une splendeur extraordinaire. Ils ont perdu leur aspect sinistre. On ne voit plus en eux les tristes produits des frimas polaires. Leurs surfaces polies reflètent, comme des glaces, les vives couleurs des nuages; leurs angles, leurs arêtes décomposent la lumière et s'irisent de toutes les nuances du prisme. Ce sont des masses de métal incandescent, les unes d'argent, les autres d'or; ce sont des opales, des diamants, des rubis, des émeraudes gigantesques; leur forme disparaît dans leur éclat éblouissant. Dans les taches d'ombre que traînent derrière eux ces grands cristaux, la mer prend des teintes vertes, bleues, d'une limpidité, d'une délicatesse, d'une transparence admirables;

les vagues légères qui glissent le long de leurs flancs ressemblent à des pierres précieuses fluides. En outre, comme pour ajouter encore à la magnificence du tableau, du sommet et des côtés de ces montagnes flottantes ruissellent des millions de cascades et de cascatelles, alimentées par les lacs de neige et de glace fondues qui remplissent les dépressions de leur surface accidentée : ces cascades, selon leur hauteur et le volume de leurs eaux, forment ici de larges nappes limpides qui tombent et rebondissent en écumant dans la mer, là de légers voiles vaporeux qui se dissipent dans l'espace, ou d'épaisses colonnes blanches auxquelles souvent l'arc-en-ciel suspend son écharpe diaprée.

Mais ces fêtes offertes au voyageur par l'austère nature septentrionale sont rares et elles durent peu. Bientôt la féerique illumination s'éteint, un brouillard compacte se répand dans l'atmosphère et les icebergs perdent tout à coup la magique beauté que la lumière leur prêtait ; on n'est plus tenté de voir en eux, à travers la brume obscure où ils s'enfoncent, que de grands cercueils blancs qui vont à la file s'engloutir l'un après l'autre dans un lugubre abime. Toute la tristesse du monde polaire a reparu.

Rien n'est plus redoutable pour les navigateurs que les icebergs, surtout par un temps de brouillard, qui ne permet pas de les voir et de les éviter. Le choc de l'un d'eux suffit pour ouvrir d'un seul coup le flanc d'un navire et le faire sombrer. Même quand on les aperçoit, il n'est pas toujours

possible de leur échapper; ils semblent vous chercher, vous poursuivre, comme si un génie malfaisant les dirigeait. Il est arrivé plus d'une fois qu'au moment où un bâtiment passait entre deux montagnes flottantes, celles-ci, s'étant tout à coup rapprochées, l'ont serré entre leurs éperons de glace et littéralement broyé. Ou bien l'un de ces blocs énormes vient se placer bord à bord contre le navire, s'y heurte et fait tomber sur lui, de ses parties surplombantes souvent fort élevées, une pluie de lourds fragments de glace capables de l'écraser.

C'est surtout pendant les mois de juillet et d'août, époque où les icebergs, éprouvant de brusques dilatations causées par la chaleur du soleil, se désagrègent, que leur voisinage est à craindre pour les vaisseaux. Le docteur Hayes vit de près ce danger et faillit même n'y pas échapper. Le navire qu'il commandait, entraîné par un courant, rasait le bord d'un iceberg qui se dressait à plus de trente mètres au-dessus des mâts. A l'aide de gaffes, on parvint à s'éloigner un peu du géant dont on redoutait la rencontre, mais au moment où l'on croyait l'avoir évité, un remous fit dévier le bâtiment et le jeta presque de flanc sur la masse flottante. Le choc, quoique assez léger, détacha une quantité de morceaux de glace, dont par bonheur quelques-uns seulement tombèrent sur le pont sans atteindre personne. L'équipage quitta en toute hâte l'arrière, sur lequel les projectiles tombaient plus serrés, et se réfugia sur le gaillard d'avant.

Un défilé d'icebergs.

« Ce fut l'iceberg lui-même, dit le commandant Hayes, qui nous préserva de la destruction : une masse énorme, représentant douze fois au moins le cube de notre petit navire, se détacha de la partie immergée et s'abima près de nous en faisant rejaillir de hautes gerbes d'écume. Cette rupture arrêta le mouvement de révolution qui se faisait de notre côté et l'iceberg reprit son équilibre dans la direction opposée. Mais les grincements de la quille nous révélèrent un autre danger : une longue pointe de glace s'avançait horizontalement au-dessous de la goélette, et nous courions risque de chavirer ou d'être lancés en l'air comme une paume. Cependant les hautes parois de notre ennemi avaient cessé de se pencher sur nous, et la mitraille de glaçons qu'elles projetaient ne tombait plus sur notre pont. Nous courûmes aux gaffes et, avec une vigueur que redoublait l'imminence du péril, nous essayâmes d'éloigner le navire.

« Épuisés de fatigue, nous nous laissions gagner par le découragement, lorsque l'iceberg vint encore à notre secours : une détonation épouvantable nous fit tressaillir et fut suivie, à des intervalles de plus en plus courts, d'éclats toujours plus violents.

« Le côté opposé du géant s'était fendu ; blocs après blocs s'écroulaient dans la mer, ébranlant la vaste masse et la renvoyant vers nous ; le mouvement de rotation s'accélérait, les monstrueux grêlons recommençaient à tomber et, atterrés par ce terrible spectacle, nous nous attendions, à chaque

seconde, à voir la partie de l'iceberg la plus voisine de nous se détacher et nous entraîner dans sa chute : nous eussions été aussi inévitablement ensevelis que la cabane du berger sous l'avalanche des Alpes. »

Cependant un des matelots avait pu aller, avec un canot, implanter une ancre à glace sur un autre iceberg et y amarrer solidement un câble. Tout l'équipage tira vigoureusement sur ce cable et la goélette se mit en mouvement. Elle s'éloigna de l'iceberg, qui, comme s'il regrettait de la laisser échapper, lui frôla la hanche et emporta la grande vergue. N'importe, le navire était sauvé. Il n'avait pas franchi une vingtaine de mètres que la montagne de glace subissait la rupture tant redoutée ; celle de ses parois qui regardait le bâtiment se déchira avec un craquement effroyable et tomba lourdement dans la mer en lançant de larges fusées d'écume et en soulevant une énorme vague.

Le navire, qui avait continué à s'éloigner, put alors contempler avec calme l'objet de sa terreur. Le mònstre se balançait, roulait, se mouvait comme un être vivant. A chacune de ses révolutions, de nouvelles masses se désagrégeaient et se précipitaient en sifflant dans la mer écumante. Au bout de quelques heures il ne restait plus du géant qu'un chétif fragment, infime débris de sa grandeur passée, et les blocs qui s'en étaient détachés flottaient çà et là tranquillement bercés par la marée.

Le docteur Hayes ajoute qu'il apercevait autour

de lui (c'était au niveau d'Upernavik, dans la mer de Baffin) plus de cinq cents icebergs non moins menaçants que celui auquel il venait d'échapper ; l'atmosphère était remplie du bruit incessant de leur destruction progressive. Il y en avait un, entre autres, distant d'environ trois kilomètres, gigantesque, superbe, ressemblant au palais du Parlement britannique : une haute tour tomba d'abord du faîte et se précipita dans la mer, pendant qu'une nuée de mouettes, qui en avaient fait leur lieu de repos, s'envolaient en poussant des cris perçants ; des pans de murs entiers la suivirent dans sa chute ; puis tout un pavillon carré s'écroula avec un grand fracas ; alors la masse ainsi mutilée culbuta sur elle-même et, après cinq heures de convulsions et de tumulte, le magnifique colosse n'était plus qu'un nain informe et vulgaire, qui s'élevait à peine à cinquante pieds au-dessus des eaux.

Un autre iceberg, qui paraissait avoir au moins deux kilomètres de long et une trentaine de mètres de hauteur, se fendit en deux, après un craquement aigu suivi de détonations formidables : mille pièces d'artillerie déchargées ensemble n'auraient pas produit un plus assourdissant vacarme. Les deux immenses moitiés oscillèrent pendant plusieurs heures au milieu des flots agités avant de reprendre leur équilibre. Enfin une des montagnes de glace les plus voisines du navire, celle même à laquelle il s'était amarré, voulut aussi fournir sa note dans cet infernal concert ; elle se débarrassa d'un de ses

angles, plus grand, dit le narrateur, que Saint-Paul, la cathédrale de Londres.

Ce sont surtout les vieux icebergs qui se démolissent et se détruisent ainsi au moindre choc, ou même au simple attouchement d'un rayon de soleil ; ils ont longtemps erré sur les mers, promenés du nord au sud, du sud au nord, dans tous les sens, par les courants et par les vents; dans ces voyages, ils se sont peu à peu détériorés ; leur ruine est préparée de longue date. Les jeunes, ceux qui sont nouvellement détachés du glacier natal, ont la vie plus dure. Les uns sont destinés à subsister pendant des années, pendant des siècles : peu après leur naissance, ils font la rencontre d'une banquise qui s'empare d'eux et les retient; ils s'y soudent, ils font corps avec elle; ils forment alors les montagnes que l'on voit se dresser sur ces plaines de glace; on les a aussi comparés à de hautes meules de foin éparses dans une prairie. D'autres, entraînés directement vers le sud, n'ont pas le temps de se dissoudre dans les mers arctiques ; ils franchissent le cercle polaire, ils dépassent la pointe méridionale du Groenland, entrent dans l'Atlantique, et, avant de s'y abîmer, descendent jusqu'au 40ᵉ degré de latitude. Ils arrivent donc sur la route que suivent les bateaux à vapeur transatlantiques entre l'Angleterre et New-York, et ces navires sont exposés à les rencontrer. C'est pour cela qu'une vigie surveille continuellement la mer et, à des intervalles réglés, annonce au capitaine l'ab-

sence des icebergs. Mais, par un temps de brume, comment les voir et les signaler? On attribue avec raison à ces terribles écueils ambulants, dont aucune carte ne peut indiquer la présence, la disparition inexpliquée de grands navires, qui sont partis et qui ne sont jamais arrivés au port.

Les icebergs ne se composent pas toujours uniquement de glace; ils recèlent assez souvent dans leur sein des rochers, des monceaux de terre ou de sable, enlevés aux montagnes par les glaciers dont ils faisaient partie. A mesure qu'ils fondent en traversant des eaux plus chaudes, ils laissent échapper leurs fardeaux, qui tombent au fond de la mer. Ils sèment ainsi sur leur route des marques de leur passage; ils déposent pour un avenir éloigné un témoignage incontestable de leur existence. Lorsque plus tard, dans des centaines ou des milliers de siècles, les régions aujourd'hui submergées surgiront et deviendront des terres, les habitants de ces contrées nouvelles y trouveront avec étonnement de grosses roches isolées, fragments de montagnes lointaines et inconnues apportés jadis par des icebergs, semblables aux blocs erratiques que l'on voit dans les prairies de l'Illinois et qui démontrent qu'à une époque géologique reculée, une partie de l'Amérique du nord formait le lit de l'Océan.

CHAPITRE IV.

Les saisons arctiques. — Un paysage d'été. — Effets de mirage. — Le froid en hiver. — Les tempêtes de neige. — La longue nuit polaire. — Les aurores boréales.

Dans l'extrême nord, le ciel et l'atmosphère présentent des phénomènes non moins frappants que ceux dont la terre et la mer viennent de nous rendre témoins. Le plus remarquable de ces phénomènes est la présence et l'absence alternatives du soleil prolongées pendant plusieurs mois. A la latitude de 70 degrés, cet astre reste déjà sans se coucher plus de 60 jours, puis il cesse de se lever durant un temps égal. A 80 degrés, il demeure au-dessus de l'horizon 134 jours de suite, après quoi il descend au-dessous et disparaît pour un peu plus de quatre mois. Au pôle boréal même, il règne un jour continu depuis le 21 mars jusqu'au 23 septembre; l'autre moitié de l'année se compose de deux crépuscules d'environ 50 jours chacun, séparés par une nuit complète de deux mois et demi.

Plaçons-nous sur un point avancé des terres

boréales, au Spitzberg par exemple, et assistons à l'étrange spectacle de la succession des saisons. Vers la fin du mois de janvier, après une longue obscurité, on aperçoit du côté du sud, à midi, une lueur pâle qui annonce l'approche du soleil ; chaque jour, cette lueur devient plus vive et s'étend davantage vers le zénith ; enfin, au milieu de février, le bord du disque solaire, réduit à un point lumineux, brille un instant pour s'éteindre aussitôt ; mais tous les jours le segment qui apparaît augmente d'étendue, jusqu'à ce que l'astre tout entier sorte de la mer : la longue nuit d'hiver a pris fin. Dès lors des alternatives de jour et de nuit se succèdent pendant 65 jours, jusqu'au 21 avril. A partir de ce moment le soleil ne se cache plus ; il monte dans le ciel pendant douze heures, puis pendant douze autres heures il redescend, mais sans franchir la ligne de l'horizon et pour se mettre à remonter. Il tourne ainsi dans le ciel, constamment visible, pendant quatre mois de suite.

Mais à son tour l'été va finir ; le 23 août, le soleil se couche de nouveau pour la première fois. Il ne s'en va pas loin et son absence n'est pas longue ; cette première nuit est donc plutôt un crépuscule ; mais dès lors la durée des jours diminue rapidement. Enfin, le 26 octobre, l'astre lumineux plonge dans la mer pour n'en plus sortir. La pâle clarté qui pendant quelque temps décèle encore son voisinage va s'éteignant de plus en plus et finit par abandonner tout à fait le ciel aux profondes ténèbres

de l'hiver. Désormais c'est la lumière blafarde de la lune, c'est la lueur indécise des étoiles qui vont seules éclairer ces tristes régions, une terre ensevelie sous la neige, un Océan figé par la gelée.

L'été polaire n'a ni chaleur ni sérénité. Le soleil a beau luire sans interruption pendant quatre mois, comme il ne s'élève jamais bien haut au-dessus de l'horizon, il ne darde que des rayons obliques qui rasent et effleurent les objets, au lieu de les frapper perpendiculairement. En outre, ces rayons ont à traverser une atmosphère très épaisse, et ils s'y dépouillent d'une grande partie de leur chaleur. 6 et 8 degrés au-dessus de zéro sont généralement les températures les plus élevées des mois de juin et de juillet. En août, la moyenne se place entre 0 et 1 degré au-dessus. Au printemps, le thermomètre oscille, en mars, entre 20 et 50 degrés au-dessous du point de congélation ; en avril, entre 10 et 40; en mai, entre 0 et 30. Ces extrêmes variations sont dues à ce que, même en plein été, le ciel n'est presque jamais clair pendant une journée entière; il se voile subitement de nuages; d'épais brouillards montent de la mer et remplissent l'espace; des vents violents, qui se sont refroidis en passant sur les glaciers et les banquises, se déchaînent, chassant devant eux des tourbillons de neige et des averses de grêle : c'est l'hiver, avec toutes ses horreurs, revenu tout à coup au milieu de l'été.

Il y a pourtant quelquefois, sous ce ciel inclément,

des heures qui ont paru charmantes à plus d'un navigateur, au mois de juin, par exemple, lorsque le soleil brille dans un air limpide. Alors la nappe blanche qui recouvrait uniformément les montagnes et les vallées s'est déchirée par places et laisse voir çà et là de larges taches brunes ou rousses; c'est la terre qu'on aperçoit enfin. La neige fond et s'écoule en ruisseaux, en cascades; on entend de tous côtés le murmure des eaux courantes. L'humble flore polaire est sortie de son long sommeil; les saules nains ont déplié leurs feuilles; de petites corolles d'or, des fleurettes blanches, qui font penser aux prairies des contrées plus heureuses, s'épanouissent. Sur la mer, que ride à peine une légère brise, les icebergs, revêtus d'une brillante armure d'argent, flottent paisiblement. Des animaux, dont le nombre et la variété surprennent, semblent s'être donné rendez-vous pour animer ces déserts. Des troupeaux de morses et de phoques sont couchés sur les banquises, comme des vaches et des moutons dans un pâturage; les uns s'agitent et mugissent, les autres, immobiles, se prélassent au soleil. Dès milliers de petits guillemots garnissent les falaises; des bandes de canards eiders volent en tous sens, cherchant une île qui leur convienne pour s'y établir; des hirondelles de mer se jouent à la surface des eaux. On ne voit autour de soi que des images de printemps, de nature bienfaisante, de vie heureuse.

Ce n'est pas tout; dans ces beaux jours, il n'est

Paysage d'été.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

pas rare que le ciel ajoute une fête à celle que donne la terre et offre au voyageur le magique spectacle d'un mirage. On voit tout l'horizon s'élever, se doubler en quelque sorte. Des objets situés à une grande distance, bien loin derrière lui, montent dans les airs, comme évoqués par la baguette d'une fée. Voici des banquises, des icebergs, des montagnes, des rivages avec leurs baies et leurs caps, fidèlement reproduits comme dans un miroir. Mais bientôt ils changent de proportions et de formes ; ils se distendent en largeur, en hauteur, le vent sans doute agitant l'atmosphère. A présent, d'autres figures, qui changent aussi sans cesse, se peignent sur le firmament. Ce sont des portiques gigantesques, des dolmens druidiques, des obélisques, des murailles massives dans lesquelles s'enfoncent des portes sombres ; tout cela tremble, frissonne, ondule et se transforme. Un clocher aigu devient une épée, une croix ; la croix prend bientôt les contours d'un être humain. Voici maintenant une forteresse qui se dresse sur une colline, puis une vaste plaine parsemée d'arbres, mais les arbres s'évanouissent un à un et font place à toute sorte d'animaux, des ours, des chiens, des oiseaux, qui, un instant après, cèdent la scène à des hommes dansant dans les airs, sautant de la mer vers les cieux. On assiste à une féerie, où les changements à vue se succèdent sans interruption ; on croit regarder dans un immense kaléidoscope, qu'une main invisible tourne continuellement. Mais tout

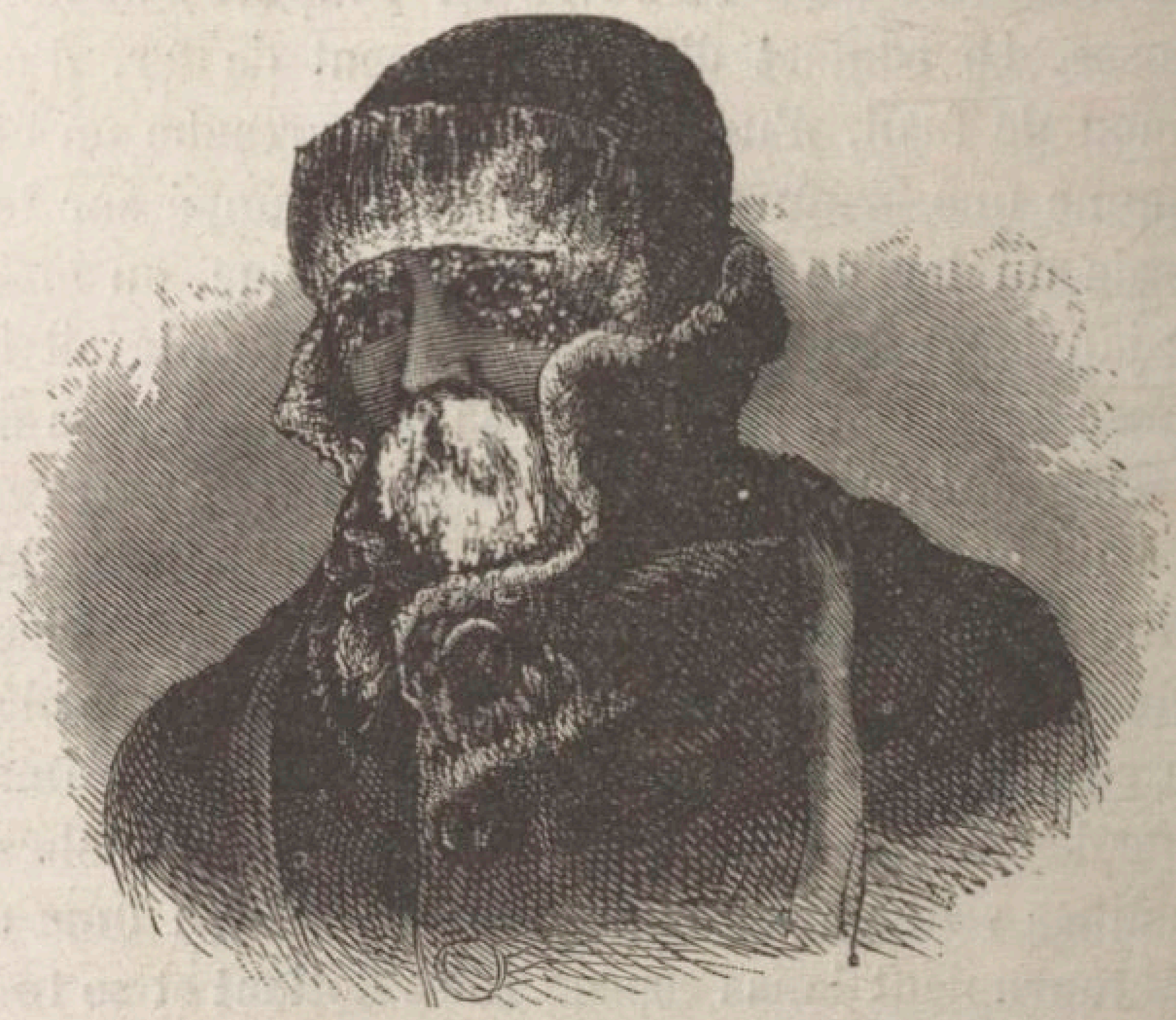
à coup le vent souffle, soulève les flots : le fantastique tableau s'est effacé.

Si, malgré quelques heures sereines et quelques aspects pittoresques, l'été est mélangé d'intempéries, l'hiver est invariablement affreux. Le froid, que le soleil ne combat plus, arrive à une incroyable intensité. Le thermomètre descend communément à 30 et 35 degrés au-dessous de zéro. En de certaines régions, particulièrement dans le nord de l'Amérique et dans les îles qui la bordent, des froids de 55 et de 58 degrés ne sont pas rares. Ce n'est pas sans de vives souffrances que l'homme supporte une pareille température, surtout lorsque l'air est agité. 40 et 50 degrés par un temps calme se supportent mieux que 25 et même 20 lorsqu'il fait du vent. On réussit à abriter le corps sous d'épais vêtements de laine ou de fourrure, mais certaines parties du visage, le nez et les lèvres, ne peuvent être couvertes, à cause des vapeurs qui s'en échappent et qui, si elles étaient retenues, se congèleraient immédiatement. Notre compatriote, le lieutenant Bellot, qui paya de la vie sa généreuse résolution de partager les périls de l'expédition anglaise pour rechercher dans les glaces de l'archipel Parry les traces de sir John Franklin, raconte que ceux de ses compagnons qui s'étaient enveloppé la figure, ne pouvaient plus retirer leurs cravates, leurs cache-nez, transformés en bâillons de glace, en carcans aussi rigides que du fer. L'impression de la bise sur le visage nu ressemble à celle qu'on éprouverait si

l'on vous cinglait la peau avec des lanières de cuir ; il semble qu'on vous enlève des lambeaux d'épiderme. A cette cuisson succède une sorte d'engourdissement; le sang se retire ; les parties atteintes deviennent bleuâtres ; si elles blanchissent, c'en est fait, elles sont irrévocablement gelées. La peau des mains se sèche, s'ouvre en coupures douloureuses. Le contact d'un instrument de fer, d'un canon de fusil, d'une poulie, vous arrache un cri comme une brûlure. Un voyageur, campé sur les bords du lac de l'Esclave, en Amérique, au mois de janvier, par un froid de 56 degrés, se lavait la figure devant un grand feu ; sa barbe se hérissa de glace avant qu'il eût eu le temps de l'essuyer.

Mais quand au froid et au vent s'ajoutent les tourbillons de neige, la vie de l'homme est sérieusement en danger. On se fait difficilement une idée de ce que sont ces rafales de neige. Que l'on imagine des nuées épaisses, à demi solides, blanches, rendues visibles par la vague clarté de la lune et qui tournoient dans l'espace. Elles flottent et se tordent autour des cimes des montagnes, comme une chevelure. Elles descendent en avalanches sur les pentes, se brisent contre les rochers, rejaillissent et s'éparpillent dans l'air, s'abattent et roulent comme d'énormes vagues sur la mer glacée. Cela forme des colonnes, des pans de murs, qui fuient, qui se poursuivent, se heurtent, se séparent, se rejoignent, se surmontent. On dirait une danse infernale, le sabbat des fantômes de la nuit. Lorsqu'on

se trouve pris au milieu d'une de ces bourrasques, il faut faire appel à tout son sang-froid pour ne pas se croire perdu. On s'efforce de tourner le dos à la tempête, mais elle vous enveloppe ; les flocons de neige vous assiègent de tous côtés : ils vous en-



Effet de la gelée sur les cils et la barbe.

trent dans la gorge, dans les narines, dans les yeux ; ils s'attachent aux cils, où bientôt ils gèlent et se soudent, de sorte que, pour ouvrir les paupières, il faut en arracher des glaçons ; ils s'amassent sur les moustaches, sur la barbe, ils en font un seul bloc, toujours grossissant, qui s'unit aux vêtements, encroûtés aussi de glace : c'est une sorte de pétri-

fication de votre personne, contre laquelle il faut vous débattre.

L'obscurité constante de l'hiver polaire compte au nombre des rigueurs les plus pénibles de cette saison. Elle ne porte pas une atteinte dangereuse à la vie physique, mais, par sa mortelle tristesse, elle affecte gravement l'esprit. Il faut, pour la supporter, faire un constant appel à tout ce qu'on a de courage, de volonté, de patience. Cet effort est des plus difficiles. La sombre et lugubre solitude dans laquelle on demeure plongé semaine après semaine, mois après mois, accable l'intelligence, paralyse toutes les forces morales. Le silence absolu qui vous entoure agit à la longue sur l'imagination ; on éprouve un indicible malaise, une vague terreur. Le Dr Hayes a connu ces pénibles impressions et les a décrites d'une façon saisissante : « Les cieux, la terre, tout est enseveli dans une éternelle paix. Nulle part un indice, même un souvenir de la vie. L'esprit ne trouve à s'attacher à rien, à se reposer sur rien. Toute l'armée infinie des constellations ne peut envoyer une seule étincelle de joie dans cette atmosphère morte. Froides et sans vie, elles ne disent rien au cœur. L'œil se lasse de les contempler et se reporte sur la terre ; l'oreille écoute si quelque bruit ne va pas rompre ce silence accablant ; mais non, aucun pas ne retentit, aucune bête sauvage même ne mugit dans la solitude. Pas un faible cri d'oiseau, pas un arbre dont les rameaux puissent recueillir les soupirs du vent. Dans ce vide immense,

je n'entends que les pulsations de mon cœur ; le sang qui bat dans mes artères me fatigue de ses coups violents. Le silence cesse d'être une chose négative, il est maintenant doué d'attributs positifs. Je l'écoute, je le vois, je le sens. Il se dresse devant moi comme un spectre, m'annonçant la fin de toute chose, remplissant mon âme du sentiment de la mort universelle... Je ne puis plus l'endurer : je m'élance du rocher où je me suis assis ; je marche, je piétine lourdement, je fais crier la neige sous mes pas pour écarter l'horrible vision, pour chasser le terrible fantôme. »

Il n'y a qu'une seule compensation à la désolante monotonie de la longue nuit polaire ; ce sont les aurores boréales. Très étendues ou plus restreintes, éblouissantes ou à peine perceptibles, elles se produisent fréquemment et, pour l'observateur attentif, régulièrement dans les contrées arctiques. On sait que ces phénomènes lumineux sont dus aux radiations électriques de la terre, aimant colossal dont le pôle boréal se trouve dans l'Amérique du Nord, sur la côte de la terre de Boothia, et le pôle austral en mer au sud de l'Australie, non loin de la terre Victoria. Ce dégagement de fluide électrique se fait, non par coups brusques, avec fracas et colère, comme dans nos orages, mais pacifiquement, sans bruit, sans aucun dommage ; c'est un doux écoulement, souvent accompagné d'une beauté splendide, que l'on admire sans être troublé par aucun sentiment de crainte et d regret.

Il est impossible de décrire exactement les aurores boréales, d'abord parce que les mots sont impuissants à en rendre la magnificence, ensuite parce qu'elles sont infiniment variées et ne se répètent jamais. Toutefois on peut, d'après leurs caractères principaux, les ranger en plusieurs groupes : tantôt ce sont de simples lueurs diffuses, de grandes plaques lumineuses, qui semblent produites par un vaste foyer caché derrière un écran à demi transparent ; tantôt des rayons d'une blancheur éclatante qui partent de l'horizon et s'étendent vers le zénith, comme si, selon l'expression de M. Charles Martins, un pinceau invisible se promenait sur la voûte céleste : quelquefois le pinceau s'arrête brusquement et les rayons restent inachevés, mais l'illumination continue sur un autre point, un faisceau de rayons s'élance, s'élargit en divergeant, atteint le zénith, puis pâlit et s'éteint.

Ou bien on voit se déployer et flotter dans les airs des espèces de draperies pendantes, tissées de lumière et d'or ; elles ondulent comme si le vent les agitait ; elles se replient sur elles-mêmes de mille manières ; leurs longues franges paraissent descendre très bas au-dessus de la tête du spectateur, qui s'étonne de ne pas entendre le frôlement des plis glissant les uns sur les autres.

Ou enfin, — ces dernières aurores sont les plus fréquentes et de beaucoup les plus belles, — un arc lumineux se dessine sur le ciel au-dessus de l'horizon, renfermant un segment d'un noir profond sous

son énorme cintre. Cet arc, d'abord d'un blanc éclatant, devient d'un rouge vif et, de son bord supérieur, s'élancent dans tous les sens des gerbes de rayons : on dirait un immense éventail de lumière qui couvre toute l'étendue du ciel. Au zénith, où tous les rayons se rejoignent, il se forme une éblouissante couronne qui, à son tour, darde des jets de feu. Alors le firmament ressemble à une coupole embrasée. Ce n'est pas un éclat uniforme et immobile ; c'est, comme dans un incendie ou dans une éruption volcanique, une succession continuelle de jaillissements nouveaux ; on croirait voir une mer de feu aux vagues mouvantes et multicolores. Le fond de la lumière est rouge, mais toutes les couleurs, toutes les nuances du prisme viennent s'y mêler tour à tour ; des bandes jaunes et bleues s'y jouent, puis se fondent ensemble et se changent en un vert brillant ; le bleu et l'orangé, dans leurs capricieuses et rapides évolutions, se rencontrent, se pénètrent et forment de belles stries violettes sillonnant une zone jaunâtre ; puis, par moments, toutes les teintes confondues recomposent des myriades de flammes blanches qui assiègent le zénith de leurs trépidations et de leurs voltiges. Nos plus beaux feux d'artifice, réunis ensemble, n'approcheraient pas de cette immense et splendide illumination ; l'idée en vient néanmoins à l'esprit et l'on prête involontairement l'oreille pour saisir les pétillements, les détonations qui sembleraient devoir accompagner l'éclosion de ces gerbes et de

Une aurore boréale.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

ces bouquets de feu : c'est en vain qu'on écoute; le plus profond silence ne cesse de régner.

Si de la voûte céleste on abaisse un instant ses yeux sur la terre, on y surprend de merveilleux effets. Des reflets de toutes couleurs, comme ceux que projetteraient des feux de Bengale, se posent çà et là, se succèdent incessamment sur tous les objets. Tous les sommets des icebergs se teignent de lueurs brillantes, rosées ou livides, qui contrastent avec les ombres noires dans lesquelles plongent leurs bases : on songe aux monuments de Naples pendant une éruption du Vésuve. Les cimes des montagnes, les vastes tapis de neige, la surface blanche de la mer glacée resplendissent, puis s'obcurcissent tout à coup pour s'éclairer de nouveau, comme si des milliers de météores, courant, voltigeant en tous sens dans l'espace, dansaient une ronde fantastique.

Mais ce merveilleux spectacle ne dure que peu d'instants. Le cercle brillant qui couronnait le zénith, ainsi que l'arche qui arrondissait sa voûte de lumière au-dessus de l'horizon, cessent de lancer des rayons; ils pâlissent peu à peu, ils s'effacent; une clarté diffuse et vague les remplace et devient elle-même de plus en plus languissante; çà et là quelques taches lumineuses, semblables à de légers nuages, s'étendent et se resserrent alternativement avec une rapidité croissante, comme un cœur qui palpite et précipite ses battements avant de s'arrêter. C'est l'agonie de l'aurore boréale. Bien-

tôt les constellations, noyées dans ce torrent de lumière, reparaissent, reprennent leur morne scintillement, et la nuit polaire pèse de nouveau sur les solitudes glacées de la terre et de l'Océan.

CHAPITRE V.

La flore polaire. — Les forêts fossiles. — L'ancienne faune arctique. — Les mines d'ossements. — Grands mammifères conservés dans la glace.

Dans les dures conditions climatériques que nous venons de décrire, avec de courts étés sans chaleur, traversés par de fréquents retours d'hiver, et de longs hivers continuellement obscurs, excessivement froids, l'indigence de la flore arctique est un fait dont on ne s'étonnera pas. Cette flore existe cependant ; ces contrées ingrates ne sont pas dénuées de toute végétation. Même dans les régions montagneuses, comme le Spitzberg et le Groenland, si en juin ou en juillet on explore les endroits particulièrement favorisés, les îlots de terre épars au milieu des champs de neige, on y découvre des plantes : petites plantes bien humbles, appliquées contre le sol, groupées sur les talus exposés au soleil, blotties dans des fissures, abritées sous des pierres ou au milieu de mousses et de lichens qui protègent leurs racines. On en trouve aussi au pied

des falaises sur lesquelles les oiseaux de mer font leurs nids, là où le guano qui tombe de ces nids engraisse et réchauffe le terrain. Regardez attentivement à vos pieds, baissez-vous et vous reconnaîtrez la renoncule, l'anémone, la saxifrage, le pavot, espèces naines, qui réussissent à fleurir.

Sur certains points, en Norvège par exemple, on rencontre quelques arbres, le bouleau, le sorbier des oiseaux, le pin sylvestre, dont la présence est due sans doute au voisinage du gulf-stream, dont les tièdes vapeurs adoucissent l'atmosphère. Encore ces arbres, fort chétifs, ne dépassent-ils pas le 70e degré de latitude. Au delà il ne pousse plus que deux espèces de saules nains, maigres buissons rampants, qui s'élèvent avec effort, en se tordant au-dessus des mousses humides.

La flore arctique n'est pas seulement chétive, elle est d'une uniformité et d'une monotonie singulière. Presque toutes les plantes du Spitzberg se retrouvent au Groenland (81 espèces phanérogames sur 93). On a aussi constaté l'existence de la plupart d'entre elles dans les îles qui bordent les détroits de Lancastre, de Barrow, de Melville, au nord de l'Amérique septentrionale. On les aperçoit encore par delà le détroit de Behring, sur les côtes plates et désolées de la Sibérie asiatique. Elles forment autour du pôle une couronne bien modeste, si on la compare aux ceintures végétales si riches, si variées qui, aux latitudes plus méridionales, décorent notre globe.

Parmi ces plantes, beaucoup sont vivaces, ce qui les dispense d'accomplir chaque année toute la série de leurs transformations pour perpétuer leur espèce: si elles ne peuvent pas fleurir, elles prennent patience; elles seront peut-être plus heureuses l'an prochain, ou dans deux, dans trois ans. Celles qui ne sont pas vivaces ont l'air de savoir qu'elles n'ont que peu de temps devant elles, et elles agissent en conséquence; elles se dépêchent de vivre. La neige n'est pas encore tout à fait fondue, qu'elles se mettent à germer; vite elles percent le sol et poussent leurs feuilles; en peu de jours elles gonflent leurs boutons, elles épanouissent leurs fleurs et mûrissent leurs fruits, qui tombent juste au moment où les premières neiges de l'automne vont les ensevelir. Le tout se fait en moins de six semaines.

Il fut un temps, bien éloigné du nôtre, où la population végétale de ces contrées était tout autrement florissante. Les arbres abondaient; de grandes forêts couvraient le sol. On distingue clairement, dans cette ancienne époque de prospérité, deux périodes différant beaucoup entre elles. Dans l'une, relativement récente, les bouleaux et les sapins croissaient jusque sur les bords de la mer glaciale. On a trouvé des dépôts de ces arbres le long des rives et même à l'embouchure du Mackensie, dépôts si épais qu'ils forment des collines hautes d'une centaine de pieds : les eaux du fleuve en ont rongé les flancs et ont mis à nu les troncs d'arbres, parfaitement reconnaissables. Des amas pareils, plus

épais encore, ont été découverts dans l'île de Banks; on voit l'extrémité des troncs et des branches saillir hors de l'argile qui les enveloppe. En fouillant dans les entrailles de ces monticules, on a constaté qu'ils étaient tout entiers de formation ligneuse; on y a trouvé un grand nombre de pommes de pin, commençant à se pétrifier. De même en Sibérie, entre la Yana et l'Indighirka, il y a des couches de troncs de bouleaux si riches que les Youkaghirs qui habitent ce pays ne se servent pas d'autre combustible; ils n'ont qu'à recueillir le bois sur les bords des lacs, où il vient de lui-même flotter à la surface de l'eau après être monté du fond. Les immenses marécages glacés qui bordent la côte sibérienne sont également remplis de ces « arbres souterrains du temps d'Adam, » ainsi que les appellent les habitants de cette contrée. Plus au nord encore, dans les îles Liakhoff ou de la Nouvelle Sibérie, situées sous le 75e degré de latitude, il existe des montagnes composées en partie de lits bitumineux de troncs d'arbres jusqu'à une hauteur de 180 pieds. Ainsi, à cette époque, de nombreux massifs forestiers croissaient dans le voisinage du pôle.

Mais l'autre période, qui précéda de beaucoup celle-ci, fut plus prospère encore pour la vie végétale. Son existence et son antiquité nous ont été révélées par la découverte de nombreux et riches dépôts houillers dans des terrains tertiaires, au Spitzberg, en Islande, au Groenland, dans les îles de l'archipel Parry, dans celles de la côte sibérienne,

partout. Alors ce n'étaient pas seulement les sapins et les bouleaux qui formaient les forêts arctiques. L'étude des végétaux fossiles de ces contrées a permis de reconnaître la présence de 128 essences ligneuses, parmi lesquelles figurent quelques-uns des plus grands et des plus beaux arbres du monde, particulièrement le magnifique *Sequioa gigantea* de la Californie. Des pins, qui ne sont nullement inférieurs à leurs frères américains d'aujourd'hui, d'élégants cyprès, analogues à ceux qui vivent maintenant au Japon, ont été découverts. Le groupe des arbres à feuilles caduques n'était pas moins largement et noblement représenté. Sous ces hautes latitudes croissaient des hêtres et des châtaigniers, les égaux des nôtres, des chênes dont on a distingué huit variétés, des peupliers, des platanes et des sycomores, des tilleuls à larges feuilles, des aunes, des tulipiers et des magnolias, enfin des pruniers, des noisetiers, des vignes et plusieurs autres arbrisseaux à tiges souples et grimpantes. On est donc autorisé à se représenter les terres polaires d'autrefois comme ornées de forêts aussi belles que les nôtres, composées d'arbres de formes et de teintes variées, avec des arbustes croissant à l'ombre des futaies et des lianes s'enlaçant autour des troncs, courant de branche en branche.

Comment expliquer une pareille opulence de végétation, qui contraste d'une manière si frappante avec la misère actuelle? On a dit que ces arbres devenus fossiles avaient pu venir de régions plus

méridionales, apportés par les courants de la mer. Mais l'énormité des dépôts qu'ils ont formés, et d'ailleurs la présence de nombreuses empreintes de feuilles, où toutes les dentelures, toutes les nervures, tous les détails les plus délicats sont demeurés intacts, s'opposent à cette conjecture. Il est certain que ces arbres ont vécu là où on retrouve leurs restes. Il faut donc que le climat polaire ait été jadis beaucoup plus chaud qu'il ne l'est aujourd'hui. Quelle est la cause du refroidissement actuel? L'axe de la terre a-t-il dévié de sa direction première? Notre globe était-il à cette époque plus rapproché du soleil, ou celui-ci lui envoyait-il plus de chaleur, ou bien le système solaire tout entier, qui parcourt une orbite d'une incommensurable étendue, traversait-il alors des régions célestes plus chaudes que celles où nous nous trouvons aujourd'hui? Aucune de ces explications n'est solidement fondée.

L'examen du sol n'a pas seulement démontré l'existence d'une ancienne flore arctique bien inattendue; onlui doit une autre révélation non moins surprenante, celle d'une faune absolument différente de celle que nous voyons maintenant.

Le fait est incontestable, il y eut un temps où l'éléphant ou mammouth, le rhinocéros, l'hippopotame habitaient les bords de la mer Glaciale. On a trouvé et l'on trouve encore des restes de ces grands mammifères sur tout le littoral sibérien et, en de certains endroits, ces débris sont en si grand nom-

bre qu'ils semblent avoir été réunis et entassés comme dans un cimetière. Dès les premières explorations faites par les Russes en Sibérie, les défenses de mammouth trouvées le long des mers polaires devinrent un important objet de commerce. Lorsque le marchand Liakhoff, en 1770, découvrit les îles auxquelles on donna son nom, il les trouva tellement jonchées de squelettes brisés et de grandes dents d'ivoire, qu'il les appela *îles aux ossements*. Le sol contenait autant d'os de mammouth que de sable et de glace ; il était entièrement composé de ces trois matières. Liakhoff et ses compagnons y virent aussi des têtes d'une espèce de bison, des andouillers de daim et des cornes de rhinocéros qu'ils prirent pour des griffes d'immenses oiseaux, et si longues qu'ils s'en firent des arcs. Depuis cette époque, les chercheurs d'ossements, les indigènes comme les Russes, ont continué à en emporter chaque été, quand la chaleur a ramolli la gangue gelée qui les contient, sans que la quantité en ait sensiblement diminué. Dans une seule année (en 1821), on a enlevé 20 000 livres d'ivoire fossile dans les îles de la Nouvelle-Sibérie ; quelques-unes de ces dents de mammouth pesaient jusqu'à 480 livres. La côte américaine qui borde le détroit de Behring possède aussi des glaciers remplis de squelettes d'animaux ; les défenses d'éléphant qui s'y trouvent ont longtemps entretenu des relations commerciales entre les Esquimaux et les Tchoutschis de l'Asie.

Une autre découverte encore plus étonnante est celle qui fut faite plusieurs fois, non plus seulement de débris de squelettes, mais d'animaux entiers, avec la peau et la chair, conservés dans la glace pendant des séries de siècles impossibles à évaluer. En 1799, — c'est Cuvier qui raconte le fait, — un pêcheur Tongouse remarqua sur les bords de la mer Glaciale, près de l'embouchure de la Léna, au milieu des glaçons, un bloc informe dont il ne put reconnaître la nature. L'année suivante, il s'aperçut que cette masse était un peu plus dégagée, mais il ne devinait pas encore ce que ce pouvait être. Sur la fin du troisième été, le doute n'était plus possible : le flanc de l'animal et l'une des défenses étaient tout à fait sortis des glaçons. Ce ne fut que la cinquième année que, les glaces ayant fondu plus complètement que de coutume, l'énorme bête vint échouer à la côte sur un banc de sable. Au mois de mars 1804, le pêcheur enleva les défenses, qu'il vendit cinquante roubles.

Ce fut seulement deux ans après, et la septième année de la découverte, qu'un membre de l'Académie de Saint-Pétersbourg, M. Adams, qui se trouvait à Yakoutsk, fut informé de ce fait et se rendit sur les lieux. Il y trouva le corps du mammouth, mais malheureusement fort mutilé. Les Yakoutes du voisinage avaient dépecé les chairs pour nourrir leurs chiens ; les bêtes féroces avaient dévoré le reste. Cependant le squelette était encore entier, à l'exception d'un pied de devant qui avait été em-

Découverte d'un mammouth conservé dans la glace.

porté ; les os étaient retenus par les ligaments et par une partie de la peau. Une des oreilles était presque intacte ; on distinguait encore la prunelle de l'œil ; le cerveau se trouvait dans le crâne, mais desséché. Le cou était garni d'une longue crinière. La peau était couverte de crins noirs et d'une sorte de laine rougeâtre ; ce qui en restait était si lourd que dix hommes eurent beaucoup de peine à le transporter. On retira plus de trente livres pesant de poils et de crins que les ours blancs avaient enfoncés dans le sol humide en dévorant les chairs. L'énorme tête fut pesée aussi ; elle dépassait quatre cents livres. On put retrouver et racheter les défenses ; elles avaient plus de neuf pieds de longueur. Ce curieux échantillon d'une faune disparue a été déposé à l'Académie de Saint-Pétersbourg.

Peu d'années auparavant, la naturaliste Pallas avait découvert dans la même contrée, sur les bords du Vilioui, affluent de la Léna, le corps presque intact d'un rhinocéros. Récemment, en 1866, un autre mammouth, non moins bien conservé, a été trouvé sur les rives de l'Yéniséi.

Les faits que nous venons de rapporter soulèvent dans l'esprit bien des questions sur le mystérieux passé de notre globe. On cherche à se représenter ce qu'étaient les terres boréales, aujourd'hui stériles et désertes, à l'époque où ces troupeaux de grands mammifères y paissaient de riches pâturages et broutaient l'épais feuillage des forêts ; quels cataclysmes subits ou quelles causes lentes, agis-

sant encore actuellement sur la terre, ont fait périr tout entières ces races puissantes ; si l'invasion plus ou moins rapide du froid, ou bien celle, brusque ou progressive, de l'eau ne sont pas ces causes; pourquoi les restes de ces animaux sont réunis et entassés de façon à former d'inépuisables mines d'ossements ; si l'envahissement de la mer ne les aurait pas, quand ils vivaient, peu à peu poussés et rassemblés sur les derniers îlots préservés, ou si, après leur immersion, les courants n'auraient pas balayé et ramassé leurs débris.

Ce qui est certain, c'est que ces pays ont été autrefois complètement recouverts par l'Océan, car on y trouve, dans les couches superficielles du sol, des coquillages marins, même à des hauteurs de quatre et cinq cents pieds au-dessus de la mer. On voit communément de ces coquilles attachées aux ossements fossiles et même incrustées dans leur substance, preuve irrécusable que les uns et les autres ont séjourné ensemble dans les eaux. Fait plus frappant encore, on a découvert sur les falaises de l'île du Prince de Galles et sur celles du Groenland septentrional, dans le canal de Robeson, des os de baleine et même tout un squelette de ce cétacé : ces restes ne peuvent se trouver là que par suite d'un soulèvement du sol qui formait auparavant le lit de la mer. Cet état alternativement terrestre, puis marin, puis encore terrestre de ces contrées, ne nous incline-t-il pas à admettre une oscillation périodique de l'écorce de notre globe,

tour à tour s'enfonçant sous le niveau de l'Océan avec les êtres qu'il nourrit et émergeant des flots pour porter d'autres habitants s'appropriant peu à peu aux conditions nouvelles qu'il leur offre, expansion incessante et incessamment variée, sur notre petite planète, de l'éternelle vie de l'univers?

CHAPITRE VI.

La faune terrestre. — L'ours blanc. — Manière dont il chasse le phoque. — Ses longs jeûnes en hiver. — Navires visités par les ours. — Prudence de ces animaux. — Bravoure de la femelle pour défendre ses petits.

Malgré l'infériorité de la faune actuelle relativement à celle qui animait jadis les régions arctiques, on s'étonne que, dans les conditions si défavorables où elle est placée, elle ne soit pas encore plus pauvre. Les espèces sont en petit nombre, mais cette pénurie est compensée par la quantité des individus qui les représentent. Si nous relevons, dans les relations des navigateurs, la mention qu'ils ne manquent généralement pas de faire de leurs chasses, nous trouvons des chiffres qui nous surprennent. Scoresby constate qu'il a tué dans ses voyages plusieurs centaines de baleines, plusieurs milliers de phoques et plus de quatre-vingts ours blancs. Un chasseur anglais, M. Lamont, qui a séjourné deux étés avec son yack sur les côtes orientales du Spitzberg, a tué en deux mois, avec un ami, deux cents

pièces, ours, rennes, phoques et morses, sans compter les oiseaux. Le docteur Hayes, parmi les victimes faites par lui et par les hommes de son équipage au port Foulke, en plein hiver, dans les circonstances les plus difficiles, signale 74 rennes, plus 30 ou 40 dont on n'a pu s'emparer, et 21 renards. Un des marins qui ont illustré leur nom en se dévouant à la périlleuse entreprise de rechercher les traces de sir John Franklin, sir Mac-Clintock, nous apprend qu'en arrivant à l'île Melville, il se vit entouré d'une quantité incroyable de gibier : ours, rennes, bœufs musqués, renards, lièvres, ptarmigans (espèce de gelinote) semblaient s'être donné rendez-vous sur cette terre déjà désignée par Parry comme une des résidences favorites de la population animale des environs du pôle, et la chasse fournit à l'expédition des ressources inespérées. La saison était alors propice, on était au milieu du mois de mai et les pentes des collines, déjà dégagées de neige, offraient aux herbivores d'attrayants tapis de mousse et de gazon; mais plus tard, pendant l'hivernage, on put prendre encore quatre ours, huit rennes, vingt renards, neuf lièvres, une baleine, près de cent phoques et plus de trois cents oiseaux, sans tenir compte de plusieurs ours et d'un narval, que l'on perdit.

Les animaux que nous venons d'énumérer, l'ours blanc, le renard, le renne, le bœuf musqué, le lièvre, la baleine, le phoque, le morse sont les principaux mammifères dont les noms se retrouvent

invariablement dans les récits des voyageurs; ils sont donc, avec quelques petites espèces telles que l'hermine, le campagnol, le lemming, — et sans parler de la multitude des animaux inférieurs qui pullulent dans les mers, — à peu près les seuls qui habitent l'extrême nord, car les hôtes de ces solitudes, n'ayant jamais fait connaissance avec l'homme et avec ses terribles armes, ne cherchent pas à fuir sa présence.

L'ours blanc est le plus fort et le plus redoutable d'entre eux; il est le roi des quadrupèdes polaires. Triste royauté que la sienne dans de pareils Etats, immenses, mais si pauvres! Il passe sa vie à courir après sa proie, toujours errant dans les plaines de neige, sur les vastes banquises, sur les glaçons flottants qui l'emmènent à travers les mers, à des centaines de milles de tout rivage, ou bien dans l'eau, faisant des lieues à la nage pour passer d'un banc de glace sur un autre ou regagner la terre.

Ce qu'il poursuit ainsi dans ces longs voyages, ce sont surtout les phoques, sa nourriture habituelle. Ces amphibies sont nombreux, mais les atteindre n'est pas chose facile; ils sont sur leurs gardes. Le chasseur est donc obligé de prendre les plus grandes précautions. Dès qu'il aperçoit au loin sur la glace un point noir, qu'il sait être un phoque, il se met à plat ventre et, se poussant seulement avec ses pattes de derrière, il avance presque sans mouvement apparent; il rampe, il glisse ainsi vers sa proie. Le phoque cependant dort, mais à sa

manière, c'est-à-dire à demi ; il fait de petits sommes d'une dizaine de secondes, entre lesquels il lève la tête et inspecte l'horizon. Durant chacun de ces réveils, l'ours s'arrête et demeure immobile. Rien ne révèle sa présence ; il se confond par sa blancheur avec la neige et les glaçons. Quand enfin, par ce procédé de locomotion intermittente, il est arrivé à quelques mètres de sa victime, il fond sur elle et la saisit. — Assez souvent il manque son coup ; le phoque l'a vu et lui échappe en se jetant à la mer.

L'ours, que le besoin a rendu rusé, emploie encore d'autres moyens pour s'emparer de l'amphibie qu'il convoite. Il ne le poursuit pas dans l'eau ; quoique bon nageur, il est bien loin de s'y mouvoir avec la même agilité que lui ; il tâche de l'y surprendre. Il approche lentement en faisant mille détours entre les glaçons, puis, tandis que le phoque nage tranquillement, la tête hors de l'eau pour regarder ce qui se passe, tout à coup il plonge, arrive sur lui et d'un coup de griffe le harponne.

On assure aussi que, dans ses pérégrinations sur les banquises, quand il rencontre et reconnaît au flair la hutte de neige dans laquelle le phoque femelle abrite son petit, l'ours sait fort bien dénicher celui-ci. On l'a vu à l'œuvre : il recule de quelques pas pour prendre son élan, saute et tombe de tout son poids sur le dôme de la tanière, qu'il défonce. En même temps il allonge la patte, explore l'intérieur et saisit le jeune phoque qui s'y trouve.

Ours blancs dévorant un phoque.

On dit encore — le fait est à peine croyable — qu'une fois maître du petit, il s'avise quelquefois de se servir de lui comme d'appât pour attirer la mère : tenant le jeune phoque par ses nageoires inférieures, il le plonge dans le trou de glace qui est percé dans le plancher et fait communiquer la chambre de neige avec la mer. Quand la femelle arrive inquiète, il retire doucement le jeune à lui; elle avance à mesure qu'il recule, elle le suit, elle se montre à l'orifice du trou; alors l'ours lance son autre patte et le tour est joué : les deux phoques sont pris.

Malgré toute la peine qu'il se donne et l'adresse qu'il déploie, l'ours polaire fait souvent maigre chère, surtout pendant l'hiver, saison où les phoques viennent seulement respirer un moment par les fissures de la glace et restent cachés dans l'eau, sous l'épais plafond de cristal qui les protège. Alors le sort de l'ours est tout à fait misérable. Il erre sans cesse, à la recherche d'une proie qu'il ne trouve pas, au milieu d'une nature glacée, morte, ténébreuse, battu par les tempêtes de neige, foulant un sol perfide qui se brise sous ses pieds et dont les fragments s'entassent autour et au-dessus de lui, menaçant de l'écraser. C'est durant ce temps de famine qu'il s'approche des navires, dont son odorat, extraordinairement subtil, lui annonce de fort loin la présence, non pas pour attaquer l'homme, devant lequel il fuit ordinairement, mais dans l'espoir d'attraper quelque bonne aubaine. L'odeur de

la cuisine, le fumet d'un morceau de lard que l'on fait griller, l'attire de plusieurs lieues. On le voit venir, le museau en l'air, flairant le rôti. Dès lors il ne quitte plus les environs du bâtiment, autour duquel il rôde sans cesse, et il est bien difficile de soustraire à sa rapacité les provisions que, durant les hivernages, on dépose souvent sur la glace, en plein air ou sous des abris. Tout ce qu'il peut atteindre, il le mange ou essaie de le manger, même ce qui ressemble le moins à un aliment : la bougie, le tabac, le café en poudre, la toile à voiles. On a beau enfermer ces dépôts sous des tas de pierres, sous de gros quartiers de roche que l'on ne peut remuer qu'à l'aide de pics et de leviers, il vient à bout de démolir ces constructions cyclopéennes, d'en disperser les matériaux et de s'emparer de tout ce qu'on croyait y avoir mis en sûreté.

Le docteur Kane raconte qu'une de ces cachettes, bâtie avec une solidité exceptionnelle par lui et ses compagnons en 1854, près du glacier de Humboldt, fut complètement pillée par les ours. « Pas une bouchée de vivres n'y était restée, à l'exception de ce qui était contenu dans des boîtes de fer, qui, par leurs formes rondes et leur extrémité conique, défiaient dents et griffes. Les ours avaient éparpillé ces boîtes dans toutes les directions, après les avoir pressées dans leurs grosses pattes, roulées comme des pelotes, en dépit de leur poids d'environ quatre-vingts livres. Un tonneau d'alcool, fortement cerclé de fer, avait été réduit en petits fragments,

et une boîte à liqueurs en étain triturée, contournée en boule. Les griffes des ours avaient percé et coupé le métal comme aurait pu le faire un ciseau à froid. » Tout ce qui était à peu près mangeable avait été dévoré par eux ; ils avaient fait leurs délices du café moulu ; de la vieille toile leur avait paru une friandise ; un drapeau qui surmontait la construction avait été rongé jusqu'au bâton. Un épais tissu enduit de caoutchouc n'avait pu être avalé, mais avait été lacéré et peletonné en un amas de nœuds inextricables. Aux alentours, la neige était pétrie par d'énormes pattes, et toute feutrée de poils blancs.

L'excuse de ces pillards, c'est leur misère, qui est extrême et qui les fait prendre en pitié. Quelquefois ils meurent littéralement de faim. Le docteur Copeland, de la *Germania*, raconte qu'un jour il trouva, pour tout aliment, dans l'estomac d'un des ours blancs qui, pendant plusieurs mois, n'avaient cessé de guetter le navire et semblaient avoir entrepris d'en faire le siège, un morceau de flanelle jeté au rebut par le tailleur. Beaucoup de ces pauvres animaux, que l'on tua, avaient la panse absolument vide ; d'autres n'avaient dîné qu'avec de l'eau ou avec des herbes marines, pauvre régime pour ces grands carnassiers, hauts de cinq pieds, longs de huit, pesant jusqu'à mille livres, pourvus de formidables canines, et dont le froid polaire doit encore aiguiser l'appétit.

Quoiqu'ils pâtissent, ils vivent pourtant et la

pénurie à laquelle ils sont condamnés pendant une partie de l'année ne les empêche pas de se multiplier. Scoresby rapporte qu'il vit une fois, sur une côte du Groenland, une troupe d'environ cent individus, dont vingt purent être tués. On est confondu en lisant la relation de Gérard de Veer, compagnon du célèbre navigateur hollandais Willem Barentz, de voir par quelle quantité d'ours blancs les voyageurs furent inquiétés sur la côte septentrionale de la Nouvelle Zemble, où ils hivernèrent en 1596 dans une cabane en planches construite sur la glace à proximité de leur navire. Voici un extrait abrégé d'un passage de cette curieuse relation : « Le 9 septembre, deux ours vinrent tout près du navire; nous fîmes sonner les trompettes et tirâmes des coups d'arquebuse sur eux; ils se sont enfuis. — Le 15, il vint trois ours, dont l'un demeura derrière un grand glaçon, et les deux autres s'avancèrent vers le navire. Sur la glace il y avait un cuvier avec de la chair. Or l'un des ours mit la tête dans le cuvier pour en tirer une pièce de chair; il fut arquebusé à la tête et tomba tout raide mort. L'autre se dressa sur ses pattes de derrière pour se jeter sur nous, mais l'un des nôtres déchargea son arquebuse et le tira au ventre, de manière qu'il se remit sur ses quatre pattes et s'enfuit avec un grand cri. — Le 28, un ours vint près du navire, mais en nous apercevant il s'enfuit. — Le 29, apparurent trois ours entre le navire et la maison, un vieux et deux jeunes. Ils vinrent tout droit vers

Navire se défendant contre des ours blancs.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

nous, nous ne voulûmes point leur faire place, et nous criâmes bien haut; les ours prirent la fuite, ce qui ne nous déplut pas. — Le 10 octobre, il advint qu'un des nôtres alla hors du navire en terre et tomba à l'improviste près d'un ours qui fut presque sur lui avant qu'il s'en aperçût. Il retourna vivement vers le navire en criant d'un air effroyable : « A l'ours ! à l'ours ! » L'animal s'en alla incontinent. — Le 11, comme nous étions occupés à tirer notre vin hors du navire, un ours, qui était couché derrière un gros glaçon, vint vers nous ; nous lui envoyâmes un trait d'arquebuse et il s'enfuit. — Le 16, un ours était entré dans le navire, mais, à l'aube du jour, il partit quand il aperçut les gens. — Le 18, nous vîmes derechef un ours. — Le 19, il n'y avait au navire que deux hommes et un jeune garçon. Alors il vint un ours qui voulut de force entrer dans le navire. Bien que les deux hommes lui jetassent des pièces de bois, il vint hardiment vers eux. Mais quelques-uns de nos compagnons, qui allaient de la maison vers le navire, lui firent présent d'un coup de mousquet, et alors il s'enfuit. — Le 25, nous tirions un traîneau vers la maison, quand trois ours arrivèrent derrière nous. Incontinent nous courûmes vers le navire et nous y arrivâmes sains et saufs. Comme nous n'avions que deux hallebardes et que nous n'osions beaucoup nous fier à ces armes, nous tînmes les ours en bride en leur jetant des pièces de bois et autres choses, après lesquelles ils coururent chaque

fois, comme le chien après la pierre qu'on lui jette. Puis, comme ils venaient hardiment vers nous, nous avons jeté la hallebarde droit sur le museau de l'un deux, qui, se sentant atteint, s'est retiré et s'en est allé au loin. Les deux qui étaient plus petits, voyant cela, se sont aussi retirés et nous avons loué Dieu de nous avoir délivrés. » Et le naïf récit continue ainsi, enregistrant presque chaque jour la visite d'un ou de plusieurs ours.

On voit par ces faits que la hardiesse de l'ours a des limites et que souvent une blessure, des coups ou même des menaces, de simples cris, suffisent pour le décider à battre en retraite. Cependant il n'est pas dépourvu de courage ; on a vu des ours se retourner avec fureur sur ceux qui les attaquaient, saisir dans leur gueule la lance ou le fusil dirigés contre eux et les couper avec leurs dents, ou bien arracher ces armes des mains qui les tenaient. Le lieutenant Bellot rapporte qu'un ours frappé de neuf balles, dont plusieurs avaient pénétré dans la tête, et qui en outre avait une jambe cassée, chargea les chasseurs avec une telle impétuosité qu'ils durent prendre la fuite et achever l'animal de loin à coups de fusil. Quelquefois même, quand la faim le presse, il attaque le premier. L'équipage de la *Germania* fut exposé à plus d'un danger de ce genre durant l'hiver qu'il passa en 1870 dans l'île Sabine, sur la côte orientale du Groenland. Un jour, un de ses matelots, se promenant seul sur un glacier à quelque distance du navire, se vit suivi par

un ours d'une taille gigantesque; n'ayant pas d'armes, il reprit en ligne droite le chemin du bâtiment; l'animal s'attacha à ses pas ; quand l'homme s'arrêtait, la bête faisait halte de son côté ; prenait-il sa course, elle courait du même train ; décidée à en finir, elle précipitait son allure ; le matelot croyait déjà sentir sur sa nuque la chaude haleine du monstre; une idée lui vint, il jeta derrière lui ses vêtements un à un, casquette, veste, gilet ; l'ours en effet perdit du temps à les flairer, à les mettre en lambeaux; mais bientôt lassé de ce jeu, il regagna le terrain perdu et il allait saisir sa victime quand, aux cris de détresse du malheureux, ses camarades accoururent en armes ; un instant plus tard, il était perdu. Une autre fois, l'un des savants de l'expédition, le docteur Börgen, fut assailli par un ours, renversé, traîné par la main, par ses habits, à travers les aspérités de la glace, sur un espace de plus de trois cents pas ; il était déjà criblé de blessures, il eût été certainement dévoré, sans l'arrivée de plusieurs hommes de l'équipage qui, par une vive fusillade, mirent l'animal en fuite.

On voit par ces exemples, qui d'ailleurs sont assez rares, que l'ours blanc, même dans ses moments de plus grande audace, même sa proie entre les dents, ne perd jamais le sentiment de sa conservation; il aime mieux renoncer à sa colère, garder sa faim que d'exposer sa vie. Ce carnassier n'est pas en réalité une bête féroce ; il semble que les

glaces du pôle aient engourdi ses instincts et refroidi son sang. Le lion en Afrique, le tigre dans l'Inde sont bien autrement redoutables.

Il est cependant un cas, un seul, où cet animal réfléchi et circonspect oublie toute prudence, combat avec un acharnement invincible et sacrifie sa vie. C'est lorsqu'il s'agit de défendre ses petits. Ce beau courage est le propre de la femelle. Presque tous les navigateurs ont eu l'occasion de le constater et en ont été frappés, quelquefois attendris. Les compagnons du docteur Kane, dans une expédition en traîneau sur la mer glacée, virent leurs chiens s'élancer tout d'un coup et attaquer une ourse accompagnée de son petit. Comme celui-ci n'était pas en état de courir aussi vite qu'elle, la mère ne songea pas à fuir ; elle fit face à la meute furieuse. Tantôt elle s'asseyait sur ses hanches, tenant l'ourson entre ses pattes de derrière, poussant des rugissements qui s'entendaient à plus d'un mille, ouvrant une gueule formidable et lançant de tous côtés des coups de griffe en faisant le moulinet avec ses pattes de devant ; tantôt, le cou allongé, elle s'élançait sur le chien le plus à sa portée, sans jamais s'éloigner de plus de quelques pieds de son petit, dans la crainte que les autres chiens ne se précipitassent sur lui. Jamais bête aux abois n'exprima plus complètement l'angoisse, la détresse. Cette pénible lutte dura longtemps ; on y mit fin par un coup de fusil ; l'ourse, visée à bout portant, voyant la mort en face, ne recula pas ; elle périt sur la place.

Le docteur Hayes fut témoin d'une scène non moins dramatique. C'étaient aussi une ourse et son ourson poursuivis par une troupe de chiens. La mer était proche ; l'ourse aurait pu facilement l'atteindre et se sauver à la nage, mais il aurait fallu abandonner son petit, qui trottait pesamment auprès d'elle, et elle ne le voulait pas. « C'était pitié d'entendre les cris déchirants de la pauvre mère. Désespérée, elle comprenait parfaitement le péril, mais ne pouvait se résoudre à fuir sans sa progéniture. La peur et l'amour maternel dirigeaient tour à tour tous ses mouvements. Elle s'élançait vers la mer, où était son salut, puis aussitôt retournait en arrière auprès du petit animal, qu'elle poussait de son museau comme pour l'aider et l'encourager. » Quand les chiens arrivèrent près d'elle en bondissant et en poussant des aboiements féroces, elle s'arrêta et bravement leur tint tête; elle avait compris que la fuite était désormais impossible; son petit, fou d'épouvante, tournait autour d'elle, se jetait dans ses jambes pour s'y réfugier. Le combat fut terrible. Vingt chiens assaillirent l'ourse à la fois, les plus hardis lui sautant à la gorge, les autres la mordant par derrière ; plusieurs fois elle leur fit lâcher prise ; deux ou trois furent lancés hors de la mêlée et roulèrent au loin sur la neige en hurlant. Elle défendait en même temps son petit, qui était déjà couvert de blessures et paraissait exténué ; elle tâchait de le ramener sous elle pour l'abriter. Deux coups de carabine tirés par les hommes qui étaient

accourus au secours de leurs chiens, puis trois autres coups atteignirent la courageuse mère et la jetèrent sur le flanc, sans terminer la bataille. Elle se releva avec un redoublement de rage, culbuta encore une fois et mit en déroute les assaillants, mais la mort de l'ourson, qui, à demi étranglé, couvert de plaies, s'affaissa à ses pieds, s'empara de toute son attention. En le voyant couché par terre, immobile, elle oublia tout, ses propres blessures, le danger qu'elle courait, la meute qui, revenue à la charge, la déchirait sans relâche, et elle se mit à lécher son petit avec une tendresse passionnée ; elle ne voulait pas croire qu'il fût mort et elle cherchait à le relever ; elle le caressait comme pour l'encourager à combattre encore. Enfin, comprenant qu'elle ne pouvait plus rien pour lui, elle se remit à se battre pour elle-même. Un chasseur esquimau s'avançait avec un épieu ; elle secoua violemment la grappe de chiens suspendue à son corps et s'élança sur lui ; il dut s'enfuir ; elle le poursuivit et elle allait l'atteindre, quand une nouvelle décharge la foudroya et l'étendit sur la neige, que ce long carnage avait toute rougie de sang.

CHAPITRE VII.

Les renards arctiques. — Leur effronterie. — Mauvais tours qu'ils jouent aux voyageurs. — Les rennes. — Migration des grands troupeaux de rennes sauvages. — Les rennes domestiques des Lapons et des Sibériens. — Les bœufs musqués. — Innombrables colonies d'oiseaux.

Les renards arctiques sont encore plus nombreux que les ours. Ils sont répandus sur toutes les terres polaires de l'ancien et du nouveau monde, îles ou continents. Par la forme, ils ressemblent à ceux que nous connaissons, mais leur taille est notablement plus petite. Leur couleur varie selon les saisons ; en été, ils sont d'un brun roux, d'un gris sale ; ils se confondent avec le sol et les rochers ; l'hiver, ils deviennent blancs comme la neige ; d'autres sont blancs avec la queue noire, d'autres d'un bleu ardoisé.

Leur sort est encore plus malheureux que celui des ours blancs. Comme ceux-ci, ils sont carnassiers, mais ils n'ont que l'appétit sanguinaire, ils n'ont ni la force ni les armes pour le contenter. Les phoques, si abondants, ne sont pas une res-

source pour eux ; ils les voient, ils les regardent d'un œil de convoitise, et ils sont obligés de les respecter. En été, ils trouvent sans peine à se nourrir ; ils ont les lemmings, les hermines ; ils ont surtout les nombreuses troupes d'oiseaux de mer, qui leur fournissent des œufs à profusion, et souvent avec les œufs ils enlèvent les couveuses. Mais quand vient l'hiver, le vide se fait autour d'eux et tout leur manque. A peine happent-ils de temps en temps un lièvre engourdi qui se laisse surprendre, ou bien une gélinote blottie sous la neige. Un de leurs expédients est de suivre de loin les ours blancs, comme les chacals suivent les lions, pour profiter des restes de leurs repas. Souvent ils sont réduits à se contenter de ce que la marée leur jette à travers les fissures des banquises, c'est-à-dire de petits crustacés, de quelques coquillages ou même d'herbes marines.

Quand un navire est arrêté quelque part, emprisonné dans les glaces, les renards ne l'ignorent pas longtemps, ils accourent et ne quittent plus les environs du bâtiment. On les voit rôder de tous côtés en sautillant, fureter partout et, le nez au vent, humer l'odeur de la cuisine. Ils s'emparent de tous les débris qu'on jette. Lorsque les hommes de l'équipage vont en excursion, les renards ne manquent pas de les accompagner ; ils suivent les traîneaux, ils tournent autour des tentes et quelquefois même s'y introduisent. Leur effronterie est extrême ; ils s'avancent tout près de vous et vous

regardent en face en poussant un petit aboiement ; si l'on tire sur eux, ils s'éloignent, mais à regret et en retournant à chaque instant la tête ; ils ne s'en vont pas loin et bientôt ils reviendront.

Tous les voyageurs ont eu à souffrir des importunités de ces animaux. MM. Vogt et Borna, dans l'île Jan Mayen, furent obligés de défendre contre eux non seulement leurs vivres, mais leurs vêtements. Quand Behring fit naufrage sur les côtes du détroit qui porte son nom, les renards bleus venaient ronger la semelle des bottes des hommes endormis. Dans les mêmes parages, le navigateur Steller fut, ainsi que ses compagnons, perpétuellement en lutte avec ces audacieux larrons. « Les tours qu'ils nous jouaient, dit-il, dépassaient en rouerie ceux dont des singes seraient capables. Le jour comme la nuit, ils pénétraient dans nos habitations et y volaient des sacs, des souliers, des bas, tout jusqu'à des couteaux et des bâtons. Ils enlevaient de dessus nos tonneaux de provisions des poids de plusieurs livres et y dérobaient des morceaux de viande avec une telle adresse qu'au commencement nous ne songions pas à les accuser de ces larcins. Quand nous dépouillions un animal, ils venaient nous arracher la chair des mains et nous en tuions toujours plusieurs à coups de couteau. Enfouissions-nous quelque pièce de gibier, même profondément et en la recouvrant de grosses pierres, ils la déterraient après avoir repoussé les pierres en s'aidant les uns les autres ; la mettions-nous sur une pyramide

élevée, ils minaient la pyramide en dessous et la renversaient, ou bien l'un d'eux y grimpait comme un chat et jetait en bas ce que nous avions cru mettre ainsi à l'abri de leurs atteintes. Ils observaient toutes nos actions; ils nous accompagnaient partout. La mer rejetait-elle quelque animal, ils l'avaient dévoré avant que les plus prompts d'entre nous eussent eu le temps d'arriver; s'ils ne pouvaient tout manger, ils emportaient le reste à nos yeux et allaient l'enterrer au loin, sur la montagne. La nuit, tandis que nous dormions, ils nous enlevaient nos bonnets, nos gants, les peaux qui nous servaient de couvertures; nous nous couchions sur les castors que nous avions tués, pour qu'ils ne pussent pas nous les voler, et ils venaient néanmoins, sous nos corps, leur dévorer les entrailles. Enfin ils ne nous laissaient de repos ni jour ni nuit, et cela nous exaspéra tellement que nous les massacrions tous, jeunes et vieux. Nous n'avions qu'à leur tendre d'une main un morceau de viande, ils accouraient, et de l'autre main nous leur donnions un coup de hache; ou bien nous nous tenions à côté d'un cadavre de phoque en faisant semblant de ne pas les voir, ils se mettaient à manger et nous les assommions avec nos bâtons. Pendant tout mon séjour, j'en ai bien abattu deux cents à moi seul. Le troisième jour après mon arrivée, j'en tuai en trois heures plus de 70, dont les peaux servirent à garnir le toit de notre cabane. »

C'est la faim qui donne tant d'audace à ces ani-

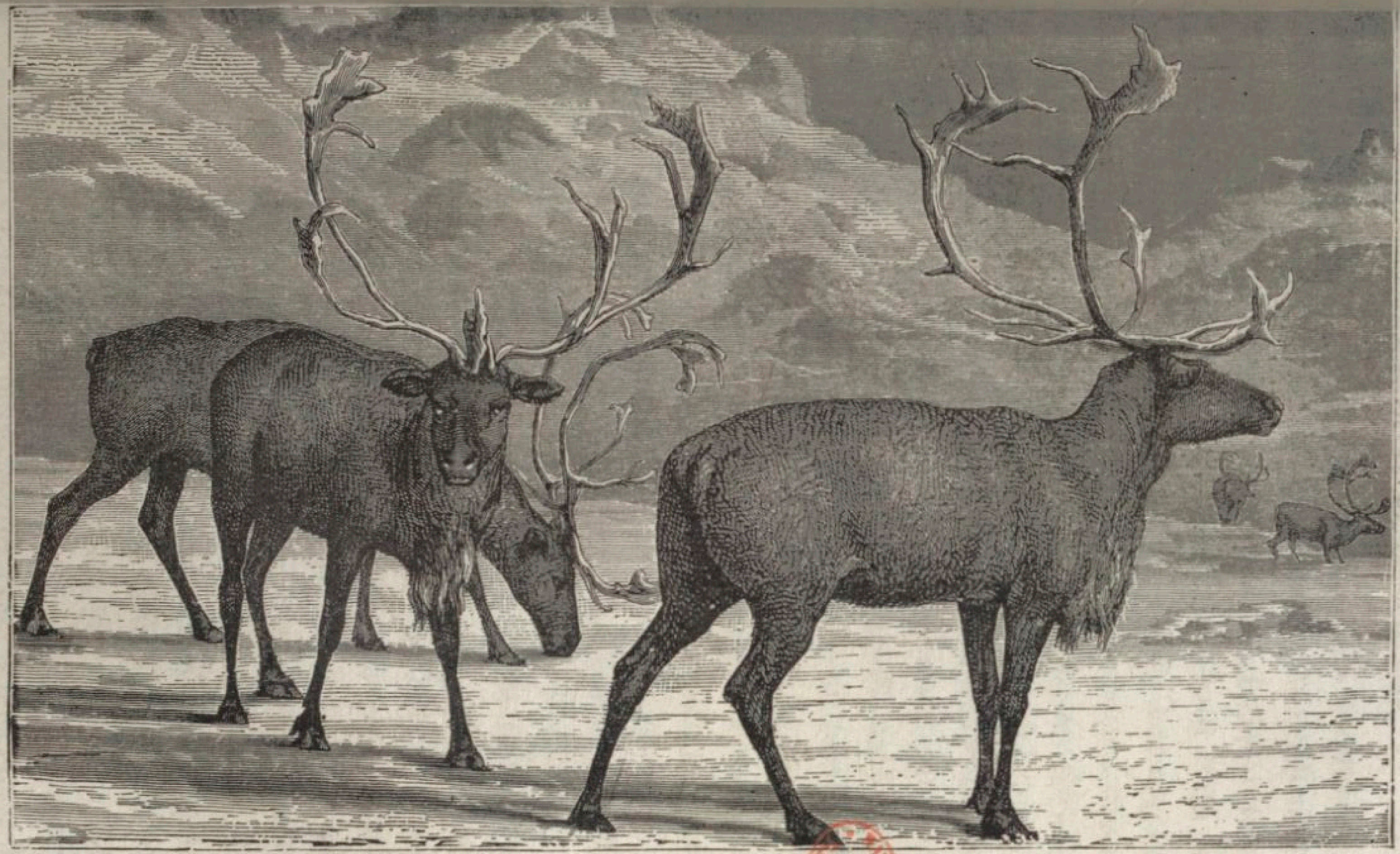
maux, naturellement sauvages et timides, une faim telle que parfois ils en meurent. Il n'est pas rare de trouver sur la glace des cadavres de renards, d'une excessive maigreur, n'ayant littéralement que la peau et les os; c'est évidemment à l'inanition que les pauvres bêtes ont succombé. « Comment se fait-il, s'écrie dans son journal le lieutenant Bellot, ému de pitié en présence de ces cadavres, comment se fait-il que ces êtres soient ainsi abandonnés sans ressources par la nature? »

Les animaux herbivores sont moins à plaindre; si les herbages qui les nourrissent sont pauvres, composés en grande partie de mousses et de lichens, en revanche ils sont vastes, ils occupent d'immenses étendues. Les rennes et les bœufs musqués sont les seuls grands herbivores que l'on rencontre à ces hautes latitudes. Les premiers se trouvent partout, en Laponie, en Russie, en Sibérie, en Amérique, au Groenland, même au Spitzberg et en Islande, où, paraît-il, ils ont été importés et sont redevenus sauvages; ils font tout le tour des terres polaires.

En Sibérie et en Amérique, les rennes forment de grands troupeaux qui errent dans des pâturages sans limite et qui émigrent régulièrement deux fois par an pour changer de résidence. A l'approche de l'automne, ils quittent les bords de l'Océan glacial pour gagner la lisière de la région boisée qui borne au sud les Toundras en Sibérie et les Landes stériles en Amérique. Au printemps, vers la fin de mai, quand

le soleil dessèche leurs herbages et que des nuées de moustiques les criblent de piqûres, ils retournent vers le nord, ils vont retrouver les tapis de mousse et de lichen du littoral. Ils accomplissent ces longs voyages en suivant à peu près les mêmes chemins, par troupes de deux à trois cents individus, qui ne s'écartent guère les unes des autres. L'ensemble de ces bandes forme une armée de 10 000, de 20 000 et même de 100 000 rennes. On assure qu'ils adoptent un certain ordre de marche : les mâles se divisent en deux corps, dont l'un se place en tête, l'autre à l'arrière ; les femelles occupent le centre. Les ours et les loups des contrées qu'ils traversent ne manquent pas de les escorter à distance, et ils se jettent sur les imprudents qui sortent des rangs ou sur les traînards. Les renards suivent de loin et glanent les débris abandonnés par les autres bêtes fauves. On voit des aigles et divers oiseaux de proie planer au-dessus du troupeau dans l'espoir d'avoir part au butin. Quand une rivière se trouve sur le passage des voyageurs, ils choisissent un endroit où les deux rives sont plates et ils traversent à la nage, pressés les uns contre les autres : toutes ces têtes, surmontées de grands bois ramifiés, produisent au-dessus de l'eau l'étrange effet d'une forêt qui marche.

Les rennes sont pour tous les habitants de l'extrême nord une ressource indispensable. Les uns, — plusieurs peuplades sibériennes et toutes les tribus indiennes de l'Amérique du nord, — ne voient en



Rennes sauvages.

R.F.

eux qu'un gibier, qu'ils chassent pour sa chair, sa peau et ses cornes : ils attaquent les rennes au moment où ces animaux passent les rivières ; cachés derrière les rochers ou les buissons de la rive, ils se jettent dans leurs canots, cernent la bande, lui barrent le chemin et frappent de tous côtés dans la masse avec leurs longues piques. Les autres hyperboréens, Lapons, Finnois, Samoyèdes, Ostiaques, Tongouses, Koriaques, Tchoutschis, ont fait du renne un animal domestique ; il est à lui seul pour eux ce que sont pour nous le cheval, le bœuf, la vache ; ils l'attellent à leurs traîneaux, se nourrissent de sa chair et recueillent le lait de la femelle.

Mais le renne n'a pas la docilité de nos animaux domestiques ; il reste toujours à demi sauvage. Le Lapon qui mène paître son troupeau de quatre ou cinq cents têtes, ne jouit pas du sort paisible et facile de nos bergers. On ne sait trop si c'est lui qui conduit ses bêtes, ou si celles-ci ne vont pas à leur guise, suivies de leur maître. Sans ses chiens, il ne pourrait venir à bout de les rassembler. Tous ces animaux, dont la taille, exhaussée par leurs bois majestueux, égale celle du cerf de nos forêts, qui s'avancent tumultueusement et qui font entendre en marchant, par le jeu des articulations des jambes, un bruit étrange comparable au crépitement sonore de la grêle sur les vitres ou à celui de milliers d'étincelles électriques, ont l'air à la fois farouche et craintif. Tous les soirs, il faut réunir le troupeau dans un parc formé avec des troncs de

bouleaux, du moins les adultes ; les jeunes peuvent être laissés en dehors de l'enceinte. Quand ils sont ainsi enfermés, on n'est pas encore maître d'eux. Pour traire les femelles, on est obligé de s'emparer d'elles au moyen d'un *lasso*, longue courroie qu'on leur lance de loin de façon à enlacer leurs cornes ; elles ont beau résister, se débattre, on les attire de force, souvent jusqu'à les renverser, puis on leur lie la bouche par un nœud coulant et on les attache à un pieu.

Comme animal de trait, le renne n'est pas plus docile. Il s'élance impétueusement, emportant à sa suite sur la neige le traîneau auquel il est attelé, faisant jusqu'à 120 kilomètres en un jour, franchissant les obstacles plutôt que de les tourner, n'obéissant pas toujours à la main qui s'efforce de le diriger, continuant à courir même quand le traîneau vient à chavirer, et quelquefois, si son conducteur le presse trop ou le contrarie, se retournant et fondant avec fureur sur lui pour le frapper de ses cornes ou de ses pieds de devant.

Certains Sibériens, les Tongouses, les Koriaques, les Tchoutschis, ont cependant réussi à apprivoiser plus complètement le renne. Le lieutenant Palander, commandant de la *Véga*, de l'expédition du professeur Nordenskiold, raconte qu'il a vu un chef Tchoutschis passer la revue de son troupeau. En tête marchait un vieux renne à grandes cornes qui s'approcha de son maître et lui souhaita le bonjour en lui frottant son nez contre les mains. Les autres

Tongouse conduisant un attelage de rennes.

se tenaient immobiles, en rang, attendant leur tour. Le propriétaire passa devant eux, permettant à chacun de lui faire la même caresse, tandis qu'il le prenait par les cornes et l'inspectait minutieusement. Cette revue terminée, le troupeau entier fit un demi-tour au signal du maître et retourna en ordre, le vieux renne marchant le premier, au pâturage de la veille. Évidemment ce n'était pas là le sauvage grossier exerçant avec rudesse son pouvoir sur les animaux ; il régnait une véritable bienveillance entre ce Tchoutschis et ses rennes.

Les Tongouses n'ont pas seulement habitué le renne à porter ou à traîner des fardeaux ; ils montent les mâles les plus vigoureux. Ils se tiennent à cheval, les jambes relevées, sur une selle plate, carrée, sans étriers, placée fort en avant sur les épaules de l'animal. Le cavalier se sert de son arc comme de point d'appui pour sauter en selle. Une longue courroie, attachée à la tête du renne, sert de bride ; elle permet de l'empêcher de s'échapper, si l'on tombe, et de lui laisser une certaine liberté, si l'on descend pour le faire paître.

Enfin les Koriaques ont su, paraît-il, dresser le renne à la chasse des animaux de sa propre espèce, comme dans l'Inde on y dresse l'éléphant. Un consul français, attaché comme interprète à l'expédition de La Pérouse, de Lesseps, qui est revenu du Kamtschatka en France en traversant le nord de la Sibérie, rapporte que, dans les troupeaux de rennes des peuplades Koriaques, il y a toujours trois ou

quatre individus élevés spécialement pour la chasse. « L'instinct de cet animal est inconcevable, dit-il. Il chasse en paissant. Rencontre-t-il un renne sauvage, aussitôt, sans donner aucun signe de surprise ni de joie, il imite en broutant la marche et toutes les habitudes de celui-ci, qui souvent s'approche de lui sans se douter du piège. Bientôt on les voit jouer ensemble ; leurs bois s'entrelacent, ils se quittent, se reprennent, se fuient et se poursuivent tour à tour. Dans ces courses folâtres, le renne privé sait attirer peu à peu sa proie à la portée du chasseur. » On peut même, avec un renne bien dressé, s'emparer de l'animal en vie : il suffit de suspendre aux cornes du premier un lacet, qu'en jouant il passe dans celles de son adversaire. Plus le captif fait d'efforts pour se débarrasser, plus les nœuds se serrent et plus l'autre tire à soi, ce qui donne à son maître le temps d'arriver. — Le narrateur ajoute que parfois aussi le renne sauvage se méfie de la ruse et se soustrait au danger par la fuite.

Les bœufs musqués ne forment pas, comme les rennes, de nombreux troupeaux. Il y a un siècle, les explorateurs les rencontraient sur le continent américain, entre la baie d'Hudson et le fleuve des Mines de cuivre, par bandes de plusieurs centaines d'individus. On ne les voit plus aujourd'hui, dans les mêmes contrées et dans les îles de l'archipel Parry, qu'isolés ou tout au plus au nombre de huit ou dix ensemble. Très bas sur leurs courtes

jambes, enveloppés d'une robe de longs poils tombant presque jusqu'à terre, le museau court, le front armé d'énormes cornes se recourbant d'abord en bas pour se relever en pointes aiguës, ils sont, malgré leur lourde apparence, aussi agiles que robustes ; ils grimpent et même sautent de rochers en rochers comme des chèvres ; mais accoutumés à la sécurité de leurs paisibles solitudes, ils ne se défient pas de l'homme et s'exposent aveuglément à ses coups. Le célèbre navigateur Mac Clintock a raconté qu'à l'île Melville, il aperçut une bande de huit bœufs musqués ; ils le laissèrent approcher à une distance de cent pas sans songer à fuir ; ils le regardaient d'un air curieux et étonné ; enfin, pour toute défense, ils se rangèrent en demi-cercle, la tête baissée ; leurs cornes recourbées et pointues, dirigées en avant, s'alignaient comme ces files de crochets de fer qui hérissent la devanture d'une boutique de boucher. Mac Clintock, qui était armé d'une carabine, coucha tranquillement en joue le plus beau taureau de la troupe et fit feu ; la bête tomba mortellement blessée. Les autres bœufs, comme s'ils ne comprenaient rien à ce qui venait de se passer, gardèrent quelque temps encore leur ordre de bataille, puis, sans faire aucune attention à leur compagnon expirant, ils se remirent à chercher leur pâture en grattant le sol avec leurs cornes. Il eût été facile d'abattre ainsi les huit bœufs, l'un après l'autre. Un autre voyageur rapporte qu'un bœuf musqué, frappé d'une balle au front, sur le

dur bourrelet horizontal formé par la base des cornes, ne se dérangea nullement et continua de paître. Ni la détonation ni le coup ne l'avaient inquiété. La balle fut retrouvée par terre, complètement aplatie.

Ces inoffensifs animaux, détruits par l'homme, peut-être aussi par l'envahissement progressif des glaces, qui rétrécissent leurs pâturages, deviennent de plus en plus rares. Leur race, dont les représentants les plus nombreux se sont réfugiés dans l'extrême nord de la côte occidentale du Groenland — même au delà du 81e degré de latitude, — est condamnée à disparaître de la surface de la terre.

Les oiseaux occupent une place très considérable dans la faune arctique. Ils appartiennent à un assez petit nombre d'espèces, — faisant partie, pour la plupart, de la grande famille des palmipèdes; — mais dans ces contrées où la mer, bordant et envahissant de tous côtés les terres, leur offre une nourriture inépuisable, et où les îles désertes, les écueils, les rivages rocheux leur fournissent des demeures sûres, ils se multiplient avec une abondance extraordinaire. Ils n'y passent que la saison d'été; ils y pondent, couvent et élèvent leurs petits; puis, quand arrive l'hiver avec l'obscurité et les glaces, tous, mouettes, lummes, guillemots, cormorans, pingouins, macareux, hirondelles de mer, canards eiders, fuient le voisinage du pôle et vont chercher vers le sud des régions plus hospitalières.

M. Charles Martins, dans son voyage au Spitzberg,

Chasse aux guillemots

a pu observer, à l'île Loppen, près de la côte norvégienne, et plus au nord, sur les rivages de l'île de l'Ours, ces innombrables colonies d'oiseaux : « Les escarpements des rochers, formés d'assises superposées les unes derrière les autres, semblables aux galeries d'une salle de spectacle, sont couverts de femelles accroupies sur leurs œufs, la tête tournée vers la mer, aussi nombreuses, aussi serrées que des spectateurs un jour de première représentation. Devant le rocher, les mâles forment un nuage d'oiseaux volant au-dessus de la mer et plongeant pour chercher les petits crustacés qui sont la principale nourriture des couveuses. Décrire le bruit, les cris, l'agitation, le tourbillonnement de ces milliers d'oiseaux de taille, de couleur, d'allure, de voix si diverses, est complètement impossible. Le chasseur étourdi, ahuri, ne sait où tirer dans ce tourbillon vivant; il est incapable de distinguer et encore moins de suivre l'oiseau qu'il veut ajuster. De guerre lasse, il tire au milieu du nuage; le coup part ; alors le scandale est au comble; des nuées d'oiseaux, perchés sur les rochers, ou nageant dans l'eau, s'envolent à leur tour et se mêlent aux autres; une immense clameur discordante s'élève dans les cieux; loin de se dissiper, le nuage tourbillonne encore plus ; les cormorans, immobiles auparavant sur les rochers à fleur d'eau, s'agitent bruyamment ; les hirondelles de mer volent en cercle au-dessus de la tête du chasseur et le frappent de l'aile. Toutes ces familles diverses, réunies pacifi-

quement sur un rocher isolé au milieu des vagues de l'Océan glacial, semblent reprocher à l'homme de venir troubler jusqu'au bout du monde la grande œuvre de la nature, celle de la reproduction des espèces animales. »

Un spectacle pareil s'offrit aux yeux du docteur Hayes, tandis qu'il longeait par mer la côte occidentale du Groenland. Il se trouvait à un kilomètre environ du rivage, terminé par une haute falaise, quand il aperçut de nombreuses bandes d'oiseaux s'ébattant confusément à la surface de la mer et qui, à l'approche du navire, s'enlevèrent lourdement en battant des ailes. Un murmure étrange, semblable à celui d'une chute d'eau lointaine, remplissait l'espace. Bientôt le bruit augmenta et devint si fort que les navigateurs, tout en élevant la voix, avaient peine à s'entendre. Cet assourdissant tapage provenait des battements d'ailes et des cris perçants d'une multitude d'oiseaux perchés sur toute la hauteur de la falaise ou volant aux alentours. Chacune des saillies de la roche, large de quelques pouces ou de plusieurs pieds, longue ou courte, horizontale ou inclinée, était occupée par des lummes ou guillemots à gros bec, plantés droit sur la partie postérieure de leur corps, serrés les uns contre les autres. « D'un peu loin, dit le docteur Hayes, ils rappelaient, à s'y méprendre, des soldats en tunique blanche et képi noir, épaule contre épaule, en ordre pour une revue. » Sur les assises inférieures de la falaise, on pouvait aisément

les compter ; plus haut, on en voyait encore les lignes ; vers le sommet, on ne distinguait plus rien. A leur posture, à leur immobilité, on devinait que c'étaient des femelles, couvant chacune leur œuf unique. Plusieurs coups de fusil furent tirés à la fois et il tomba à la mer une pluie d'oiseaux. Au bruit de la décharge, il s'opéra un véritable changement à vue. Tous les guillemots prirent leur vol avec fracas ; on croyait entendre mugir un ouragan. Ils étaient si nombreux qu'en passant au-dessus du navire, ils jetèrent sur lui une ombre comme celle d'un nuage épais. Une partie des œufs, abandonnés précipitamment, roulèrent et, en se brisant, rayèrent le rocher de longues traînées blanches et jaunes. Les oiseaux étaient allés, à quelques centaines de mètres, s'abattre sur la mer ; la surface de l'eau en était toute noire. Mais les couveuses n'oublièrent pas leurs œufs qui, délaissés trop longtemps, se seraient refroidis ; elles regagnèrent bientôt leur poste, se disputant, se battant avec force coups de bec et coups d'ailes, pour reconquérir chacune leur place et leur bien. L'ordre et la paix peu à peu se rétablirent à tous les étages de la falaise, qui reprit son premier aspect.

CHAPITRE VIII.

La faune marine. — Les baleines. — Vengeance d'un cachalot. — Les phoques. — Morses attaquant une chaloupe. — Dévouement maternel et conjugal chez les morses.

Les mers arctiques, malgré leur basse température, malgré les glaces flottantes qui les encombrent même en été, ont aussi leurs habitants, dont plusieurs espèces, tant par leur taille que par leur nombre, tiennent le premier rang dans la faune marine : ce sont les baleines, les phoques et les morses. La présence de ces animaux, qui, pour leur malheur, constituent un objet de commerce, a attiré, depuis le commencement du dix-septième siècle, en dépit de difficultés et de périls extrêmes, des milliers de navires. Les Hollandais, les Anglais, les Norvégiens ont exploité annuellement, pendant plus de deux siècles, les alentours du Spitzberg, le détroit de Davis et la mer de Baffin, où les baleines abondaient. Poursuivies de retraite en retraite par des bâtiments toujours plus hardis et mieux construits pour affronter les glaces, elles

sont devenues beaucoup plus rares. On voit, en lisant le récit de l'expédition de Ross en 1818, qu'un seul navire, le *Bon Accord*, rencontra encore dans la mer de Baffin et tua cinq baleines en un jour, et, ajoute le narrateur, s'il y avait eu vingt bâtiments pêcheurs dans ces parages, chacun d'eux aurait pu en tuer autant, car la mer en était toute couverte. D'aussi heureuses chances ne se présentent plus aujourd'hui aux baleiniers, à qui pourtant leur dangereuse industrie procure encore d'assez importants bénéfices. En 1874, la flotte baleinière de Dundee, composée de dix navires à vapeur, — réduits à neuf par la perte de l'un d'eux, — prit dans la mer de Baffin, ainsi que dans les détroits et les bassins des îles américaines, 174 baleines, — environ 19 en moyenne par navire, — produisant 1290 tonnes d'huile et 66 tonnes et demie d'os, — c'est-à-dire une valeur de 2187 750 francs.

C'est un imposant spectacle que celui d'une baleine nageant à la surface de la mer. On n'aperçoit jamais à la fois la totalité de son corps, qui atteint jusqu'à vingt et même trente mètres de longueur. On ne le voit que par parties, qui apparaissent successivement. Le reste forme sous l'eau verte et transparente une tache noire, que l'on prendrait, si elle n'était mobile, pour un écueil sous-marin. D'abord la tête sort de l'eau, pareille à la proue d'un navire cuirassé. Aussitôt jaillissent des évents deux gerbes blanches qui s'élèvent

à trois ou quatre mètres et qui rappellent les jets d'eau de nos jardins publics; c'est la double colonne d'air mêlé de vapeur d'eau que le cétacé expulse de ses vastes poumons. Ces panaches, d'un blanc nacré, s'évanouissent peu à peu dans l'espace comme une fumée. Puis la tête s'enfonce dans la mer et le dos émerge à son tour par un mouvement de bascule ou plutôt de rotation : on dirait une énorme roue tournant avec lenteur dans les flots. Enfin la queue surgit, elle se dresse verticalement, s'agite dans l'air et s'abîme sous les vagues. L'animal a disparu tout entier, en laissant sur la mer de grandes ondulations concentriques qui s'étendent au loin. Mais, au bout d'une minute environ, la baleine reparaît et recommence la même manœuvre. Elle la répète sept ou huit fois de suite; puis, sa provision d'air étant renouvelée, elle plonge et descend dans les profondeurs de la mer. C'est seulement au bout de trente-cinq, de quarante minutes qu'elle reviendra respirer au-dessus de l'eau.

Quelquefois on la voit rester longtemps dans les couches supérieures de l'Océan, par exemple lorsqu'elle a la bonne fortune de rencontrer un de ces bancs de petits crustacés qui teignent les eaux d'un rouge vif, et qui, épais de plusieurs mètres, ont parfois vingt et vingt-cinq lieues de long sur quatre ou cinq de large. Alors la baleine se promène lentement à travers ce plantureux pâturage, ouvrant et refermant sa vaste gueule, engloutissant d'une

bouchée des millions d'animalcules, retenus dans la spacieuse cage grillée formée par les fanons et dont le réseau serré ne laisse échapper que l'eau. Elle va et vient, tourne et retourne, elle se baigne, se vautre voluptueusement dans cet inépuisable festin; puis, repue, elle s'endort et se laisse nonchalamment bercer par les vagues.

Il y a un moment, celui des noces, — dans les mois d'avril et de mai, — où la baleine sort de sa gravité habituelle; elle s'anime, elle s'égaye, elle devient folâtre. Tantôt elle se couche sur le côté, puis sur le dos, et se bat les flancs de ses nageoires pectorales; tantôt elle se dresse verticalement jusqu'à mi-corps au-dessus des flots et, tout à coup faisant la culbute, elle se tient toute droite la tête en bas, la queue en l'air; ou bien elle s'élance, par un saut de carpe, tout entière hors de l'eau et y retombe avec un fracas de tonnerre, en produisant un remous qui se fait sentir à une grande distance. Ces jeux, ces extravagances attirent l'attention d'autres baleines qui accourent et en font autant, prises de la même frénésie. Elles sont le plus souvent au nombre de huit ou dix, quelquefois de quarante et cinquante. Dans les beaux jours de la pêche baleinière, on en voyait des bandes de deux cents individus. Elles font en soufflant et en se démenant un tapage comparable aux détonations de l'artillerie dans une bataille. On a comparé l'ensemble des jets de vapeur d'eau qu'elles lancent aux cheminées fumantes d'une ville manufactu-

rière. Mais bientôt la troupe se disperse ; les couples se sont formés et chacun d'eux s'en va de son côté dans les immenses solitudes de l'Océan. Dix-huit mois après, en automne, on rencontrera, dans les baies tranquilles et peu profondes, la femelle devenue mère accompagnée de son nouveau-né, ce dernier long de six mètres, gros de trois, du poids de cinq à six mille kilogrammes, frétillant autour d'elle, cherchant à saisir sa mamelle, qu'elle fait émerger en se penchant sur le côté et où il suce le lait — trois barils chaque fois, dit-on, — qui, pendant les six premières semaines, sera sa seule nourriture.

L'homme vient, avec ses navires, avec son audace, avec ses armes, jeter le trouble et la mort parmi ces colosses pacifiques. La baleine est d'humeur débonnaire ; elle ne songe pas à attaquer, ni même à se défendre; elle ne se défie pas de ce pygmée dans sa coquille de noix, que d'un seul coup de queue elle mettrait en pièces, et elle le laisse approcher. Tout à coup un harpon aigu la frappe et s'enfonce dans sa chair. Elle fuit sous les eaux, mais l'amarre attachée à son flanc s'allonge autant que sa course et la suit. Bientôt il faut qu'elle reparaisse pour respirer; le fer d'une lance la perce encore ; de quelque côté qu'elle aille, elle est frappée ; son corps, criblé de blessures, perd tout son sang ; la mer écumeuse dans laquelle elle se débat se tache de larges flaques rouges. Enfin les tressaillements de l'agonie l'agitent une dernière fois et bientôt la monstrueuse bête gît inerte,

enchaînée contre le flanc du navire baleinier, où les pêcheurs la dépècent à coups de hache, la taillad-dent en spirale d'un bout à l'autre, en la faisant tourner sur elle-même, comme un fruit que l'on pèle, tandis que les oiseaux et les requins disputent aux hommes et se disputent entre eux des lambeaux de sa chair.

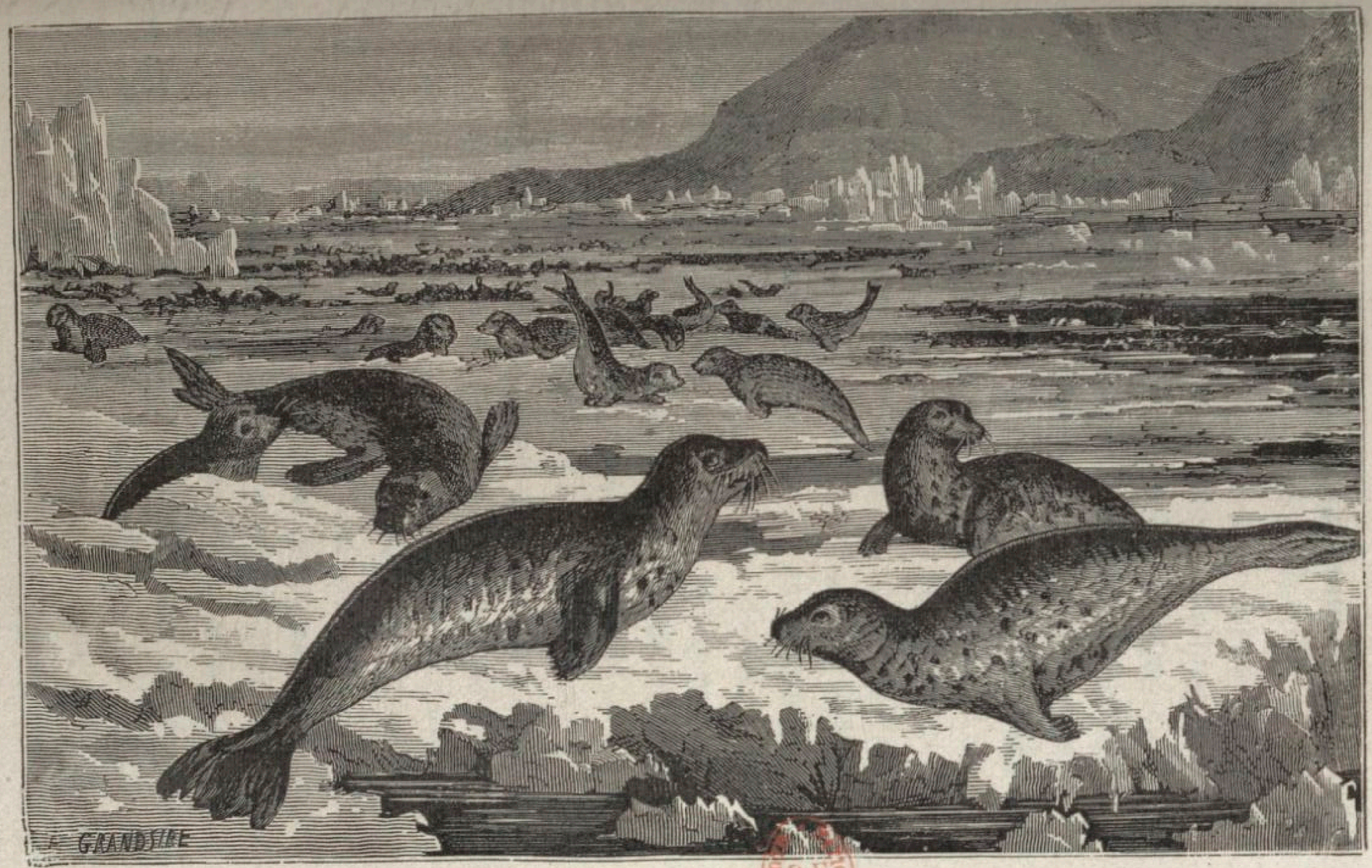
Cette pêche, ou plutôt cette boucherie serait hideuse, si les hommes qui s'y livrent ne déployaient un courage qu'il est impossible de ne pas admirer. Ils y jouent leur vie. Quelquefois la baleine blessée fuit si rapidement et à une telle profondeur, que la chaloupe serait entraînée sous l'eau si l'on ne coupait à temps l'amarre. Ou bien un coup de queue du puissant animal renverse l'embarcation ; s'il atteint un des matelots, il l'écrase ou lui emporte un membre. Le danger est plus grand encore si l'on a affaire au rorqual, plus hardi que la baleine franche, et surtout au cachalot. Celui-ci a la mâchoire garnie de dents et il s'en sert. Son instinct ne le pousse pas à attaquer, mais il est capable d'entrer en fureur et de se venger d'un ennemi. On l'a vu plus d'une fois, au moment où il venait d'être harponné, se lancer sur la pirogue d'où le coup était parti et la couper en deux entre ses mâchoires. Si les matelots ne sont pas sur leurs gardes, ils sont perdus ; mais le plus souvent ils se jettent à la mer avant d'être atteints et gagnent à la nage les autres chaloupes.

Un voyageur, qui fut témoin d'une aventure de

ce genre, M. Nougaret, en a publié le récit. C'était au mois de septembre 1865, entre l'île Jan Mayen et la côte orientale du Groënland, sur un baleinier danois. La vigie signala la présence d'un cachalot, reconnaissable à son souffle unique et penché. Aussitôt on lança quatre pirogues, qui cernèrent l'endroit où l'on supposait que l'animal viendrait de nouveau respirer. Il parut, en effet, et souffla ; le jet de vapeur était si volumineux que, chassé par le vent sur l'une des chaloupes, il l'enveloppa comme d'un nuage. Le harponneur de cette chaloupe, se croyant à portée, envoya son arme, qui toucha, mais ne pénétra pas. Au même moment le cachalot fit un effroyable soubresaut, et une clameur de détresse partit de la pirogue. L'animal s'était abattu sur elle et l'avait saisie par le milieu dans ses terribles mâchoires : on avait vu les deux extrémités de l'embarcation se rapprocher brusquement en l'air. L'officier de pêche, assis à l'arrière, fut projeté au loin dans les flots, tandis que le harponneur, placé à l'avant, alla retomber sur le museau même du monstre. Les autres matelots s'étaient d'eux-mêmes précipités dans la mer. Aucun d'eux ne fut noyé ni blessé. Quelques instants après, ils étaient tous recueillis par deux autres pirogues et ils avaient repris tout leur sang-froid ; ils ne se désolaient que d'avoir manqué une si belle prise. Leurs regrets ne furent pas de longue durée ; ils entendirent bientôt les cris de triomphe des hommes de la quatrième pirogue, qui

avaient continué à poursuivre le cachalot et qui avaient réussi à s'en emparer.

Les phoques et les morses habitent en troupes innombrables les mers arctiques, où des myriades de poissons, de crustacés, de mollusques leur fournissent une nourriture inépuisable, et où en même temps une multitude de rivages déserts, d'îlots, d'écueils, de banquises, leur offrent des lieux de repos; car ces animaux, bien différents des cétacés, passent une grande partie de leur vie à terre. On s'étonne qu'ils puissent y prendre pied et s'y mouvoir, en voyant leur conformation singulière, leurs membres antérieurs réduits à de courts moignons, les postérieurs dirigés en arrière comme une double queue et incapables de supporter le corps; cependant, tout estropiés qu'ils paraissent, manchots et culs-de-jatte à la fois, ils y parviennent; ils se hissent avec leurs petits bras et en s'aidant de leur tête, ils se cramponnent comme ils peuvent aux aspérités du rocher ou du glaçon, ils rampent, se traînent ou, s'ils sont pressés, sautillent par petits bonds, avec une gaucherie, avec des efforts et des contorsions qui font pitié; tandis que dans l'eau ils glissent, ils coulent, ils plongent, ils remontent, ils serpentent en tous sens avec autant de grâce que d'agilité. Il est vrai qu'une fois installés sur la terre ferme, ils ne remuent plus guère; ils restent étalés pendant des heures entières au soleil, les pattes de devant rapprochées ou bien pendantes des deux côtés du corps, plongés dans une torpeur



Phoques.

béate, ne faisant d'autre mouvement que celui d'ouvrir à demi les yeux et de relever un peu la tête pour observer ce qui se passe autour d'eux.

Les phoques sont tout à fait inoffensifs. Ils vivent en paix entre eux, réunis en plus ou moins grand nombre, — souvent plusieurs centaines, — sur une même banquise. On dit qu'ils y sont groupés par familles, et que chacune de ces familles considère la place qu'elle a l'habitude d'occuper comme sa propriété ; si quelque étranger, trouvant l'endroit à son goût, s'avise de vouloir s'y établir, cette tentative est regardée comme une violation de domicile, comme une insulte, et l'intrus est assailli par le chef de la famille offensée, mordu, bousculé, rejeté à la mer. Mais ces querelles sont rares ; en général, chacun se tient sur son domaine et respecte celui de ses voisins.

Quand les phoques sont attaqués, — ils le sont par l'ours blanc, comme nous l'avons vu, et par l'homme, — ils ne se défendent que par la fuite. Les Esquimaux qui se nourrissent de leur chair, s'éclairent et se chauffent avec leur graisse, les pêcheurs qui viennent de loin charger leurs navires de l'huile et des peaux de ces animaux, n'ont pas de lutte dangereuse à soutenir contre eux ; il ne s'agit que de les surprendre à terre ou sur la glace et de les tuer à coups de lance, ou même de les assommer avec des bâtons. Ce n'est pas là une chasse ; c'est un massacre, ce sont des scènes d'abattoir. En 1871, la pêche des phoques occu-

pait 33 navires de Tromsoe et 24 d'Hammerfest. En 1874, pendant les mois de février et de mars, la flotte de Dundee et de Peterhead, sur le bord de la vaste banquise qui s'étend de l'île Jan Mayen vers le nord-est, a recueilli 577 tonnes d'huile, valant plus de 500 000 francs, et environ 800 000 fr. de peaux, fournies par 46 250 phoques.

Les morses, avec leur grande taille, qui atteint quatre et cinq mètres, leur monstrueuse grosseur, leur muffle épaté, renflé, hérissé de moustaches raides semblables à des dards de porc-épic et armé de deux défenses recourbées longues de deux pieds, ont l'air beaucoup plus redoutable que les phoques, et ils le sont en effet. Quand ils se trouvent sur une banquise et que, se voyant menacés, ils regagnent précipitamment la mer, leur poids est tel que souvent le plancher de glace se rompt sous eux et sous les pieds des pêcheurs qui les poursuivent; blessés, ils deviennent furieux, ils frappent aveuglément de côté et d'autre avec leurs dents jusqu'à briser les armes et les faire tomber des mains de leurs agresseurs. Lorsqu'ils sont dans l'eau, ils deviennent si audacieux qu'ils s'élancent sur les chaloupes et cherchent à les percer de coups de dents ou à les faire chavirer soit en pesant sur le bord, soit en se glissant sous la quille.

Le docteur Hayes, qui, malgré le témoignage de plus d'un voyageur, ne croyait pas que les morses pussent être à craindre, déclare qu'il a dû changer d'opinion après avoir été témoin et acteur dans

l'aventure suivante : Il se trouvait sur un promontoire glacé du Groënland, baigné par le détroit de Smith, quand il vit s'avancer une banquise, amenée par la marée et sur laquelle étaient rassemblés des morses, poussant de rauques beuglements. « Ils faisaient songer aux troupeaux du vieux Protée. Tous les glaçons en étaient chargés, aussi loin que la vue pouvait s'étendre. On les aurait comptés par centaines et par milliers. » Hayes se hâta de retourner à son navire et de faire appel à quelques hommes de bonne volonté. Aussitôt une baleinière munie d'un harpon, de lignes et de plusieurs carabines fut traînée sur la glace et lancée à la mer. « Deux ou trois douzaines de morses étaient couchés sur le glaçon vers lequel l'embarcation se dirigeait; ils le couvraient presque en entier. Pêle-mêle les uns contre les autres, étendus au soleil, ou s'étirant et se roulant paresseusement, comme pour exposer à ses rayons toutes les parties de leur lourde masse, ils ressemblaient à des pourceaux gigantesques, se vautrant avec délices. » Parmi eux on remarquait deux mâles adultes, longs d'au moins seize pieds, gros comme des muids, qui sortaient de temps en temps de leur sommeil pour se quereller ; ils s'accrochaient par leurs défenses comme pour se déchirer la face, mais avec nonchalance et apparemment sans se faire grand mal, car ils retombaient bientôt endormis.

Quand on fut arrivé à peu de distance de leur radeau de glace, les morses, qui jusqu'alors n'a-

vaient manifesté aucune crainte, prirent l'alarme; mais on ne leur laissa pas le temps de se jeter à la mer. Tandis que le harponneur se tenait à l'avant du bateau, prêt à lancer son fer, Hayes et deux de ses compagnons, armés de carabines, firent feu sur eux. Les deux mâles, que l'on avait particulièrement visés, furent touchés ; l'un d'eux, atteint d'une balle dans la tête, poussa un rugissement terrible; pendant qu'il roulait dans la mer en soulevant des flots d'écume, le harpon, lancé avec vigueur, s'enfonça dans son dos.

Le troupeau tout entier plongea dans la profondeur des eaux, en même temps que la ligne filait avec une effrayante rapidité. Mais bientôt la corde cessa de se dérouler, puis commença à se détendre : l'animal qui y était attaché remontait. Il ne remonta pas seul ; tous les autres reparurent en même temps sur l'eau, à une cinquantaine de mètres de la chaloupe ; ils entouraient le morse blessé. Le harponneur tirait de toutes ses forces sur la ligne, il amenait peu à peu sa capture, et toute la bande se dirigeait vers le canot. « Alors commença une scène impossible à décrire. Tous les morses poussaient avec ensemble le même cri sauvage ; l'air retentissait de voix rauques qui se répondaient. Le *heuk*, *heuk*, *heuk* des taureaux atteints semblait trouver partout des échos et passait de glaces en glaces comme le clairon des batailles se répétant d'escadron en escadron. De chaque radeau flottant, des troupeaux effarés se précipitaient dans les

Morses attaquant une chaloupe.

ondes. Leur tête monstrueuse au-dessus des eaux, la gueule toute grande ouverte, vomissant sans relâche leur lugubre clameur, ils s'avançaient de toute la vitesse de leurs nageoires. »

En quelques minutes la chaloupe fut entièrement cernée par les morses, dont le nombre s'accroissait avec une rapidité prodigieuse; la surface de la mer en était couverte. Aucun doute n'était plus possible, ils allaient attaquer le canot; il n'y avait pas un instant à perdre, il fallait se défendre. Les marins engagèrent donc la bataille. L'un d'eux saisit une lance et en frappa le premier assaillant; ceux qui avaient des carabines tiraient sans discontinuer avec toute la célérité possible; les autres assénaient çà et là des coups de gaffe et d'aviron. Plusieurs bêtes énormes furent frappées au moment où, s'élançant hors de l'eau, elles allaient s'abattre sur le bord de l'embarcation et la faire chavirer. Celles qui étaient tuées net coulaient immédiatement au fond de l'eau comme de lourdes pierres. Les blessés se débattaient dans les flots tout rougis de leur sang.

Ce fut la mort de l'un des plus gros qui parut mettre fin au combat. Les morses se découragèrent tout à coup et plongèrent tous à la fois. Ils reparurent, mais plus loin, et ils avaient tous la tête tournée vers la haute mer. Les noirs bataillons battirent en retraite avec une telle vitesse qu'au bout de quelques instants on les perdit de vue; les horribles beuglements qu'ils avaient continué à pous-

ser en fuyant s'affaiblissaient progressivement et cessèrent bientôt de se faire entendre. Le docteur Hayes déclare que ses compagnons et lui durent leur salut au sang-froid et à l'énergie qu'ils déployèrent ; un seul moment d'hésitation les eût perdus ; le canot eût été mis en pièces, l'équipage noyé.

Une anecdote rapportée par le même navigateur nous montre que, si une sorte d'instinct social existe chez les morses et les porte à se secourir les uns les autres, les liens de famille y ont encore plus de force et rendent ces animaux bien dignes d'intérêt. Hayes désirait se procurer un jeune morse pour sa collection. D'un coup de fusil il en tua un parmi plusieurs de ces amphibies qu'il surprit sur une plage rocheuse. « Toute la bande s'empressa de disparaître sous les eaux, dit le narrateur, mais la mère ne parut quitter le rivage qu'avec la plus grande répugnance, et quand, revenue à la surface et se tournant vers la terre, elle vit son petit gisant encore sur le rocher, quand elle s'aperçut qu'il ne répondait pas à son cri d'appel, elle s'élança frénétiquement au-devant du danger ; en ma présence, en face de moi, elle se traîna hors de l'eau en gémissant douloureusement, elle rampa autour du corps de ma victime et le poussa vers la mer. J'essayai de l'effrayer, je tirai même sur elle, mais quoique grièvement blessée, elle réussit à cacher son petit sous sa poitrine et plongea avec lui dans les flots. » Le narrateur ajoute qu'il n'avait jamais

vu chez aucun animal un exemple aussi touchant de dévouement maternel.

Une autre fois ce fut un mâle dont le courageux attachement pour sa femelle étonna les matelots d'une chaloupe faisant partie de l'expédition de Parry. Cette femelle ayant été tuée par eux, le mâle qui l'accompagnait ne voulut pas l'abandonner ; il continua de lutter comme pour protéger son cadavre. Quoique atteint lui-même de plusieurs balles, portant trois lances enfoncées dans son corps, et percé d'un coup de baïonnette chaque fois qu'il approchait du canot, il ne s'en jetait pas moins sur la proue de l'embarcation pour la démolir avec ses crocs, et il parvint même à en traverser plusieurs planches. Il ne succomba qu'après plus de dix minutes d'un combat acharné.

CHAPITRE IX.

Les peuples hyperboréens. — Les Esquimaux. — Leur costume. — Leurs tentes et leurs maisons de neige. — Un intérieur esquimau. — Habitations des Sibériens et des Lapons.

Les habitants des pays situés au delà du cercle polaire, placés dans des conditions presque identiques, devaient avoir et ont en effet à peu près les mêmes mœurs. Relégués dans leurs tristes déserts, que les autres peuples ne sont pas tentés de leur disputer, ils restent isolés, livrés à eux-mêmes, libres, mais sauvages. Le sol se refusant à toute culture, la chasse et la pêche sont leur seul moyen d'existence, leur unique industrie : de là une vie nomade, des habitations temporaires que l'on emporte avec soi ou que l'on construit sur place en quelques instants, aucun gouvernement constitué, aucune organisation politique, une société réduite au groupement d'un certain nombre de familles juxtaposées plutôt qu'unies par des intérêts communs, par des services mutuels, c'est-à-dire point de société.

De toutes les races dispersées sur le pourtour des mers polaires, la plus répandue est celle des Esquimaux. C'est elle aussi qui a atteint les latitudes les plus reculées. On rencontre les Esquimaux

Type esquimau.

d'un bout à l'autre de l'immense littoral de l'Amérique du Nord, depuis la baie d'Hudson jusqu'au détroit de Behring, et de l'autre côté de ce détroit, en Asie, sur le territoire des Tchoutschis. On les trouve aussi dans les îles de l'archipel Parry et sur

la côte du Groënland, au delà du 75e degré, et tout récemment des traces irrécusables de leur passage ont été reconnues, encore beaucoup plus près du pôle, sur la terre de Grant, à six milles seulement

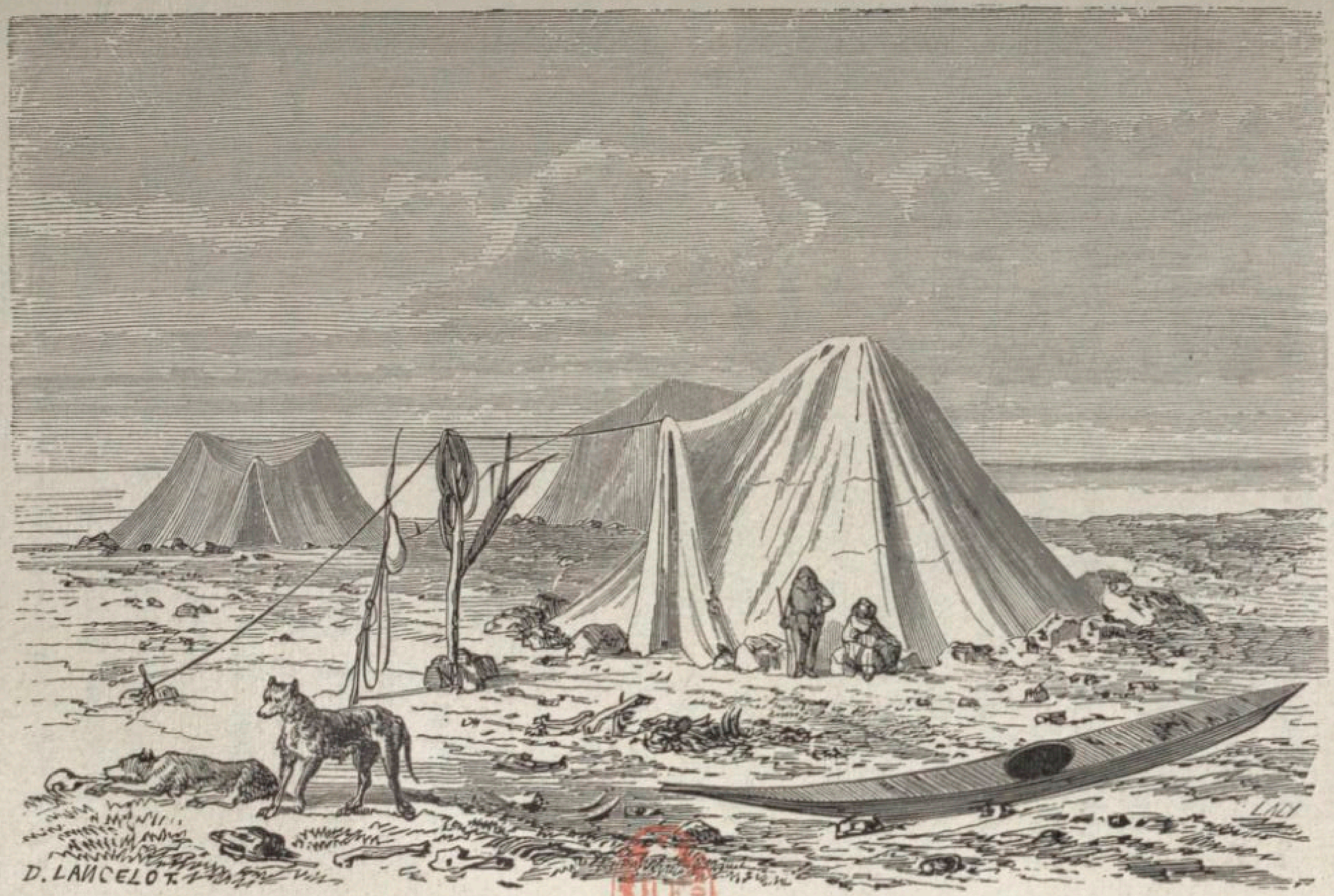
Un jeune esquimau.

au-dessous du 82e parallèle. Les Esquimaux sont les hyperboréens par excellence.

Ces hommes, pour qui la nature a si peu fait, inspirent au premier abord un sentiment de répul-

sion. Ils ont une grosse tête, un visage large, aplati et même creusé à la racine du nez, des pommettes saillantes, de petits yeux noirs, une grande bouche laissant voir des dents qui, à force de servir à racler et à couper des peaux, à tirer sur des courroies, sont tout usées, des cheveux raides et peu abondants, pendants chez les hommes, relevés en chignon chez les femmes, peu ou point de barbe.

Leur costume ne leur donne pas de grâce. Il est à peu près le même pour les deux sexes. Il consiste en un sarrau à manches et à capuchon et en culottes descendant au-dessous du genou. De grandes bottes et des gants enveloppent les jambes et les mains. Le tout est en peau de phoque et de renne. Le sarrau des femmes est orné par derrière d'une queue qui pend presque jusqu'à terre, et quelquefois soutaché de bandes de peaux de diverses couleurs. Certaines de ces femmes poussent l'élégance plus loin. L'une d'elles, dont le navigateur Hall a décrit le costume, avait autour du cou une garniture de grosses perles de verre enfilées, disposées en pendants ; il y avait quatre-vingts de ces pendants, rouges, bleus, noirs et blancs. Sur le devant du vêtement étaient cousues des soucoupes, des cuillers à bouche et de petites cuillers à café en métal anglais. La queue était ornée d'une bordure de balles de plomb coniques. Il va sans dire que les divers objets qui composaient cet accoutrement grotesque provenaient de la libéralité de quelque équipage.



Tentes d'été des Esquimaux.

Dans un grand nombre de tribus, rencontrées à l'île Winter et sur la terre de Boothia, les femmes croient ajouter à leurs agréments naturels en se tatouant le visage, la poitrine ou les jambes de dessins assez compliqués. Cette opération se fait au moyen d'un nerf de renne fin comme un fil, enduit de noir de fumée et d'huile et passé dans l'épaisseur de la peau. Le fil traverse seulement, la matière noire reste. Les figures que l'on veut représenter sont préalablement tracées avec un pinceau composé d'un brin de fanon de baleine. Quand les piqûres de la peau sont cicatrisées, le tatouage paraît d'un bleu foncé.

D'autres peuplades, qui habitent la côte nord-ouest de l'Amérique, ont imaginé de s'embellir en s'introduisant un instrument qu'ils nomment *botoque* dans la lèvre inférieure, percée dès l'enfance pour le recevoir. Cet instrument est un morceau d'ivoire, d'os ou de pierre muni d'une double tête comme un bouton de chemise. On voit même les raffinés, il s'en trouve partout, outrer la mode et porter deux autres bijoux du même genre, mais plus petits, au-dessous des coins de la bouche.

Les habitations des Esquimaux sont des plus élémentaires. Les castors se logent aussi bien, si ce n'est mieux. Ces abris diffèrent toutefois selon la saison. En été, ce sont des tentes formées de peaux cousues ensemble et soutenues par des perches. Là où le bois manque, les perches sont remplacées par des os de cétacés. Les demeures d'hiver

ne sont pas partout les mêmes. Ici ce sont des cabanes bâties avec des pierres et de la terre et à demi enfoncées dans le sol; des traverses horizontales, recouvertes de mottes de gazon, en forment la toiture; on les prendrait pour de petits tertres naturels, entaillés verticalement sur les côtés. Là les huttes sont construites avec des ossements de baleines, de narvals, de phoques, crépis d'argile et de mousse.

Ailleurs, notamment sur la côte septentrionale de l'Amérique et dans les îles voisines, les Esquimaux n'emploient d'autres matériaux que la neige et la glace : ils creusent, dans l'épaisse couche de glace qui couvre le sol, une cavité de dix à quinze pieds de diamètre, puis ils façonnent des espèces de grandes briques de neige durcie, avec lesquelles ils élèvent un mur circulaire autour de la cavité et un toit voûté. Ils forment ainsi une chambre ronde qui, au centre, n'a pas plus de sept pieds de hauteur et qui ressemble exactement à un four de boulangerie. Les interstices des différentes pièces de l'édifice sont bouchés avec de la neige fraîche qui gèle immédiatement, et le tout forme un seul bloc très solide. Une tablette de glace d'environ deux pieds de diamètre, encadrée dans le plafond, laisse pénétrer un peu de jour, comme à travers un verre dépoli. Deux hommes, l'un préparant les moellons de neige et l'autre les mettant en place, suffisent pour bâtir une de ces huttes en moins de deux heures. La porte par laquelle on y pénètre n'est pas

Huttes d'hiver des Esquimaux.

apparente; elle est cachée sous terre; on y arrive par un couloir cintré, étroit, haut de trois pieds au plus, percé sous la neige et dans lequel on chemine en se traînant sur les mains et sur les genoux. Ce couloir souterrain a quelquefois vingt-cinq et trente pieds de longueur.

Enfin, dans certaines circonstances, en voyage par exemple, les Esquimaux se logent à moins de frais encore. Ils se contentent d'un véritable trou de taupe, d'un terrier creusé en quelques minutes dans un amas de neige formé par les vents contre un talus ou dans une dépression du sol. Un voyageur a été témoin de la confection d'une de ces tanières : l'Esquimau commence par fouir verticalement dans la neige; il s'y enfonce, y disparaît bientôt tout entier; puis il creuse dans une direction horizontale sur une longueur de quelques pieds, après quoi il élargit en tous sens l'extrémité du boyau, jusqu'à ce qu'il puisse s'y tenir debout et s'y mouvoir à l'aise. A mesure qu'il fouille, il rejette au dehors la neige qu'il a enlevée. Quand il a plus ou moins aplani les parois de l'excavation, il reparaît au jour, tout blanc de frimas : le logis est prêt.

Le mobilier de ces grossières habitations demande peu d'industrie. Une couche de neige battue, haute de deux pieds, large de sept environ, sur cinq ou six de profondeur, occupant à peu près un tiers de la chambre, sert de siège et de lit. Des fanons de baleine, des tiges sèches d'une espèce de

bruyère (l'andromède tétragone) sont répandus sur cette sorte de divan, et des peaux de phoque et de renne tiennent lieu de couvertures. Un pilier, construit aussi en neige tassée, supporte une lampe, taillée dans un fragment de roche en forme d'écuelle allongée, et munie d'une mèche de mousse desséchée qui trempe dans de l'huile de phoque. Cette lampe, seul moyen d'éclairage et de chauffage employé par les Esquimaux, ne s'éteint jamais. A un os recourbé, enfoncé dans le mur, s'accroche, au-dessus de la flamme longue et fumeuse de la lampe, un pot de pierre ou d'argile, dans lequel s'opère le dégel plutôt que la cuisson du morceau de phoque destiné au repas de la famille.

Il faut être décidé à surmonter une forte impression de dégoût pour entrer dans la demeure d'un Esquimau. Une malpropreté extrême y offense la vue et l'odorat. Le lieutenant Bellot a raconté dans son journal une visite qu'il eut la curiosité de faire dans un de ces intérieurs. Des pieux supportant une pirogue, une troupe de chiens couchés sur un monticule de terre, l'avertirent qu'il était auprès de la demeure d'une famille d'Esquimaux. Il fut quelque temps sans pouvoir en découvrir l'entrée. Un de ses compagnons lui montra une ouverture, haute de deux pieds à peine, cachée par une peau : c'était la porte. Comme il s'en approchait, des émanations chaudes et fétides arrivèrent jusqu'à lui ; il sentit faiblir son courage, mais enfin il prit son parti et il entra après avoir rampé,

sur une longueur de deux mètres, dans une sorte d'égout aux murailles humides : ses pieds enfonçaient dans une boue détrempée d'eau, de sang, d'huile et de graisse. Il se croyait préparé à tout par ce qu'il avait lu, par ce qu'on lui avait dit de ces sordides habitations; il se trompait; il n'avait supposé rien de semblable à ce qu'il vit.

Dans l'intérieur de la misérable masure, formée de pierres et de terre, s'élevait un peu au-dessus du sol, de chaque côté de l'entrée et au fond, une sorte de banquette recouverte de peaux, servant à la fois de lit et de table. Au milieu, dans un espace d'à peu près trois pieds carrés, gisait une moitié de phoque, monceau de chairs saignantes sur lesquelles on marchait et où les habitants de la hutte pouvaient puiser de leur place en étendant la main, quand ils avaient envie de manger.

Sur un des côtés, une vieille femme presque aveugle, aux cheveux épars et grisonnants, les jambes et les bras nus, cousait des peaux qu'elle remuait avec ses pieds aussi bien qu'avec ses mains. Auprès d'elle était couché son fils, le maître de la maison, qui se souleva et se mit sur son séant pour faire au visiteur les honneurs de chez lui. Au fond, une jeune femme, à peine couverte, allaitait un petit enfant absolument nu qu'elle tenait d'une main, tandis que de l'autre elle rassemblait à la hâte quelques peaux qui, sans doute, étaient ses vêtements.

Deux lampes, où brûlait une huile fétide, éclai-

raient la chambre. Des harpons, plusieurs lances, des rouleaux de peaux étaient suspendus contre le mur ou posés verticalement, la partie inférieure plantée au milieu de détritus et d'immondices de toute sorte.

Aucune ouverture pour laisser échapper la fumée des lampes et pour renouveler l'air; un seul trou, près de l'entrée, fermé de minces membranes d'intestins, permettait d'apercevoir vaguement le monde extérieur. Bellot suffoquait dans cette horrible hutte; le nez, la gorge, les yeux, tout chez lui était affecté. Il s'efforçait de cacher ce qu'il éprouvait et, lorsqu'une main huileuse se tendit vers lui en signe de bien-venue, il s'empressa de prendre un mouchoir, qu'il offrit en cadeau, pour éviter la bienveillante mais peu engageante étreinte dont il était menacé.

Quand il fut sorti de la hutte, le voyageur aperçut à peu de distance deux tonneaux appartenant à son nouvel ami l'Esquimau, et dont le contenu était suffisamment indiqué par la présence de plusieurs chiens qui en léchaient les parois graisseuses. Il vit aussi, pendues à de longues perches, des portions de phoque qui séchaient, ainsi que des outres de couleur rougeâtre remplies de sang coagulé et d'entrailles d'animaux.

Il est à remarquer que Bellot se trouvait alors dans un endroit relativement civilisé, à Upernavik, établissement danois, où l'exemple de quelques

Européens avait dû répandre des notions de confort étrangères aux peuplades errantes.

Le docteur Kane eut sous les yeux un tableau du même genre chez les Esquimaux du campement d'Etah, tandis qu'il hivernait en 1854 dans le détroit de Smith, au port de Rensselaer. Il était fatigué d'une longue et pénible marche de dix-huit milles et transi par une bise glaciale qui soufflait avec violence. Plusieurs Esquimaux l'aperçurent et l'invitèrent par des cris et par des gestes à s'abriter dans leurs terriers de neige. Il suivit l'un d'eux en se faufilant presque à plat ventre dans un étroit passage souterrain d'une trentaine de pieds de longueur. Quand il déboucha dans la tanière, il y trouva six étrangers qui s'y étaient réfugiés avant lui. C'étaient des indigènes d'un clan voisin qui avaient été surpris par la tempête en chassant; ils s'étaient installés sans façon sur le lit de camp pêle-mêle avec les membres de la famille. « Je respirai, dit le voyageur, la vapeur ammoniacale de quatorze compagnons de logement, vigoureux, bien repus, malpropres et déshabillés. Impossible de s'imaginer, sans l'avoir vue, une telle masse amorphe de créatures humaines entassées, hommes, femmes, enfants, n'ayant rien pour se couvrir que leur saleté native, enchevêtrés et fourmillant comme des vers dans un panier de pêcheur. »

Il y avait, au milieu de ce bouge, par terre, un énorme quartier de phoque, coupé par tronçons de dix à quinze livres qui, dans cette atmosphère

épaisse et chauffée, commençaient à dégeler et fumaient.

On pressa le docteur Kane d'en prendre sa part. Il ne put s'y décider; il préféra souper avec une poignée de petits morceaux de foie gelé qu'il avait dans sa poche. La pensée de sortir de cet affreux repaire se présenta d'abord à lui; mais il était brisé de fatigue; dehors l'ouragan mugissait; il prit le parti de rester. Il se déshabilla donc comme les autres et se blottit sur le sordide divan, à la place d'honneur, ayant contre lui d'un côté les pieds de la maîtresse du logis, de l'autre un enfant et sous sa tête, pour oreiller, l'estomac rebondi et tiède de son hôte. Dans ces conditions, que la nécessité le contraignait d'accepter, le docteur Kane déclare qu'il dormit d'un trait jusqu'au lendemain.

Les Samoyèdes, les Tchoutschis, les Koriaques diffèrent peu des Esquimaux dans leur manière de se vêtir et de se loger. Des peaux d'animaux composent leurs habits ainsi que leurs demeures d'été. Un campement d'une troupe de ces nomades consiste en quelques tentes rangées en ligne. Ces tentes sont faites de peaux de rennes suspendues par des courroies à des perches plantées aux quatre coins. Des faisceaux de lances et de flèches sont fichés dans la neige devant chaque tente et semblent en défendre l'entrée, qui est très basse et hermétiquement fermée. A l'intérieur, de menus branchages, éparpillés sur le sol, c'est-à-dire sur la neige, forment un lit ou plutôt une litière, que recouvrent

des peaux de rennes. Tous les membres de la famille sont entassés, accroupis ou couchés, dans cet étroit espace. Pour tout foyer on aperçoit dans un coin un grand plat dans lequel on verse de l'huile de cétacé ou de phoque, quand on veut faire du feu.

Souvent les tentes des Tchoutschis ont pour supports des côtes de baleine ou de grands os courbes provenant de la mâchoire de ce cétacé. Elles présentent au dedans, suivant le célèbre voyageur Nordenskiold, un perfectionnement : elles contiennent une sorte d'alcôve pour les lits. Cette alcôve forme comme une seconde tente intérieure; elle est éclairée et chauffée par une lampe. C'est dans la tente extérieure, où les chiens ont la permission de s'abriter pendant les grands froids, que se fait la cuisine, consistant dans la cuisson de morceaux de viande de renne ou de phoque ; on y joint comme assaisonnement une matière verte, extraite des intestins du renne et que l'on conserve en guise de légumes pour l'hiver. Des feuilles et de jeunes pousses d'une espèce de saule, fermentées et gelées, constituent un autre raffinement culinaire.

Les Lapons, malgré leurs relations avec les missionnaires et les marchands qui se sont établis parmi eux, ont conservé leurs mœurs primitives. Quelques étoffes, quelques ustensiles de ménage sont, avec l'eau-de-vie et le tabac, à peu près les seuls emprunts qu'ils ont faits à la civilisation. Regnard, qui les a visités, a donné sur leurs habitations des renseignements qui sont aussi vrais aujourd'hui qu'ils

l'étaient en 1681. « Les Lapons, dit-il, n'ont aucune demeure fixe ; ils vont d'un lieu à un autre, emportant avec eux tout ce qu'ils ont. Ce changement de place se fait, ou pour la commodité de la pêche, dont ils vivent, ou pour la nourriture de leurs rennes, qu'ils cherchent ailleurs lorsqu'elle est consommée dans l'endroit où ils vivaient. Ils n'ont pas de peine à déménager promptement : en un quart d'heure ils ont plié tous leurs ustensiles sur des rennes, qui leur sont d'un merveilleux secours; ils en ont à cette occasion cinq ou six sur lesquels ils mettent tout leur bagage, comme nous faisons sur nos chevaux, et les enfants qui ne sauraient marcher. Ces rennes vont les uns après les autres; le second est attaché par une longue courroie au col du premier, et le troisième est lié au second ; ainsi du reste. Le père de famille marche derrière ces rennes et précède tout le reste de son troupeau, qui le suit comme on voit les moutons suivre le berger. Quand on est arrivé en un lieu propre pour demeurer, l'on décharge les bêtes, et l'on commence à bâtir la maison. On élève quatre perches qui font le soutien de tout le bâtiment. Ces bâtons sont percés à l'extrémité d'en haut, et joints ensemble par un autre sur lequel sont appuyées quantité d'autres perches qui forment l'édifice, et font le même effet que ferait une cloche. Toutes ces perches servent à soutenir une grosse toile qu'ils appellent waldmar; ce sont les murailles de la maison. Les plus riches emploient une double couverture

pour se mieux garantir des pluies et des vents; les pauvres se servent de gazon. Le feu est au milieu de la cabane, et la fumée sort par un trou qu'ils laissent pour cela au sommet. La crémaillère pend du haut du toit sur ce feu : quelques-unes sont faites de fer; mais la plupart le sont d'une branche de bouleau, au bout de laquelle il y a un crochet. On voit toujours un chaudron sur le feu, et particulièrement l'hiver lorsqu'ils font fondre la neige; et lorsque quelqu'un veut boire, il prend de la neige dans une grande cuiller et l'arrose de cette eau bouillante, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement fondue. Le plancher de leur cabane est fait de branches de bouleau ou de pin, qu'ils jettent en confusion pour leur servir de lit. Les vieux comme les jeunes, les hommes et les femmes, les pères et les enfants couchent tous ensemble sur des peaux de rennes. La porte de la cabane est extrêmement étroite, et si basse qu'il y faut entrer à genoux; ils la tournent ordinairement au midi. »

Quand on pénètre dans une de ces tentes, on y voit généralement une femme accroupie auprès du feu et, une branche de bouleau à la main, tournant dans une marmite de gros morceaux de poisson; quelque jeune fille, assise par terre, occupée à fabriquer du fil avec des nerfs de renne qu'elle déchire entre ses dents et qu'elle roule ensuite sur son genou pour le tordre, et une demi-douzaine d'enfants inactifs, indolents, qui vous regardent avec surprise de leurs petits yeux clignotants et

tout rougis par la fumée. Les hommes sont dehors, à la pêche, ou bien, non loin de la hutte, vêtus de leurs robes de peau de renne, en train de suspendre à des perches les poissons qu'ils veulent faire sécher. Des entrailles de poisson, qu'ils ne se donnent pas la peine et n'ont même pas l'idée d'aller jeter plus loin, jonchent le sol de tous côtés.

CHAPITRE X.

Industrie des Esquimaux. — Leurs canots et leurs armes de chasse. — Leur habileté à pêcher le phoque. — Traîneaux et chiens esquimaux. — Les Tchoutschis commerçants. — La foire d'Ostrovnoyë.

Si les habitants des solitudes arctiques font preuve d'une insouciance presque absolue à l'égard de tout ce qui ne servirait qu'à leur bien-être, il faut reconnaître qu'ils ne manquent pas d'industrie pour se pourvoir des objets indispensables à l'entretien de la vie dans les conditions où ils sont placés. Leurs facultés, stimulées par la nécessité, ne sont pas restées inactives sur ce point.

Les engins de pêche et de chasse des Esquimaux ont excité l'intérêt de tous les voyageurs. Ces sauvages tirent un excellent parti du petit nombre de matériaux que met à leur disposition une nature avare. Avec les fragments de bois que la mer apporte de loin et jette sur leurs rivages, avec les défenses du morse, la longue corne du narval, des os d'amphibies, ils savent se fabriquer des arcs et des

flèches, des couteaux d'ivoire aigus et tranchants, des racloirs à neige, des lances, des javelots et des harpons à pointe barbelée, propres à se fixer dans la chair de l'animal blessé.

Mais les produits les plus remarquables de leur industrie, ce sont leurs canots. Ils en ont de deux sortes. Les uns sont des pirogues, appelées *kayaks*, longues de 4 à 5 mètres, n'ayant que 60 centimètres dans leur plus grande largeur et 30 ou 40 de profondeur, se terminant à chaque bout en pointe relevée. Le kayak est formé de peaux de phoque tendues sur une légère carcasse en os. Ces peaux, séchées et rendues imperméables, sont cousues avec des nerfs de veaux marins et si bien assemblées qu'une goutte d'eau ne saurait filtrer à travers les jointures. Le dessus du bateau est couvert ; au milieu est ménagé un trou rond dans lequel l'Esquimau se loge et s'attache en laçant sur le pourtour le bord de son vêtement, de manière à faire corps avec son canot : « A les voir ainsi enchevêtrés l'un dans l'autre, dit Bellot, on se demande si c'est la pirogue qui s'est faite homme, ou l'homme qui s'est fait pirogue ; et si les anciens eussent vu de ces êtres, moitié hommes moitié bateaux, ils en eussent fait une race à part avec bien plus de raison que des centaures. »

Une seule rame, longue de deux mètres, élargie aux deux bouts, que l'on tient par le milieu et que l'on plonge alternativement à droite et à gauche dans l'eau, sert à diriger le kayak. C'est sur ce frêle

Esquimaux manœuvrant leurs kayaks.

esquif, véritable périssoire, dont le bord rase la surface de la mer et qui, sans quille, sans lest, est extrêmement difficile à maintenir en équilibre, que l'Esquimau se lance sur les vagues, dans les courants et les tourbillons des écueils, souvent très loin des côtes. Quelquefois il chavire, mais d'un coup de sa pagaye il se redresse aussitôt. On raconte que les indigènes du Groënland, pour un peu de tabac ou un verre d'eau-de-vie, consentent aisément à faire avec leur kayak le saut périlleux, c'est-à-dire à se renverser sous l'eau la tête en bas, en faisant un tour complet sur l'axe de leur bateau. Ils reparaissent à la surface, ruisselants, haletants, prêts à recommencer sur la promesse d'une nouvelle gratification.

L'autre espèce d'embarcation, nommée *oumyak*, est un large bateau plat, quadrangulaire, comparable aux bacs qui servent à passer les rivières. A travers les peaux parcheminées et transparentes qui en forment l'enveloppe, on aperçoit la membrure intérieure, composée d'os de cétacé. Il y a place dans ces barques pour dix ou douze rameurs ou plutôt rameuses, car ce sont toujours des femmes qui les montent, dans les voyages et les déménagements de la saison d'été. Les hommes vont devant dans leurs kayaks, servant de guides et de pilotes.

Les Esquimaux se servent de leurs instruments de pêche avec beaucoup d'adresse. En mer, ils poursuivent le phoque, le morse, le narval. Ils saisissent

l'instant où l'animal se montre pour respirer et lui lancent un harpon, dont la pointe à crochet s'implante à plusieurs pouces de profondeur dans la plaie; aussitôt ils retirent à eux, au moyen d'une courroie, le manche de l'arme, qui se détache aisément, tandis qu'une autre lanière, longue d'environ cinq brasses, demeure fixée d'une part au harpon, de l'autre à une outre formée d'une peau de veau marin cousue comme un sac et gonflée d'air. Cette outre, flottant comme une bouée, empêche l'animal de se perdre sous les eaux et indique le chemin qu'il a suivi, de sorte qn'au moment où il reparaît, le chasseur se trouve sur lui et le perce de son javelot.

Sur les champs de glace, où les phoques et les morses se réunissent en troupes, l'Esquimau réussit à s'approcher d'eux sans les effrayer en rampant à plat ventre, en imitant leur allure, leurs attitudes, leurs mouvements, leur cri; quand il est assez près, il se relève tout à coup et tombe sur eux à coups de lance. Si les amphibies se trouvent sur le bord de la banquise et qu'il craigne de voir sa proie lui échapper, il la harponne et noue solidement le bout de la ligne à la hampe de sa lance, qu'il plante dans la glace et maintient avec force. Le phoque se jette à la mer, se débat comme le taureau sauvage pris par le lasso, mais peu à peu il se fatigue, la ligne, progressivement tirée, le ramène et, quand il est à portée, la lance fait son office.

Esquimaux épiant un phoque.

Lorsque la surface de la mer est complètement recouverte de glace, il faut au pêcheur autant de patience que de sagacité. Il s'installe auprès d'un de ces trous, semblables à des puits, que les phoques pratiquent dans le plafond glacé pour venir faire de temps en temps leur provision d'air; là, couché à plat ventre par terre ou bien assis sur un glaçon, il épie de l'œil et de l'oreille, il attend. Le plus souvent une croûte gelée ou une couche de neige bouche le trou.

Quand le phoque arrive, soit qu'il se fasse voir, soit qu'il fasse entendre son souffle, l'arme du guetteur, saisie à deux mains et assénée avec vigueur, perce à la fois la croûte de glace et le crâne de l'amphibie. Quelquefois de longues heures, des journées entières se passent dans une inutile attente.

Ces chasses sur les banquises, souvent à une grande distance des côtes, sont très dangereuses. Hall raconte l'aventure de quinze Esquimaux qui s'étaient éloignés à la recherche des phoques sur la surface gelée de la baie de Frobisher. Tout à coup, un ouragan s'étant déchaîné, le plancher de glace qui les portait se détacha du rivage et s'en alla au large. Ils errèrent ainsi en pleine mer pendant trente jours. Par bonheur, leur glaçon se ressouda à la côte ; ils purent regagner la terre ferme et rejoindre leurs familles. — D'autres pêcheurs esquimaux naviguèrent ainsi sur un fragment de banquise pendant trois mois ; les morses qu'ils

tuaient de temps en temps les empêchèrent de mourir de faim.

Ayant à faire ainsi de longs voyages tantôt sur la terre couverte de neige, tantôt sur l'immense plancher de la mer gelée, les Esquimaux ont inventé le traîneau et ils ont su dresser une race de chiens à servir de bêtes de trait. Leur traîneau est le plus simple des véhicules. Il se compose de deux pièces de bois parallèles, recourbées postérieurement comme les manches d'une charrue, supportant un fond à claire-voie de planchettes transversales et, en arrière, un treillis de courroies entrelacées. Quand le bois manque, des os en tiennent lieu. On a vu des traîneaux formés de deux longues cornes de narval et d'os de phoque attachés transversalement au moyen de lanières de cuir.

L'Esquimau attelle à son traîneau six ou huit chiens, qui, velus comme des ours, noirs ou gris, avec leur museau pointu, leurs oreilles droites, leur queue touffue, ressemblent à nos chiens de berger ou à des loups. Le harnachement consiste seulement en deux petites courroies passées l'une autour du cou, l'autre autour du corps de l'animal, derrière les pattes de devant, et auxquelles est attaché un trait unique, long de dix pieds, fixé à l'avant du traîneau. Tous les traits étant de même longueur, les chiens se trouvent placés côte à côte et tirent de front. Il n'y a pas de guides pour les diriger; le fouet suffit à tout: c'est une mince lanière de cuir de phoque, très dure quoique souple,

de plusieurs pieds plus longue que les traits ; le manche est très court ; il n'a pas plus de deux pieds et demi. Le conducteur esquimau manie ce fouet avec une surprenante dextérité ; il touche juste le chien qu'il veut stimuler ou corriger, à l'endroit même qu'il se propose d'atteindre, et d'un coup si sec qu'il entame la peau et fait couler le sang ; parfois, pour punir une bête indocile, il lui enlève un bout d'oreille aussi nettement qu'avec un couteau. S'il se relâchait un instant de sa sévérité, la meute à demi sauvage s'en irait folkement à l'aventure, franchissant les talus de neige et les blocs de glace, se jetant dans les crevasses au risque de s'y briser ou de s'y noyer ; elle s'emporterait, comme une bande de loups, sur la piste d'un ours, d'un renard ou d'un phoque. C'est le fouet qui la maintient dans l'ordre.

La force et l'ardeur de ces animaux sont d'ailleurs extraordinaires. Ils courent au galop, attelés à un traîneau pesamment chargé, pendant plusieurs heures de suite. — Un attelage de neuf chiens, employé par le capitaine Lyon, de l'expédition de Parry, parcourait habituellement une distance de 1700 mètres en neuf ou dix minutes, traînant un poids de plus de 750 kilogrammes, et il soutenait ce rude travail durant sept ou huit heures chaque jour. — Cependant ces courses forcées sur un sol couvert de neige sont souvent pour ces animaux une cause de souffrance. La forme de leurs pattes est telle que la neige, pour peu qu'elle soit molle, s'introduit

par petites pelottes entre leurs doigts, y gèle et coupe la chair. Chacun de leurs pas est alors marqué par une tache de sang. De longues traînées rouges indiquent sur la neige le chemin qu'ils ont parcouru.

Malgré les grands services que les chiens esquimaux rendent à leurs maîtres, ceux-ci ne prennent d'eux presque aucuns soins. Ils les laissent en toute saison dehors, en plein air, par des températures de 30 et 40 degrés au-dessous de zéro. Ces animaux ne paraissent pas souffrir de ce régime ; ils se couchent sur la neige, y dorment et demeurent tranquillement ensevelis sous l'épais linceul blanc qui souvent se dépose sur eux. Leur somme fini, ils se relèvent et secouent leur suaire de frimas. Ils reçoivent pour nourriture les débris des repas de leurs maîtres, des entrailles, de la graisse et des lambeaux de chair de phoque. Quelquefois ces viandes sont gelées et ont la consistance du marbre, mais ils ont faim et ils croquent, avec un bruit de pierres qu'on broie, ces aliments transformés en glaçons. On ne peut accuser les Esquimaux de cruauté ; la misère est leur excuse ; s'ils sont durs pour leurs chiens, ils ne le sont pas moins pour eux-mêmes.

Les Sibériens des côtes de la mer Glaciale ne sont pas seulement pêcheurs et chasseurs comme les Esquimaux groënlandais ; par suite de leurs relations avec les Russes, — relations si nuisibles d'ailleurs à leurs mœurs et à leur caractère, — ils sont aussi commerçants. Les plus entreprenants de ces

Sibériens, les Tchoutschis nomades, s'embarquent sur leurs fragiles pirogues, appelées *baïdares*, qu'ils ont imaginé de rendre insubmersibles au moyen d'outres de peau de phoque fixées aux deux flancs, et traversent le détroit de Behring pour se procurer auprès des Esquimaux de la côte américaine des pelleteries et des défenses de morses. Ils repassent ensuite le détroit et, emmenant leurs femmes et leurs enfants, ainsi que leurs nombreux troupeaux de rennes, obligés de faire de longs détours pour choisir les endroits où la mousse abonde, ou bien, s'il faut traverser des lieux stériles, de charger leurs traîneaux d'une provision de mousse pour nourrir leurs bêtes, retenus ainsi quatre et cinq mois en route, ils se dirigent vers une des stations russes où se font les échanges de marchandises.

L'une de ces stations est le village d'Ostrovnoyë, situé sur le 68e degré de latitude, dans une des îles formées par l'Aniouy. Ce village se compose d'une trentaine de cabanes, que dominent une chapelle délabrée et une forteresse ou *ostrog*, entourée d'une palissade en bois. L'ostrog est la demeure du commissaire russe chargé de présider au marché et d'y maintenir l'ordre ; il est accompagné d'un prêtre, chargé de la célébration des offices, et de deux scribes, et il a sous ses ordres 25 ou 30 Cosaques mal équipés. Jamais du reste, assure-t-on, il ne s'est élevé aucun conflit entre les marchands et les Tchoutschis, ce qui fait honneur surtout à ces sau-

vages, braves, fiers, bien armés et dix fois plus nombreux que les soldats russes.

La foire d'Ostrovnoyë se tient au commencement de février. Les marchands y arrivent d'Yakoutsk avec leurs traîneaux et leurs chevaux chargés de denrées diverses, principalement de tabac, d'ustensiles en cuivre, en fer ou en bois et de verroteries, fort appréciées des femmes sibériennes. Comme les quelques masures du village sont loin de pouvoir les contenir, beaucoup d'entre eux campent en plein air, sur la neige, par une température qui, à cette époque de l'année, descend au moins à 30 degrés. Les Tchoutschis apportent de leur côté des peaux de renards noirs et bruns, de martres, de castors, d'ours, des défenses de morses, provenant d'Amérique, et, en fait de produits de leur pays, des côtes de baleine, dont on se sert pour garnir les traîneaux, des sacs en peau de morse, une grande quantité de vêtements en peau de renne habilement confectionnés. Ils viennent généralement au nombre d'environ trois cents; ils dressent leurs tentes à l'écart dans une petite île et forment une dizaine de camps séparés, commandés chacun par un chef.

« De tous ces apprêts, dit M. Matiouchkine, un des compagnons de l'amiral Wrangell, qui a assisté à une de ces foires, — résulte un tableau des plus pittoresques, surtout le soir, quand les misérables huttes du village ont disparu dans l'obscurité : ici des colonnes d'une fumée rougeâtre s'élèvent du camp des Tchoutschis vers un ciel bleu foncé semé

d'étoiles scintillantes ; plus loin de vastes bûchers éclairent les nombreux traîneaux des marchands qui se chauffent à l'entour, tandis qu'à l'horizon on voit se dessiner sur le firmament les rayons pourpre et vert clair d'une aurore boréale. A ce grand spectacle se mêlent des bruits divers. Des sons étranges résonnent au loin : c'est le tambour des *chamans* (sorciers) Tchoutschis. Un chant monotone et plaintif arrive de temps en temps jusqu'à l'oreille à travers ces sons rauques : c'est un Sibérien qui récite une complainte dans ce mode mineur si mélancolique, si profondément triste et si naturel pour qui habite sous un ciel de fer et n'a constamment sous les yeux que des landes glacées et désertes. Enfin les hurlements retentissants de plusieurs centaines de chiens éclatent tout à coup et couvrent tous les autres bruits.

« La foire fut solennellement ouverte le 10 février. Les chefs des diverses tribus des Tchoutschis se réunirent dans l'ostrog pour entendre la lecture du règlement et fixer d'un commun accord le prix des marchandises. Après de longs débats, l'entente se fit ; il fut convenu, par exemple, que seize peaux de renards et vingt peaux de martres équivaudraient à deux pouds de tabac. Le lendemain, après l'acquittement d'un droit de patente très modique, une messe fut célébrée, puis on hissa le pavillon au sommet de l'ostrog et chaque marchand dut se rendre à son poste. Alors les Tchoutschis, armés pour la plupart de piques, d'arcs et de flèches, s'avancèrent en bon

ordre avec leurs traîneaux chargés, qu'ils rangèrent en un vaste demi-cercle. Cependant la foule impatiente des acheteurs se tenait au loin, attendant que la cloche de l'ostrog donnât le signal des échanges. Elle sonne enfin et la cohue des assistants, hommes, femmes, enfants, se précipitent comme un torrent débordé vers le demi-cercle, où les Tchoutschis les attendent auprès de leurs traîneaux. Rien de plus curieux que la pétulance des marchands russes, se hâtant, se poussant les uns les autres, dans la crainte d'être devancés; portant, suspendu à leur ceinture, tout un étalage de haches, de couteaux, de pipes; soutenant d'une main un lourd paquet de tabac et de l'autre un assortiment de chaudrons en fer. Ainsi transformés en bazars ambulants, ils courent d'un traîneau à un autre et s'efforcent d'attirer l'attention des acheteurs, auxquels ils ne manquent pas de vanter leurs marchandises comme les plus belles du monde. Cette foule qui se presse, qui se démène en tous sens, qui se mêle sans cesse, offre l'image d'une immense fourmilière. Parfois il arrive qu'un homme, dans la mêlée, glisse sur la neige et tombe, sans que l'élan de ceux qui le suivent s'arrête pour cela; on le foule aux pieds; il perd son bonnet, ses gants; n'importe, il se relève en un clin d'œil et le voilà, tête et mains nues, se précipitant de nouveau à l'assaut du chaland, ne songeant qu'à rattraper le temps perdu.

« Cette excessive agitation des Russes contraste

avec l'impassibilité flegmatique des Tchoutschis qui, muets et appuyés sur leurs lances, se contentent de faire un simple signe pour annoncer que le marché qu'on leur propose est rejeté ou accepté. On conçoit que le sang-froid, dans de pareilles transactions, leur donne de grands avantages sur les Russes. Ils ont une facilité merveilleuse pour estimer le poids d'un objet sans se servir de balances ; on en a vu reconnaître, en soupesant un ballot de 100 livres, qu'il en manquait une.

« La fermeture de la foire est pour tous le signal du départ. Ostrovnoyë redevient désert, et pour peu qu'une tempête de neige s'élève quelques jours après, elle ensevelit forteresse et habitations sous un tapis ondulé d'une éclatante blancheur, à travers lequel perce seulement le bâton noirci du pavillon disparu. »

CHAPITRE XI.

Misère des habitants de l'extrême nord. — Exemples de famine. — Une scène de cannibalisme. — Gloutonnerie extraordinaire des Esquimaux.

Malgré leurs courses sans fin, leur vie occupée tout entière à la recherche de moyens de subsistance, les Hyperboréens se trouvent souvent aux prises avec la misère. Ici c'est le passage accoutumé des rennes sauvages qui vient à manquer; là les phoques et les morses ne se montrent plus; ailleurs les poissons demeurent cachés sous le plafond de cristal qui recouvre les fleuves et les lacs, et les oiseaux, chassés par l'hiver, ont émigré vers le sud : alors la terre et la mer ne sont plus que des déserts inhospitaliers où l'homme, en proie à la famine, languit et quelquefois succombe.

La plupart des explorateurs des contrées arctiques ont eu sous les yeux des tableaux de détresse qui, malgré les épreuves qu'ils avaient à subir eux-mêmes, ont excité leur pitié. Un jour, l'amiral Wrangell, traversant les steppes de la Sibérie sep-

tentrionale, aperçoit une hutte isolée, formée de branchages entrelacés, si mal close, si délabrée qu'il la croit abandonnée depuis longtemps. Il y entre et quelle est sa surprise en la trouvant habitée par un Tongouse et sa fille, avec deux chiens! L'homme était vieux ou du moins vieilli, exténué par les privations; la jeune fille présentait l'image la plus complète de la misère et de la souffrance. La chasse au renne était le seul moyen d'existence du père; il s'en allait chaussé de raquettes, à travers des déserts glacés, à la poursuite des rennes, et il restait souvent plusieurs jours absent. Pendant ce temps, la malheureuse enfant demeurait seule, à peine vêtue, manquant de nourriture, sous un misérable abri qui laissait pénétrer le vent, la pluie, la neige. Ce Tongouse appartenait à une tribu de pasteurs à qui la maladie avait enlevé tous leurs troupeaux de rennes et qui étaient réduits à vivre isolés, à errer à l'aventure, n'attendant leur subsistance et celle de leur famille que des hasards de la chasse.

Lorsque le capitaine Back, parti de la baie d'Hudson et se dirigeant par terre vers la mer polaire, hiverna en 1834 sur les bords du lac de l'Esclave, il vit bientôt affluer, autour de la maison de bois qu'il avait fait construire pour lui et son escorte, les Indiens des environs, hommes, femmes, vieillards, enfants. Beaucoup étaient malades, tous affamés. Ils racontaient que le gibier avait abandonné les Landes stériles, où il se trouvait habituel-

lement à cette époque de l'année, et que les Chippewans, les Couteaux jaunes et les Indiens cuivrés étaient dans le plus absolu dénuement. Plus l'hiver avançait et devenait rigoureux, — le thermomètre s'abaissait parfois à 50 et 55 degrés au-dessous de zéro, — plus le nombre des arrivants augmentait. « Ces malheureux, dit M. de Lanoye qui a résumé le récit de Back, venaient se placer autour des gens de l'expédition pendant qu'ils prenaient leurs repas, suivant chacune de leurs bouchées d'un long regard suppliant, mais sans jamais proférer aucune plainte. D'autres fois on les voyait se presser autour du feu, occupés à faire rôtir et à dévorer quelques lambeaux de leurs vêtements de peau de renne. »

Il était impossible de venir au secours de tous ; les provisions étaient insuffisantes. On leur donnait des morceaux de viande moisie, destinés aux chiens, et qu'ils recevaient avec des transports de joie. Bien souvent le capitaine Back partagea sa portion avec les enfants, dont les pleurs et les cris de détresse lui déchiraient l'âme.

On put ainsi sauver la vie à plusieurs de ces pauvres gens, mais beaucoup périrent. C'était un spectacle navrant. « La faim, dit Back, les pressait tour à tour dans ses bras décharnés, les terrassait et les couchait sans vie, côte à côte sur le sol glacé. »

Un voyageur américain, M. Bush, parcourant le territoire des Tchoutschis sédentaires, entra en communication avec un de ces indigènes qui lui exposa, dans un morne abattement, à quelles extré-

mités il était réduit et quelles perplexités horribles agitaient son esprit : « L'hiver ne fait que de commencer, dit-il ; j'ai une femme, sept enfants et sept chiens à nourrir, et je n'ai pas une livre de viande ou de poisson à leur donner. Je n'ai que quelques peaux de rennes et huit toises de courroies de phoque que je puis faire bouillir, mais ce n'est pas assez pour attendre que les Tchoutschis errants viennent commercer par ici. Si mes enfants meurent, mes chiens me resteront, mais si mes chiens meurent, comment ferai-je pour aller chercher des rennes auprès des Tchoutschis ? Ma famille alors mourra de faim aussi, et je n'aurai plus ni famille ni chiens, et je mourrai à mon tour. »

Le malheureux hésitait s'il devait laisser périr sa famille ou ses chiens. A quel parti s'arrêta-t-il ? Qui fut sacrifié ? Tous peut-être succombèrent. Ce qui se passa est resté le secret du désert sibérien.

Quelquefois la faim fait pis encore que de tuer les infortunés habitants de ces régions déshéritées : elle fait d'eux des cannibales et des assassins. De tels crimes, dont le plus impérieux des besoins est le seul instigateur, ne sont pas rares, et outre ceux que le hasard a révélés, combien d'autres doivent se commettre, qui ne seront jamais connus ! Un jour, — c'est Bellot qui relate le fait dans son journal, — on trouva au cap York, au nord de la baie de Melville, un camp de quatorze Esquimaux morts de faim. Tous les corps n'étaient plus que des squelettes, excepté un, qui était resté intact. Évidem-

ment ce dernier avait survécu aux autres, et les ossements, complètement dépouillés de chair, qui l'entouraient, indiquaient de quelle manière il avait subsisté jusqu'à ce que cette dernière et horrible ressource lui manquât. Quelques années auparavant, le capitaine Kennedy, dont Bellot fut le compagnon, avait rencontré sur la côte du Labrador un vieillard qui, dans un moment de famine, avait mangé successivement sa femme et ses deux enfants, morts d'épuisement. Depuis cette époque déjà éloignée, de sombres pensées le poursuivaient; il avait l'air si malheureux qu'on ne pouvait s'empêcher d'avoir pitié de lui et de lui venir en aide; quand on lui offrait des vivres, l'affreux souvenir se ravivait, et l'on voyait de grosses larmes couler sur ses joues.

Chez les Indiens, plus belliqueux, plus habitués à voir couler le sang, le meurtre accompagne plus souvent le cannibalisme. Des femmes mêmes n'ont pas reculé devant ces horribles attentats. Les unes ont massacré leurs maris, d'autres leurs enfants, pour s'en repaître. Nous n'en rapporterons qu'un exemple, cité par M. de Lanoye : Un Indien, du nom de Visagun, ne trouvant plus de gibier sur le territoire qu'il habitait, prit le parti de s'en aller à la recherche d'une région plus favorable. Sa femme, son fils âgé de onze ans, deux ou trois enfants plus jeunes et quelques parents, en tout dix personnes, le suivirent.

Le changement de résidence n'améliora pas la situation de cette malheureuse famille. Le gibier

qu'on espérait ne se montra pas; la misère augmenta. Les pauvres gens en vinrent à se nourrir de leurs mocassins et de leurs habits de peau, qu'ils firent griller sur le feu. Cette ressource était épuisée, ils n'avaient rien mangé depuis plusieurs jours, quand enfin ils aperçurent dans le lointain une troupe d'animaux qui défilait. C'étaient des bisons. Aussitôt, recueillant le peu de forces qui leur restaient, les hommes, au nombre de cinq, chaussèrent leurs raquettes, prirent leurs armes et se mirent en route sur la neige dans la direction de cette proie depuis si longtemps espérée, laissant les femmes et les enfants sous la tente.

Mais leur faiblesse était extrême; ils ne pouvaient avancer; leurs jambes amaigries les soutenaient à peine; ils chancelaient, ils trébuchaient à chaque pas. Visagun et son fils, incapables d'aller plus loin, laissent leurs compagnons continuer la chasse et reviennent au campement. Ils n'en sont plus qu'à peu de distance, quand tout à coup des cris déchirants frappent leurs oreilles. Épouvantés, ils se traînent jusqu'à la tente, en soulèvent sans bruit un lambeau et voient dans l'intérieur la femme de Visagun occupée à couper en morceaux un de ses enfants... La douleur, la colère raniment, transportent le malheureux père; il s'élance sur sa femme et la tue, ainsi qu'une autre misérable qui l'aidait dans son abominable besogne; puis, plein d'horreur et d'effroi, il s'enfuit avec son fils.

Ce drame sanglant n'est pas terminé; il eut un

dénouement non moins sinistre. Les trois autres chasseurs revinrent, les mains vides et sans doute épuisés. On ne les revit pas vivants; on ne trouva que leurs cadavres, ou plutôt leurs squelettes. Ils avaient été mangés. Par qui? On ne le sut pas avec certitude, mais divers indices firent soupçonner Visagun d'avoir commis le même crime qu'il avait châtié, d'avoir hâté la mort de tous ceux qui respiraient encore dans le wigwam. Il n'avoua pas ce forfait; il reconnut seulement, quelques mois plus tard, assis au foyer d'un voyageur européen, que lui et son fils, pour ne pas mourir de faim, s'étaient repus des huit cadavres.

Ces actes de cannibalisme excitent d'ailleurs chez les Indiens un sentiment de profonde répulsion. Les tortures de la faim, qui les ont causés, n'en diminuent pas à leurs yeux l'horreur. Ceux qui les ont commis sont l'objet du mépris de tous. On s'écarte du coupable comme d'un reptile venimeux; on ne lui parle plus, ou on ne lui parle qu'avec des termes de mépris; s'il se présente pour prendre sa place, comme auparavant, sous la tente ou autour du feu, on le chasse; et s'il se révolte, s'il brave la réprobation qu'on leur témoigne, il se peut qu'un coup mortel, appliqué avec l'impassibilité de la justice par quelqu'un de ses anciens amis ou de ses parents, lui fasse expier à la fois sa dégradation et son arrogance.

Les longs jeûnes auxquels les Sauvages hyperboréens sont sans cesse exposés et qu'ils supportent

généralement avec une patience vraiment stoïque, expliquent la joie que leur cause l'abondance et excuse en quelque mesure la gloutonnerie qu'on leur reproche. Leur appétit prodigieux, presque illimité, celui des Esquimaux particulièrement, est un sujet de stupéfaction pour les voyageurs. John Ross a vu des naturels de Boothia s'attabler autour d'un bœuf musqué qui venait d'être abattu et le dépecer en de longues aiguillettes qu'ils avalaient, à mesure qu'ils les détachaient, avec une rapidité et une continuité inconcevables; le cou, le dos, les côtes de l'énorme bête disparurent successivement, et les convives n'étaient que trois! Deux ou trois fois, n'en pouvant plus, ils s'arrêtèrent et se couchèrent sur le dos; mais bientôt ils se relevaient et se remettaient à l'œuvre. Cela dura toute une journée.

Un autre navigateur raconte qu'une petite troupe d'Esquimaux de l'île Winter avait réussi à s'emparer de quatre phoques, capture qui les mettait en possession d'environ 2000 livres de nourriture. Cette bonne fortune leur était arrivée le 3 mars. Le 9 du même mois, ils n'avaient plus absolument rien, ils étaient en proie à la famine. Les lampes mêmes étaient éteintes dans leurs huttes, faute d'huile pour les entretenir.

Ce qui n'est pas moins surprenant que leur voracité, c'est la nature des aliments avec lesquels ils ne font pas difficulté de la satisfaire. Non seulement la chair crue de la baleine, huileuse, coriace, mais la peau, noire, épaisse de deux ou trois

centimètres, élastique et résistante comme du caoutchouc, ne leur répugne pas. Ils découpent ce cuir en étroites lanières, et, après les avoir quelque peu assouplies par la mastication, ils les engloutissent à la manière des serpents. Ils ont des régals plus étranges encore. Le capitaine Lyon, un des compagnons de Parry, raconte qu'ayant invité un jeune Esquimau à dîner, il l'engagea, après le repas, à se conformer aux usages européens, à se laver les mains. Après avoir obéi, son hôte se mit à contempler le morceau de savon de Windsor dont il s'était servi avec tant d'admiration que le capitaine lui en fit cadeau : il ne l'eut pas plus tôt entre les mains qu'il l'avala comme un sorbet. Peu de jours après, le même officier, désirant faire le portrait d'une des plus jolies femmes de la tribu, eut l'idée, pour obtenir son consentement et celui de son mari, de leur offrir un paquet de chandelles. Le digne couple ne vit dans ces chandelles qu'une friandise et y mordit à belles dents. L'obligeant capitaine eut l'attention délicate d'extraire les mèches de la bouche de la belle Arnaloua, au moment où elles allaient disparaître avec le suif dans son gosier.

CHAPITRE XII.

Caractère des peuples arctiques. — Douceur et honnêteté des Esquimaux. — Générosité d'un chef indien. — Touchante pitié d'un Tongouse. — Comment on meurt chez les Esquimaux et chez les Tchoutschis. — Profession de foi de Toukoulito. — Bonheur de ces races déshéritées.

En voyant les indigènes des contrées polaires si durement traités par la nature, on s'attendrait à trouver en eux des êtres farouches, révoltés ou accablés, dénués de toutes les qualités que l'on considère comme la marque et le bienfait de la civilisation. Il n'en est point ainsi. On rencontre chez ces pauvres gens des traits de caractère, des dispositions morales qui partout feraient honneur à l'humanité. Tel est le témoignage des explorateurs qui ont entretenu des relations avec eux.

Le docteur Rink, ancien gouverneur des établissements danois au Groënland, qui a vécu vingt ans au milieu des Esquimaux, a constaté la douceur de leurs mœurs, leur humeur pacifique et débonnaire. Jamais, paraît-il, ils ne se battent, ni même ne se disputent. Jamais on n'entend sortir

de la demeure d'une famille ou d'une réunion d'Esquimaux des paroles dures et violentes. Le silence ou une conversation paisible, bienveillante, règne parmi eux. C'est au point qu'il n'existe pas dans leur langue de mots signifiant « se fâcher » ou « se quereller ». Un Esquimau, offensé par un de ses compagnons, se tait; il renferme dans son cœur ses griefs jusqu'au moment où se règlent publiquement ces sortes d'affaires. Chaque année, les Groënlandais tiennent des assemblées, dans lesquelles on s'égaye par des jeux et des danses, on assiste à certaines cérémonies religieuses et l'on rend la justice. En présence de toute la tribu, les offensés, ou les avocats-poètes qui les représentent, prennent la parole et, dans un chant improvisé, ils expliquent la cause. On ne cherche pas à attirer sur le coupable une condamnation sévère; on ne songe pas à requérir contre lui la mort, ou la prison, ou même une amende; ces peines sont inconnues. On lui parle seulement sur le ton du reproche et on l'invite à se repentir de sa faute.

Quand l'accusateur a fini, l'accusé chante à son tour son chant de défense. Sa cantilène est accompagnée, comme l'avait été celle de son adversaire, des sons du tambour et de danses, sortes de pantomimes lentes et graves. Puis l'assemblée rend son verdict. Si l'accusé est reconnu innocent, une acclamation publique l'absout et le venge suffisamment du tort qu'une imputation injuste lui a causé. S'il est jugé coupable, des mots de blâme s'élè-

vent dans toute l'assistance. Alors le condamné se retire, affligé, honteux, et c'est tout son châtiment.

Ces cours de justice sont une ancienne coutume tombée en désuétude chez les Groënlandais. C'est maintenant le gouverneur danois qui est chargé de juger les différends et de réprimer les délits, fonction que ses inoffensifs administrés lui donnent bien rarement l'occasion d'exercer.

On a généralement rendu hommage à l'honnêteté des Esquimaux. Ross déclare qu'il les regarde comme l'une des races sauvages les plus estimables que l'on ait rencontrées sur la terre. Il cite un exemple touchant de leur probité. Un jour, comme il rentrait à bord de son navire, de grand matin, tandis que tout l'équipage dormait encore, il aperçut auprès du bâtiment un pauvre Esquimau qui attendait patiemment dans son canot. Il venait rapporter une rame qu'une des chaloupes du vaisseau anglais avait perdue en mer et qu'il avait trouvée. On lui donna une récompense et il fut enchanté du cadeau qu'on lui fit, mais son étonnement montrait bien qu'il n'y comptait pas et que l'espoir d'un salaire n'avait nullement été le mobile de sa démarche.

Mac Clure n'a pas une opinion moins favorable des Esquimaux. Il rapporte qu'il rencontra, sur la côte occidentale de la Terre-du-Prince-Albert, une petite troupe de nomades, campés dans cinq misérables huttes, absolument sauvages, n'ayant jusqu'alors jamais vu d'hommes blancs, et qui firent

preuve de sentiments de délicatesse dont il fut surpris et touché. En échange de chaque présent qu'ils recevaient, ces braves gens s'empressaient d'offrir quelques objets de leur propre mobilier, choisissant toujours ceux qu'ils supposaient pouvoir être le plus agréables à leurs visiteurs. Le capitaine ayant présenté un mouchoir de laine rouge à une jeune fille, celle-ci courut demander à l'interprète ce qu'elle devait donner en retour, et quand on lui eut fait comprendre que c'était un don qu'on était heureux de lui faire, et non un échange, elle exprima sa reconnaissance par quelques paroles aimables et un gracieux sourire qu'eût pu lui envier une Européenne. Le voyageur ajoute qu'il n'avait jamais vu d'êtres plus intéressants que ceux dont se composait ce petit clan nomade, simples, honnêtes, bienveillants, « paraissant étrangers à toutes les passions violentes de la nature humaine, rappelant l'idéal séduisant de l'homme tout nouvellement sorti des mains du Créateur. »

Certains Esquimaux, il faut le dire, ne se sont pas fait voir sous un jour aussi avantageux. Admis à visiter des navires européens, émerveillés de tout ce qui s'offrait à leurs yeux, ils ont cédé à la tentation de s'emparer des objets qui excitaient le plus leur convoitise, — particulièrement des clous, des morceaux de fer propres à faire des pointes de harpons, — et leur adresse de sauvages déjouait la surveillance la plus attentive. Mais le plus sou-

vent, pour les décider à restituer ce qu'ils avaient dérobé, il suffisait de leur dire que ces larcins leur porteraient malheur.

Tous les Esquimaux sont hospitaliers, sans effort, sans croire exercer une vertu et créer une obligation à ceux qu'ils reçoivent. Tout homme qui est sans abri peut entrer et s'asseoir dans leur demeure; celui qui a faim peut prendre sa part de leur repas. Si même ils trouvent la cachette où ils ont enfoui leurs provisions dévalisée, ils ne s'en fâchent pas; il leur paraît juste que d'autres aient pris ce dont ils avaient besoin. Il semble que l'Esquimau ne se sente légitime propriétaire que de ce qui lui est indispensable : son kayak, son vêtement de peau de phoque, son harpon, son couteau d'os ou de pierre. Avoir deux canots, deux vêtements , il n'en a pas l'idée. A quoi bon posséder ce dont il ne se servirait pas? S'il perd quelques-uns de ses parents et que sa hutte se trouve trop grande pour lui et ce qui lui reste de famille, il ne s'oppose pas à ce que des étrangers viennent y occuper les places vides. Dans les moments de disette, il n'en est plus de même. Alors la nécessité force chacun à ne songer qu'à soi. Ceux qui manquent de tout n'ont rien à attendre de ceux qui n'ont pas assez pour eux-mêmes. Il s'agit de se défendre contre la mort, et chacun lutte pour son compte. Les malheureux, les délaissés ne se plaignent pas; ils trouvent cela juste.

Les Samoyèdes, d'un naturel moins doux que les

Esquimaux et accoutumés à rivaliser de violence et de ruse avec leurs ennemis, sont pourtant loin d'être incapables de bienveillance. « Quand ils sont sûrs que vous n'avez à leur égard que de bonnes intentions, dit le professeur Nordenskiold, qui les a visités en 1875 et en 1878, ils vous accueillent à bras ouverts. » Entre eux, ils font preuve d'une véritable charité. Mal préparés à la compassion par l'exemple d'une nature impitoyable, dépourvus des principes moraux qui nous guident, on les voit « partager le peu qui leur reste de vivres avec leurs compagnons, se priver du nécessaire pour secourir les pauvres et les orphelins de leur tribu. »

A l'égard des étrangers, de ceux du moins qui se présentent avec le prestige de la civilisation, joint au mérite de la justice et de la bonté, ces peuples naïfs, subjugués et séduits, montrent souvent un attachement, un dévouement bien remarquable. Plusieurs Esquimaux ont laissé un nom dans l'histoire des voyages arctiques en mettant leur expérience de pilotes ou de chasseurs au service des navigateurs et en déployant, dans les jours de danger, un courage, une persévérance, une abnégation extraordinaires pour le salut de ceux qui s'étaient confiés à eux. John Franklin et Back ont relaté avec éloge la belle conduite d'un chef indien qui, par deux fois, à dix ans d'intervalle, leur a servi de guide à travers les solitudes désolées de l'Amérique septentrionale. Ce chef, appartenant à la pauvre tribu des Indiens-Cuivrés, se nommait Akaïtcho. C'était en

Le chef indien Akaïcho.

hiver, c'est-à-dire en temps de famine. Chaque matin Akaïtcho, surmontant l'épuisement d'un jeûne prolongé, partait pour la chasse, et il rapportait fidèlement le gibier qu'il avait pu se procurer. Un jour, comme quelques-uns de ses compatriotes lui reprochaient l'assistance qu'il prêtait aux hommes blancs au milieu de la détresse où ils se trouvaient eux-mêmes, il leur dit : « Cela est vrai, les Indiens ont beaucoup à souffrir cet hiver. Combien des nôtres sont allés dormir avec leurs pères ! Mais le grand chef s'est confié à nous, et il vaut mieux que dix Indiens périssent que si un seul homme blanc avait à souffrir par notre négligence et notre manque de foi. » Un autre jour, les Anglais, en prenant congé de lui, furent forcés de lui avouer que les marchandises qui lui avaient été promises pour prix de ses services, n'étaient pas arrivées et qu'on ne pouvait les lui livrer. « Que voulez-vous ? répondit-il avec douceur. Vous êtes pauvres ; ma tribu et moi, nous sommes pauvres aussi ; tout le monde est pauvre. Puisque les marchandises qui nous sont dues ne sont pas arrivées, vous ne pouvez pas nous les donner. Je ne regrette pas de vous avoir fourni des vivres. Jamais un Indien-Cuivré ne laissera les Visages-Pâles souffrir de la faim sur ses terres de chasse sans leur venir en aide... Je sais, dit-il en finissant, que vous notez sur vos livres tout ce qui vous arrive ; si vous y avez marqué ce que nous avons pu dire ou faire de mal, n'oubliez pas d'y marquer aussi ce que nous

avons fait de bien. » Le désir d'Akaïtcho a été accompli ; son généreux désintéressement n'est pas resté inconnu.

Les exemples d'une pure affection du cœur, d'une délicate et pieuse tendresse sont plus rares chez les sauvages que ceux d'un héroïsme viril inspiré par le sentiment de l'honneur. On pourrait cependant en recueillir plusieurs. En voici un, bien touchant, fourni par un chasseur sibérien, de la nation nomade des Tongouses. On vit un jour ce Tongouse, qui était païen, entrer dans une des églises d'Yakoutsk, se placer en face d'une image de saint Nicolas, la saluer profondément et déposer devant elle une riche offrande de peaux de renards noirs et rouges, de zibelines, de petits-gris et d'autres belles fourrures. On lui demanda ce qu'il faisait. Il répondit : « Mon frère, qui est chrétien, a été malade ; il était près de mourir. Il n'a voulu auprès de lui aucun sorcier, mais il a invoqué saint Nicolas. Alors j'ai dit en moi-même que si ce saint Nicolas conservait la vie à mon frère, je lui ferais présent du produit de ma première chasse. Mon frère est guéri ; j'ai eu toutes ces fourrures-ci à la chasse : les voilà. » En achevant ces mots, il s'inclina encore profondément devant le saint et se retira.

Un des traits les plus saillants et les plus universels du caractère de ces hommes du nord est leur résignation à ce qui est inévitable, non seulement aux plus dures privations, mais à l'épreuve qui pa-

rait généralement la plus redoutable, à la mort. Ils se soumettent à cette nécessité sans révolte, sans peur, avec une tranquillité telle que nous serions tentés d'y voir plus d'indifférence que de courage et de sagesse. Chez les Esquimaux, il est d'usage de

Femme esquimaude.

ne pas attendre le dernier soupir du moribond pour procéder à son enterrement ; ces sinistres préparatifs se font en sa présence, sous ses yeux ; il y assiste sans protester, sans s'émouvoir ; il y consent, il s'y prête. Un navigateur suédois, M. W. Graah, rap-

porte qu'un des Esquimaux de son campement étant tombé gravement malade, à la suite d'une blessure au bras qui avait déterminé une abondante hémorrhagie, il voulut le secourir ; il lui fit donner un bol de bouillon, pour lui rendre des forces. Mais l'Esquimau, se croyant perdu, refusa cet aliment comme inutile et ne devant servir qu'à prolonger ses souffrances. Ses parents, ne doutant pas de sa mort prochaine, s'occupèrent devant lui de ses funérailles. Sa femme et deux jeunes filles, ses enfants adoptifs, détachèrent des parois de la hutte les peaux dans lesquelles on allait l'ensevelir. Lui les regardait faire avec sang-froid ces terribles arrangements; il montrait le même calme; il ne donnait aucun signe d'effroi ni même de trouble. Il se laissa revêtir des habits qu'il devait emporter dans la tombe sans opposer la moindre résistance. On venait d'étaler par terre le linceul que l'on allait tout à l'heure coudre sur lui; déjà on avait enlevé du plafond de la hutte le vitrage en vessie de poisson à travers lequel, suivant la coutume, le cadavre devait passer, quand tout à coup le mourant, recouvrant la parole, déclara qu'il se trouvait beaucoup mieux et pria les assistants d'attendre un peu. Le mal diminua en effet et, quelques jours après, l'Esquimau était hors de danger ; mais quand il s'était vu en présence de la mort, il s'était abandonné à elle sans lutte et sans plainte.

Hall fut témoin d'une scène semblable, mais cette fois l'enterrement s'accomplit, et la pauvre femme

Types sibériens.

que l'on mit dans la tombe n'avait pas encore cessé de vivre. Cette femme, nommée Nuketou, était malade depuis quelque temps. Comme il n'y avait plus aucun espoir de guérison, ses voisins lui bâtirent un *iglou* (hutte de neige), qui devait être sa dernière demeure. « Le 4 janvier, dit Hall, Nuketou fut transportée dans l'iglou neuf. Quatre femmes l'étendirent sur une civière de peau de renne et l'introduisirent par une entrée ménagée à cet effet derrière la hutte et non par l'entrée ordinaire. Les porteuses prirent ensuite des blocs de neige et l'ouverture fut bouchée hermétiquement. Cela fait, on pratiqua, comme d'habitude, une porte en avant et, quand elle fut achevée, je pénétrai dans l'iglou. Nuketou était parfaitement calme. Elle n'ignorait pas que cette hutte devait être son tombeau, mais elle était de sa race et, comme elle savait qu'elle était devenue pour les autres un fardeau et que ses jours étaient comptés, il me parut qu'elle considérait la mesure qui venait d'être prise à son égard comme juste et toute naturelle. Il ne lui venait évidemment pas à l'esprit qu'on pût y trouver rien à reprendre. » Hall suppose même qu'elle y voyait une preuve d'intérêt, un bon procédé de la part de ses voisines. « Un iglou neuf de neige pure et sans tache, un lit bien fait, de neige aussi, où elle pût expirer en paix, lui adoucissaient les dernières heures qui lui restaient. A la vérité elle serait seule, mais ainsi le voulait la coutume de sa nation et elle ne s'en effrayait pas. Elle n'était

pas seulement résignée, elle était satisfaite. »

Certains Sibériens font plus que de bien recevoir la mort quand elle vient ; ils vont au-devant d'elle. Devenus vieux et infirmes, ils se font tuer par leurs compagnons. Cette coutume barbare existe encore, dit-on, chez les Tchoutschis. Quand ce sont des personnages importants, on leur ouvre les veines, après les avoir soumis à l'action stupéfiante de certaines plantes, et on les laisse mourir ainsi ; puis leurs corps sont brûlés. Les autres, on les perce de coups de lance ou on les lapide. Quelquefois on leur passe un nœud coulant autour du cou et on les traîne sur les rochers. Un jour, M. Bush s'approcha d'une troupe de Tchoutschis et chercha à entrer en relations avec eux. L'un de ces hommes, appelé Nam-Kum, qui était plus communicatif que les autres et qui savait un peu d'anglais, lui dit : « Vous voyez ce vieillard qui n'a pas d'yeux ; tout à l'heure on va le tuer. » Il y avait en effet un homme âgé et aveugle assis sur une pierre au milieu d'une quarantaine d'indigènes, mais il paraissait si calme, si serein, que l'on craignait de se tromper en le prenant pour la victime désignée par le Tchoutschis. C'était bien elle cependant. Nam-Kum expliqua aux Américains que c'était sur sa propre demande que ce vieillard allait être mis à mort. Il était loin d'être pauvre, il possédait beaucoup de rennes, mais il avait perdu son fils, il était aveugle, la vie lui était à charge : il avait prié sa tribu de l'en délivrer. Comme M. Bush exprima

l'horreur que ce meurtre lui inspirait, Nam-Kum s'en étonna et lui répondit : « Ce n'est pas mal. Les Tchoutschis aiment cela. C'est la même chose pour tout le monde. Quand je serai vieux, ils me tueront aussi. »

On est porté à se demander si quelque sentiment religieux, si la pensée d'une vie future n'aide pas ces stoïciens barbares à ne point redouter la mort : il est difficile de résoudre cette question. La religion de ces peuples, si éloignés de nous par la distance et par les mœurs, nous est peu connue, et nous ne sommes pas à même de bien juger ce que nous en connaissons ; elle nous apparaît comme un tissu de grossières superstitions. Ils croient à la magie, aux sortilèges ; ils ont pour prêtres des sorciers, dont le principal office est d'éloigner ou de guérir les maladies, de rendre la pêche et la chasse heureuses, de conjurer ou d'apaiser les tempêtes, de faire fondre la glace et la neige. Cependant toute idée élevée ne leur est pas étrangère ; on a vu de ces prêtres-sorciers adresser des prières désintéressées, du moins dépouillées de tout intérêt temporel, à quelque être supérieur, consoler les mourants, chanter les joies d'une vie meilleure et accompagner des sons d'une musique, discordante et grotesque pour nous, mais sans doute pour eux harmonieuse et solennelle, le départ des âmes pour une autre patrie. Selon le docteur Rink, les Esquimaux de la côte occidentale du Groënland, même avant l'influence des missionnaires danois,

croyaient à l'immortalité de l'âme. Ils admettaient que l'âme après la mort recevait sa récompense ou sa punition éternelle. « Seulement, dit Rink, à l'inverse des autres peuples, ils plaçaient le paradis en bas et l'enfer au-dessus de leurs têtes, ce qui s'explique par leur climat. Les bons étaient chaudement logés au centre de la terre, où ils trouvaient en abondance de la chair et de la graisse de phoque; les méchants gelaient éternellement dans les hauteurs de l'empirée. »

Les Esquimaux observés par Hall croient aussi à l'existence d'un ciel et d'un enfer, qu'ils placent d'ailleurs dans la situation qui a paru la plus vraisemblable à la plupart des peuples, l'un dans les champs libres et lumineux de l'immense étendue céleste, l'autre dans les noires profondeurs de la terre. « Ma tribu pense ainsi, dit un jour au navigateur un Esquimau fort intelligent, nommé Toukoulito : *Koud-le-par-mi-ung* (le ciel) est en haut. Là tout le monde heureux. Là toujours de la lumière; pas de neige, pas de glace, pas de tempête, pas de peine, pas de fatigue; des chants et des jeux toujours, toujours et sans fin. *Ad-le-par-me-un* (l'enfer) est en bas. Là toujours la nuit; pas de soleil; toujours de la neige, toujours des tempêtes terribles; du froid, beaucoup de froid et beaucoup de glace. Ceux qui vont là y restent toujours. » D'après les déclarations de Toukoulito, tous les Esquimaux qui ont été bons, qui ont partagé avec le pauvre et l'affamé, qui ont vécu heu-

reux sur la terre, ainsi que ceux qui ont été tués par accident ou qui se sont tués eux-mêmes, vont dans le ciel. Tous ceux qui ont été méchants, qui ont été malheureux dans cette vie, qui en ont tué d'autres par colère, vont dans l'enfer. — On remarquera cette assimilation de la vertu et du bonheur, du malheur et du vice, du courage et du suicide faite par ces naïfs sectateurs d'un stoïcisme instinctif.

Ce n'est pas seulement chez les Esquimaux, c'est aussi chez les Indiens et chez les Sibériens que l'on trouve la coutume de vêtir convenablement les morts et de déposer dans les tombeaux, ou près de là, des aliments, des arcs, des flèches, des harpons, des instruments de musique et, si ce sont des enfants, des jouets : indice d'une croyance plus ou moins précise à une autre vie avec ses besoins et ses plaisirs.

On serait tenté d'expliquer aussi la facilité avec laquelle ces peuples se résignent à la mort par le dégoût d'une vie misérable. Mais on risquerait de se tromper. Les moins favorisés d'entre eux ne trouvent sans doute pas leur sort aussi malheureux qu'il nous le paraît. Le bonheur est chez l'homme un besoin tellement impérieux, tellement vivace, qu'il se satisfait dans des conditions qui sembleraient lui être le plus contraires. Il ressemble à ces plantes qui parviennent à jeter leurs racines, à vivre et à fleurir dans des sables stériles et jusque sur d'arides rochers. Les Sauvages hyperboréens

ne sont pas dépourvus de jouissances. Leurs désirs sont bornés ; la possession du nécessaire comble tous leurs vœux. Les biens élémentaires dont nous ne sentons plus la valeur, un abri, un repas assuré, une température plus clémente, un rayon de soleil, ont du prix pour eux ; ils leur causent les impressions agréables que nous procurent, à nous, la richesse et le luxe. Ils ne sont assujettis à rien ni à personne. Ils font ce qu'ils veulent, ils vont où ils veulent. La terre leur appartient et ils s'appartiennent. La conscience de leur indépendance et un certain sentiment de fierté qui en résulte existent en eux et les relèvent.

Plus d'un témoignage favorable a été rendu au genre de vie de ces hommes si complètement déshérités en apparence. Un des compagnons du commodore Billing, dans la relation qu'il a laissée de son voyage en Sibérie, déclare qu'il s'est séparé avec regret des Tongouses qui lui avaient servi de guides. « Ce qui me charmait, dit-il, c'était la mâle activité de ces hommes, leur noble indépendance et leur air de satisfaction. Contents du peu que produit la nature dans un pays dont l'accès semble défendu à l'homme, ils déployaient un courage étonnant pour surmonter tous les obstacles et atteindre le but qu'ils se proposaient. Je ne pouvais me lasser de les admirer et je sentais un vif désir de partager leurs aventures et leurs dangers... L'aspect sauvage et poétique du pays que je traversais élevait mon âme et m'inspirait la pleine con-

viction de cette vérité, que l'homme est le souverain de toutes les créatures ; et quand je songeais à la condition des habitants de nos grandes villes, obligés de travailler sans relâche pour satisfaire le luxe, les caprices de ceux qui sont plus riches, mais non moins dépendants qu'eux, cette condition m'apparaissait comme la plus servile et la plus humiliante à laquelle puisse être soumis un être humain. »

Ces nomades, qui ne demeurent jamais plus de cinq ou six jours dans le même endroit, qui changent continuellement leurs tentes de place, ne serait-ce que pour les porter à vingt pas de distance, n'ont pas d'eux-mêmes une opinion moins avantageuse. Ils se considèrent comme des êtres supérieurs, les plus indépendants de tous les hommes. Ils donnent l'épithète méprisante de « vieilles femmes » à d'autres Sibériens, leurs voisins, qui, comme des Russes, s'enferment dans des villes ou des villages et qui, selon eux, ne sont bons qu'à être leurs valets et à garder leurs troupeaux.

Après avoir observé de près les mœurs d'une peuplade d'Esquimaux de l'extrême nord, très pauvres, mal vêtus, mal armés, ne possédant même pas de canots, ce qui est pour des Esquimaux le dernier degré de la misère, Parry conclut que néanmoins, « privés de tout ce qui, selon nous, constitue le bonheur de la vie, ces hommes étaient heureux, heureux même en comparaison de ceux

qui sont beaucoup mieux partagés sous tous les rapports, » parce qu'ils étaient libres et parce que, d'un caractère paisible et doux, ils vivaient en bonne harmonie entre eux.

Enfin le missionnaire danois Hans Egède, qui a passé dix-sept ans, de 1721 à 1738, au Groënland, au milieu des Esquimaux, et qui a laissé un ouvrage sur ce pays et ses habitants, commence par plaindre ceux-ci « de ce qu'ils ne connaissent pas le vrai Dieu, » puis il ajoute : « Plus malheureux cependant sont ceux qui, connaissant Dieu, n'observent pas religieusement sa volonté. En effet, si l'on compare la vie des Groënlandais à celle de la plupart des peuples qui s'appellent chrétiens, on conviendra que c'est la première qui, au jour du jugement, fera honte à la seconde. Car, bien que les Groënlandais n'aient aucune loi, ils font cependant naturellement quelques-unes des œuvres de la loi. Mais en voyant les passions qui règnent parmi la plupart des chrétiens, leur orgueil extrême, leur vie voluptueuse, leur luxe, leurs haines, les pièges qu'ils se tendent les uns aux autres et une infinité d'autres vices grossiers, que peut-on en conclure, sinon qu'ils sont bien éloignés de la vie qui est selon Dieu, et par conséquent très malheureux : au lieu que les Groënlandais mènent une vie naturelle et pour ainsi dire innocente et simple. Leurs passions ne s'étendent pas au delà de leurs besoins réels. Ils ne connaissent ni luxe, ni orgueil ; ils ne se haïssent point, ni ne se persé-

cutent ; ils ne s'attribuent ni puissance, ni seigneurie sur les autres ; en un mot, ils sont contents de leur état et de leur condition, et ils ne sont point tourmentés de soins inutiles. N'est-ce pas là une grande félicité? »

Gardons-nous d'affirmer que les habitants des tristes contrées arctiques soient plus heureux que les peuples policés ; nous ne pouvons le penser ; mais cette singularité est à noter, que, d'après les divers témoignages qui précèdent, on ne voit pas les sauvages envier les civilisés, ce sont les civilisés qui envient les sauvages.

CHAPITRE XIII.

Les étrangers au Groënland. — Les anciennes colonies normandes. — Lutte d'Ungitok et de Krassipe. — Un stratagème renouvelé du cheval de Troie. — Les établissements danois. — Un parlement groënlandais. — Les Esquimaux au sermon.

Les contrées polaires ne sont pas habitées seulement par les peuplades indigènes dont nous venons d'observer le caractère et les mœurs ; des étrangers, appartenant à des pays plus méridionaux, à des sociétés policées, sont allés s'établir parmi elles dans leur triste patrie, poussés les uns par le besoin de vivre et même par l'espoir de s'enrichir, d'autres par le goût de l'inconnu ou par le désir de la liberté, d'autres enfin par le généreux dessein de propager leur foi religieuse et les bienfaits de la civilisation. Ainsi l'on voit des comptoirs et des églises chrétiennes sur les côtes les plus septentrionales de la Laponie ; des Russes se sont avancés sur les rives et jusque près de l'embouchure de la Petchora, de l'Obi, de l'Yéniséi, de la Léna, de l'Indigirska, de la Kolyma ; des Danois ont échelonné leurs entrepôts

et leurs temples le long de la côte occidentale du Groënland.

Ces établissements danois sont les plus intéressants de tous. Chose singulière, le Groënland, que l'on a aussi appelé justement la Terre de Désolation, a de bonne heure attiré de nombreux émigrants. Il a été colonisé dès le dixième siècle. En 983, un seigneur norvégien, Eric le Rouge, réfugié en Islande après s'être insurgé contre les envahissements du pouvoir royal, puis forcé, à la suite d'un meurtre, de s'enfuir encore une fois, s'embarqua et se dirigea à l'aventure vers l'ouest. Il aborda sur un rivage inconnu, où il vit de vastes tapis de gazon, que broutaient de nombreux troupeaux de rennes. L'endroit lui plut, lui parut favorable à la fondation d'une colonie; il l'appela Groënland, c'est-à-dire Terre verte : il pensait qu'en lui donnant un nom si attrayant, il inspirerait l'envie d'aller l'habiter.

Eric ne se trompait pas. De retour en Islande, il vanta le pays qu'il avait découvert, et vingt-cinq embarcations, montées par des hommes déterminés, munies des provisions nécessaires, mirent à la voile sous sa conduite. Plusieurs navires se perdirent en mer, quelques-uns regagnèrent l'Islande, quatorze atteignirent le Groënland. La colonie se fonda, dans le fiord où se trouve aujourd'hui Julianashaab. Elle grandit rapidement. D'autres bâtiments arrivèrent de la Norvège, du Danemark, de l'Islande, des Hébrides et de la Grande-Bretagne, les uns amenant de nouveaux colons, avec du bétail, chevaux, brebis

et bœufs, les autres venant trafiquer. On bâtit des maisons, on cultiva le sol. On le cultiva même, paraît-il, beaucoup plus au nord, jusqu'au niveau d'Upernavik, à 72° 50′. Une inscription gravée sur une pierre et portant la date de 1135, trouvée en 1824 par Edouard Parry, en fournit la preuve. On sait aussi que les bœufs s'étaient multipliés dans les pâturages de la Terre verte, au point que les colons en faisaient sécher la viande, dont ils expédiaient en Norvège des cargaisons. Il faut que depuis lors, en peu de temps, sept siècles seulement, le climat du Groënland se soit profondément modifié ; les neiges et les glaces ont pris possession des champs et des prairies ; l'élève des bestiaux et la culture du sol y sont aujourd'hui absolument impossibles.

La prospérité matérielle de la colonie d'Ericsfiord — c'est le nom qu'elle portait — ne se développa pas seule. La vie religieuse s'y manifesta et y progressa en même temps. Le christianisme avait pénétré au Groënland du vivant même d'Eric le Rouge. Le fils de celui-ci, Lief, qui était allé en Norvège et y avait trouvé le culte chrétien récemment adopté par le roi Olaf, importa la foi nouvelle à Ericsfiord. La femme d'Eric se convertit la première; son mari, dont elle se sépara parce qu'il ne voulait pas renoncer au culte scandinave, céda et brûla les images de Thor et d'Odin. La population imita l'exemple de ses chefs. Bientôt l'évêque d'Islande dut traverser plusieurs fois la mer pour visiter cette nouvelle partie de son diocèse. Ces visites ne

suffirent pas aux Groënlandais ; ils voulurent avoir un évêque à eux, chez eux, et ils l'eurent. On dit qu'un magnifique présent d'ivoire de morse et de fourrures précieuses, attestant leur richesse et l'ardeur de leur désir, accompagna la supplique qu'ils envoyèrent en Norvège. Au commencement du douzième siècle, Arnold occupa le siège épiscopal et bâtit une cathédrale. Après lui, dix-huit évêques se succédèrent, dont le dernier fut Andréas, sacré en 1406.

A partir de cette époque, de terribles malheurs fondirent sur l'heureuse colonie et ne se terminèrent que par sa complète destruction. Une nation sauvage, guerrière, les Skraellings, — les Normands les appelèrent ainsi à cause de leur petite taille, — venus de l'ouest, peut-être les ancêtres des débonnaires Esquimaux d'aujourd'hui, et qui, une cinquantaine d'années auparavant, étaient déjà venus inquiéter les colons du nord, attaquèrent ceux du sud, qui leur offraient une bien plus riche proie; ils arrivèrent par petites bandes d'abord, puis par grandes troupes, sur leurs fragiles embarcations; ils ravagèrent le pays, pillèrent, emportèrent une grande quantité de butin et même de captifs des deux sexes. On peut lire une lettre du pape Nicolas V, adressée en 1448 à l'évêque d'Islande et qui est un cri de détresse : Nicolas déplore le sol dévasté, les malheureux habitants dispersés ou emmenés en captivité par les païens, les temples désertés, le culte divin abandonné, l'absence de prêtres et

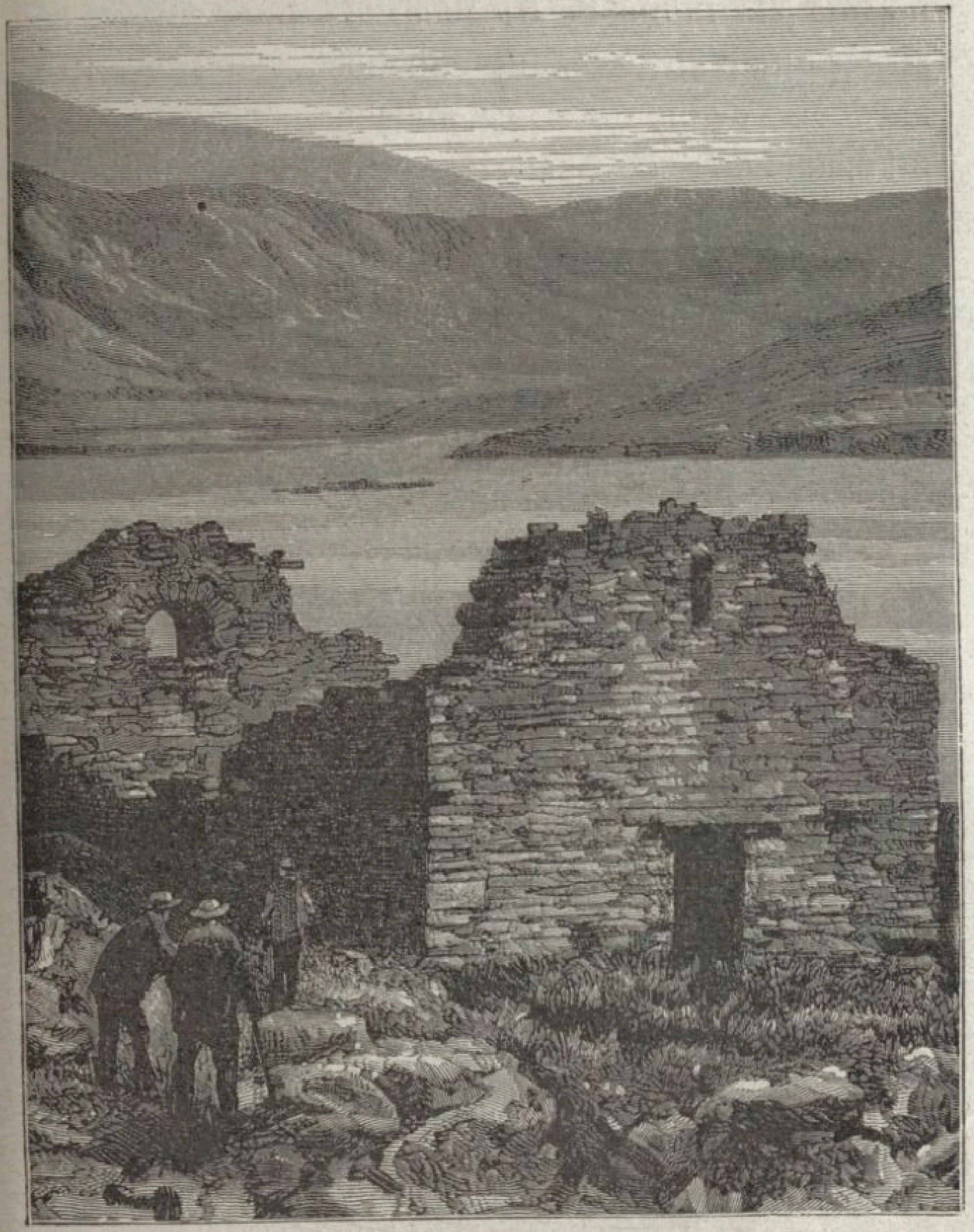
d'évêque, et il ordonne l'envoi de pasteurs zélés. Bientôt il n'y eut plus besoin de pasteurs, car il n'y avait plus de troupeau ; les colonies groënlandaises n'existaient plus.

On ne connaît ni les circonstances ni l'époque précise de l'anéantissement des colons normands. Une tradition, transformée en légende, attribue la défaite définitive et l'extinction des Scandinaves à une ruse de guerre employée par leurs ennemis, singulier et pittoresque stratagème qui rappelle le fameux cheval de Troie et qui semble tiré d'une épopée barbare : Épuisés par ces luttes meurtrières, les colons étaient réduits à un petit nombre, mais ils avaient pour chef un homme intrépide, Ungitok. Celui-ci, suivi de ses compagnons, débarqua une nuit dans l'île d'Aukpeitsavik, voisine de la côte et où était établie une troupe de Skraellings ; il pénétra dans leurs tentes et égorgea sans pitié tout ce qu'il y trouva, hommes, femmes, enfants. Le chef des sauvages, Krassipe, ainsi que son frère, parvinrent pourtant à s'échapper. Ungitok les poursuivit, tua le frère de Krassipe et lui coupa le bras droit, qu'il brandit d'un air de défi en criant au chef Skraelling de venir le reprendre chez lui. Plein de colère et de haine, Krassipe ne songea plus qu'à se venger. A quelque temps de là, il imagina de lier ensemble plusieurs barques de manière à former un grand radeau, sur lequel il éleva une sorte d'échafaudage irrégulier, recouvert de peaux de phoques blanchies. Il en remplit l'intérieur d'hommes armés. Sur la

mer, cette machine ressemblait tout à fait à une montagne de glace. Ungitok l'aperçut sans doute de loin, mais il ne s'en défia pas ; il la confondit avec les autres grands glaçons que la marée montante poussait comme à l'ordinaire vers le rivage. La forteresse flottante fut amenée par le flot et échoua dans une petite anse derrière Krakortok. Krassipe et sa bande mirent pied à terre et, se glissant par un sentier détourné, surprirent les Normands réunis dans l'église, qu'ils cernèrent et à laquelle ils mirent le feu. Ils empêchaient de sortir et repoussaient dans les flammes avec leurs lances les malheureux qui cherchaient à s'échapper. Ungitok s'enfuit cependant avec son fils et se réfugia dans une caverne de la montagne. Découvert et attaqué par ses ennemis, il lança son fils dans un lac voisin, préférant pour lui la mort aux tortures qui l'attendaient, puis il se défendit avec acharnement. Criblé de blessures, expirant, il tomba enfin au pouvoir des vainqueurs. Alors Krassipe lui coupa le bras droit et l'agita triomphalement devant lui en disant : « Tu m'avais dit de venir le chercher ; je suis venu. » A partir de ce moment, les Skraellings, ou Esquimaux, demeurèrent les maîtres du Groënland.

On voit encore aujourd'hui les ruines des anciennes colonies normandes. A Krakortok, par exemple, on trouve un bâtiment massif, de 15 à 18 pieds de hauteur, aux murs épais de 4 pieds et demi, formés de pierres plates cimentées avec de l'argile et per-

cés de portes et de fenêtres : ce monument, dont la façade se terminait visiblement par un pignon



Les ruines de Krakortok.

aigu, devait être une église. Près de là, on reconnaît la maison épiscopale, les demeures des digni-

taires qui gouvernaient la colonie, et un important édifice, divisé en trois parties, dont l'ensemble n'avait pas moins de 64 pieds de long sur 32 de large. Sur d'autres points du fiord, on rencontre les débris de nombreuses maisons, ensevelis sous un épais fourré de genévriers et de saules nains.

C'est seulement en 1721 que les Danois, possesseurs de l'Islande et se souvenant des colonies fondées jadis par Eric et depuis longtemps perdues, mirent le pied sur le rivage groënlandais. Ce ne fut pas une invasion, une conquête ; ce fut un établissement pacifique. Le missionnaire Hans Egède y arriva le premier, avec sa famille et quelques marchands aventureux qu'après de longs efforts, inspirés par son zèle apostolique, il était parvenu à entraîner. On fonda une petite ville, Godthaab. L'œuvre de la conversion des indigènes, à laquelle vinrent travailler les frères Moraves, commença, tandis que des relations de commerce se nouaient entre les Esquimaux et les Européens. Ces nomades se fixèrent auprès des étrangers, qui les traitaient bien et leur procuraient de quoi vivre. Les stations se multiplièrent, échelonnées le long de la côte ; elles s'avancèrent jusqu'au 73ᵉ degré, dernière limite de la terre habitable. Elles formèrent enfin, elles forment encore aujourd'hui douze districts, réunissant une population d'environ 7000 âmes, — 600 en moyenne par district, — administrés chacun par un gouverneur sous l'autorité de deux inspecteurs représentant le pouvoir royal, l'un préposé

Vue d'Upernavik.

aux six districts du sud et demeurant à Godthaab, l'autre chargé des six districts du nord et dont Godhavn est la résidence.

Ces stations ont toutes à peu près le même aspect, plus triste que celui de nos plus pauvres villages. On y voit, sur une plage étroite, entre une mer encombrée de glaces et la base abrupte d'une montagne, une petite église de bois apportée du Danemark, basse, noire, badigeonnée de goudron, deux ou trois maisonnettes, habitations du pasteur, du gouverneur, du médecin, toutes en bois, à un seul étage et goudronnées comme l'église, une longue cabane servant d'entrepôt, une autre où s'opère la fonte de la graisse de baleine ou de phoque, et aux alentours, plus nombreuses et dispersées, les huttes et les tentes des indigènes.

Dans quelques-unes de ces bourgades hyperboréennes, on trouve des constructions, non moins modestes que les autres, mais dont la destination dénote une civilisation bien inattendue. A Jacobshavn, par exemple, il existe un établissement où de jeunes Esquimaux reçoivent l'instruction nécessaire pour devenir instituteurs, et l'on apprend avec surprise que presque tous les Esquimaux de cette région, les femmes comme les hommes, savent lire et écrire, eux qui naguère ne connaissaient que le langage oral. A Godthaab, on visite avec plus d'étonnement encore une imprimerie, d'où sortent des publications historiques, des ouvrages religieux illustrés de gravures sur bois qui sont l'œuvre d'ar-

tistes esquimaux. Enfin les chefs-lieux de districts possèdent — qui l'aurait supposé ? — une chambre des députés, députés indigènes, nommés par leurs concitoyens des différentes stations de pêche pour discuter et régler certains intérêts locaux. Cette chambre ne siège pas, on le pense bien, dans un palais ; le local où se tiennent les séances ressemble plutôt à une grange : c'est une salle d'environ 20 pieds de long sur 15 ou 16 de large, construite en planches. Elle a pour tout mobilier une table et deux bancs de bois de sapin. Sur ces bancs prennent place, devant une feuille de papier blanc et un crayon, les députés en pantalon de peau de phoque et en blouse de grosse laine. Ces honorables représentants n'ont d'autre marque de leur dignité qu'une toque rouge à galon d'or, blasonnée des armes danoises que surmonte un ours polaire doré, debout et couronné, cadeau du gouvernement central et qui ne se porte que durant les sessions.

Le docteur Hayes a eu la curiosité d'assister à une séance de l'une de ces assemblées. L'objet des travaux portés à l'ordre du jour était une distribution de secours aux indigents. Il se présenta d'abord un pauvre Esquimau, en haillons, presque nu ; il avait perdu son kayak, brisé par les glaces, et il manquait de tout; on lui vota une allocation de vivres et de vêtements et, par prudence, ce fut à sa femme que l'on remit le bon qui devait être présenté à l'entrepôt public. Une petite somme d'argent fut ensuite accordée à un jeune chasseur

qu'un accident en mer avait aussi privé de son canot ainsi que de ses armes, et qui, à la suite d'une blessure, avait été malade; il fut ainsi mis à même de se construire une embarcation nouvelle et de se procurer une lance et un harpon. Un père de famille, qui avait plusieurs filles, obtint de quoi fabriquer un oumiak à leur usage, à la condition de restituer la moitié de la somme dans un délai de deux ans. D'autres secours, en vêtements ou en vivres, furent accordés à une femme malade, à des orphelins. Le temps de la séance fut bien employé. On parla peu; on ne dit que ce qui était nécessaire; on ne se disputa pas ; on expédia les affaires. Leur travail achevé, les députés, sans conversations oiseuses, sans commérages inutiles, s'en allèrent chacun chez soi.

Un autre jour, l'assemblée ne remplira pas seulement l'office d'un bureau de bienfaisance ; elle prononcera des amendes, des retenues sur les paiements, contre la mauvaise foi, la fraude, même contre la paresse ; elle punira des délits à la façon d'un tribunal correctionnel.

Une cérémonie qui ne surprit et n'intéressa pas moins le docteur Hayes fut la célébration du culte du dimanche dans la modeste église d'un village groënlandais. Ce jour-là, les sauvages comme les civilisés avaient quitté leurs travaux ; les lignes et les filets des pêcheurs séchaient près des huttes; les chasseurs laissaient courir le gibier des montagnes; on n'entendait plus retentir le marteau du tonne-

lier ni l'enclume du forgeron. Quand le voyageur approcha de l'église, les sons de l'orgue frappèrent son oreille. Il entra et prit place dans les rangs de la petite assemblée. Les femmes, là comme ailleurs, étaient en majorité. Elles chantaient bien, et en général elles ne parurent pas trop distraites par la présence inusitée d'un étranger. Le pasteur prêcha en langage esquimau. Cette langue, bien prononcée, malgré la longueur des mots, ne manquait pas d'harmonie. Les cantiques étaient aussi traduits dans cet idiome, et rimés. C'était un indigène qui tenait l'orgue et il n'en touchait pas mal. Le catéchiste, autre indigène, conduisait le chant, auquel prenait part toute la communauté.

Il n'y avait aucune raison, sauf l'étrangeté de la langue et du costume des assistants, pour qu'on ne se crût pas au milieu d'une fervente congrégation religieuse de n'importe quel pays d'Europe, tant l'attention et le recueillement des fidèles étaient exemplaires.

CHAPITRE XIV.

L'intérieur d'un gouverneur danois. — Un amateur de la nature et de la vie groënlandaises. — La ferme du docteur Molke. — Un jour de bonheur pour les familles danoises.

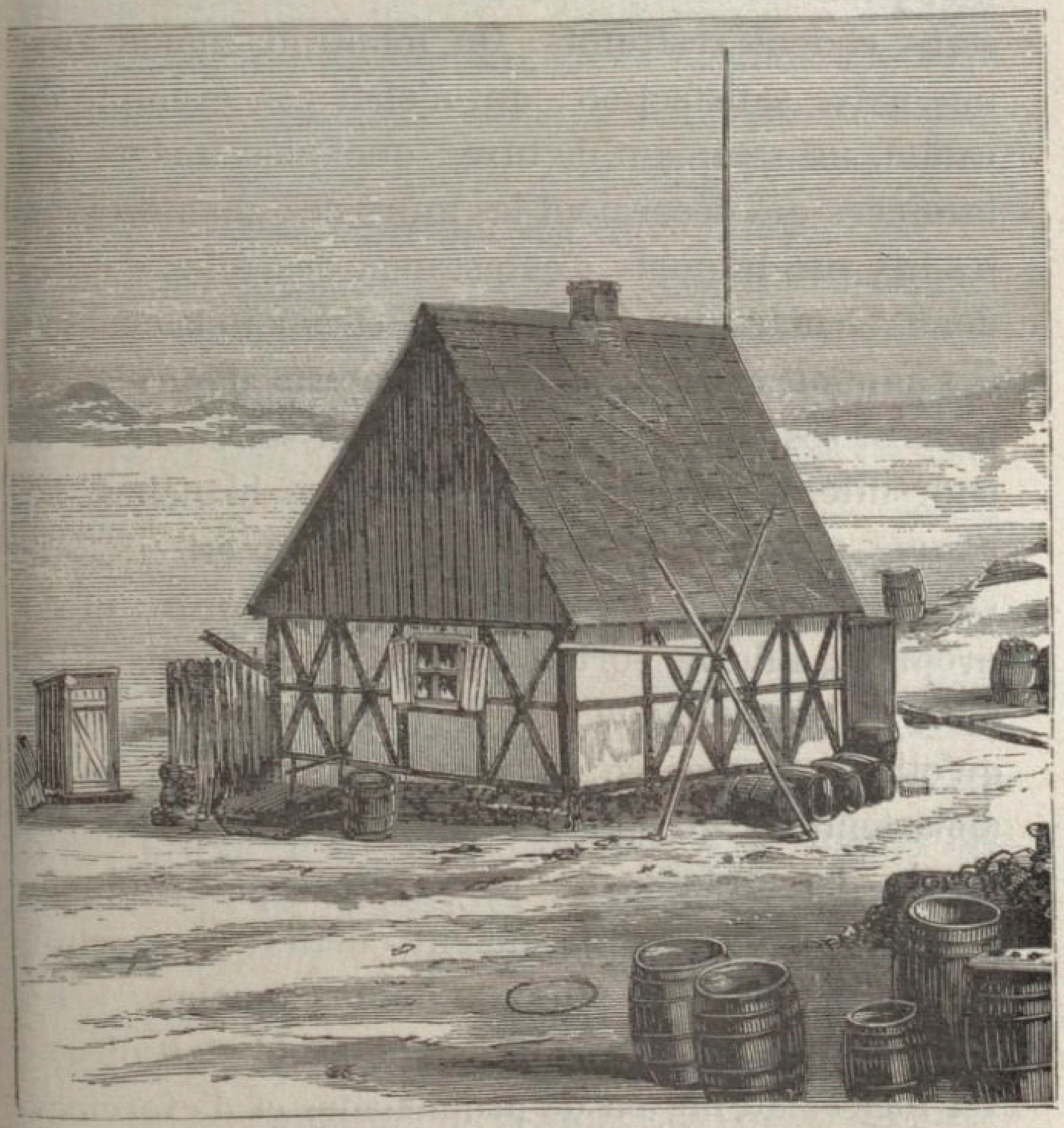
Si les Esquimaux ont trouvé avantage à accepter la domination ou plutôt la tutelle des Européens, qui leur achètent les produits de leur chasse et de leur pêche, qui les secourent et les mettent à l'abri de la misère, on s'étonne que les modestes salaires offerts par la Compagnie royale des pêcheries du Groënland aient décidé des fonctionnaires danois à s'exiler sur une terre aussi inhospitalière. Fus-sent-ils plus largement rétribués, à quoi leur servirait la richesse dans un pays désert et absolument improductif? Toutes les provisions qui leur sont nécessaires, le pain, les vivres de toute sorte, leurs vêtements, le bois de leurs maisons, leurs meubles, sont apportés du Danemark par un navire qui, pour chaque district, ne vient qu'une fois par an. Si ce navire n'arrivait pas, ils manqueraient de tout. Si seulement une tempête, les vents

contraires, les glaces le retardent de quelques jours, les plus vives inquiétudes se répandent parmi eux : l'effrayante perspective de l'abandon, de la rupture de toute communication avec la patrie et le reste du monde, des plus cruelles privations matérielles et morales, se présente aussitôt à leur esprit.

C'est surtout dans les petites stations du nord que les résidents danois mènent une vie morne, dépouillée de tous les éléments naturels ou sociaux, dont nous ne concevons pas qu'on puisse supporter la privation. Quand Hayes aborda à Tessuisak, situé à 80 kilomètres au-dessus d'Upernavik, il fut frappé de l'affreuse tristesse de ce petit port. Il vit une pointe de terre aride, hérissée de rochers et qu'un énorme iceberg, échoué sur le rivage, avait d'abord dérobée à ses regards. Sur le roc nu était plantée une cabane en planches ; le pavillon rouge et blanc du Danemark flottait sur le toit : c'était la demeure du gouverneur, M. Jansen. Il n'y vivait pas seul ; il avait avec lui sa femme et trois enfants, un petit garçon et deux petites filles. L'isolement de cette famille était complet. Vingt lieues de mer ou de glace la séparaient de toute créature civilisée. Elle n'avait pour société que les administrés du gouverneur, une soixantaine d'Esquimaux à demi sauvages, repoussants de misère et de saleté, dont on voyait les huttes et les tentes dispersées sur les pentes rocheuses du promontoire et les hordes de chiens batailleurs, hurlant perpétuellement. Auprès de ces huttes gisaient des amas de carcasses de

phoques, de débris de poissons en décomposition, d'où se dégageait, même au loin, une odeur insupportable.

M. Jansen était pauvre. Les produits de la station,



La maison d'un gouverneur danois.

en huile de phoque, en peaux d'ours blancs et en édredon, n'étant par an que de 25 000 francs, sur lesquels le gouverneur touchait 5 pour 100, il n'avait que 1250 francs, plus un salaire fixe de

125 francs. La nourriture lui était donnée gratuitement, mais pour lui seul; on n'avait pas prévu la femme et les enfants. La modeste famille ne se plaignait cependant pas; elle ne croyait pas manquer du nécessaire, tant ses désirs et ses besoins étaient restreints. On montrait même avec une naïve satisfaction, qui n'était pas exempte de vanité, un semblant de luxe : quelques images enluminées qui décoraient les murs des chambres, et les lits sur lesquels s'entassaient des piles d'édredons. Le mari, lui, avait pour distraction la chasse; il s'animait en racontant ses captures d'ours et de rennes, ses courses aventureuses et ses succès à la poursuite des phoques et des baleines blanches. La femme s'occupait de l'intérieur, dont elle s'efforçait de déguiser la pénurie à force d'ordre et de propreté. Elle ne sortait jamais de chez elle. Elle était de Copenhague, et il y avait sept années qu'elle était séparée du monde auquel elle avait appartenu et qu'elle ne devait peut-être jamais revoir. Les enfants ne paraissaient pas avoir la gaieté de leur âge; ils étaient chétifs; le scorbut les avait tous déjà plus ou moins touchés. « Et comment les entretenir en bonne santé, fait observer Hayes, au moyen de promenades et d'exercices en plein air, dans un climat où, neuf mois sur douze, la neige couvre la terre; où le soleil disparaît complètement pendant plus de cent jours; où en hiver la maison doit être blindée avec de la neige et garnie de doubles vitres; où poêles et

lampes brûlent sans cesse pour écarter le terrible froid qui, au dehors, descend souvent à 45 degrés au-dessous de zéro, et même plus bas, et où les tourmentes de neige tourbillonnent presque quotidiennement dans les airs? » Les trois enfants qui, en dehors des Esquimaux leurs voisins, n'avaient jamais vu que leur père et leur mère, regardaient le docteur Hayes avec stupéfaction. Mais ce qui paraissait surtout les émerveiller, c'était le bateau à vapeur qui avait amené l'étranger et qu'on apercevait, à travers les carreaux de la croisée, manœuvrant dans la baie, fumant et sifflant. Aucun navire ne touchant à Tessuisak, jamais pareil spectacle n'avait frappé leurs yeux.

On pourra trouver dans d'autres stations des intérieurs plus confortables et plus riants que celui du pauvre gouverneur de Tessuisak. Entrez chez tel médecin, tel missionnaire, à Godhavn, même à Upernavik : vous serez surpris d'y voir une chambre garnie de meubles commodes et même élégants; devant la fenêtre, entrê de blancs rideaux de mousseline, une jardinière où quelques plantes d'Europe, un rosier, un réséda, un héliotrope, réussissent à fleurir et répandent leur parfum; à côté d'une bibliothèque remplie de livres, un piano chargé de cahiers de musique; un feu clair flambant dans la cheminée; un chat couché sur le tapis du foyer, et, dans une cage suspendue au mur, un canari qui gazouille. Mais si vous vous approchez de la croisée pour regarder au dehors, un océan hérissé

de blocs immobiles, une chaîne indéfinie de cimes neigeuses vous rappellent que vous êtes prisonnier au milieu des glaces arctiques.

Malgré les rigueurs de la nature polaire, malgré la tristesse d'un perpétuel isolement, il y a d'assez nombreux exemples d'hommes distingués par le caractère et par l'éducation, ayant joui de toutes les douceurs de la civilisation la plus raffinée, qui se fixent au Groënland par goût, et qui s'y trouvent heureux. Tels sont le docteur Rudolph, ancien chirurgien de l'armée danoise, devenu gouverneur et médecin d'Upernavik, et le docteur Molke, exerçant aussi la médecine dans un autre petit port de l'inspectorat septentrional.

Ce dernier habitait il y a quelques années, quand le navigateur au récit duquel nous empruntons ces détails lui rendit visite, — et peut-être habite-t-il encore aujourd'hui, — une maison d'humble apparence, dont l'extérieur était badigeonné de goudron. Les alentours n'en étaient pas séduisants : c'était, comme toujours, un sol rocheux, absolument nu, profondément crevassé, et, par derrière, un infranchissable rempart de montagnes tapissées de neige et entrecoupées de glaciers. Mais l'intérieur de la maison était charmant. Le voyageur fut introduit par une servante esquimaude au visage basané, aux cheveux noirs enrubannés, vêtue d'une jaquette garnie de fourrure, de pantalons en peau de phoque d'un gris argenté et de bottes blanches.

Le docteur Molke, fort bien tenu, irréprochablement rasé, habillé d'un frac de drap bleu à parements brodés, sur lequel, pour sortir, il jetait un manteau de peau de phoque doublé de fourrure de renard argenté, était dans son cabinet de travail. Cette pièce était garnie de meubles anciens très élégants. Un riche tapis couvrait le plancher. D'épais rideaux cramoisis encadraient les fenêtres. De belles peaux d'ours blancs s'étalaient sur les sièges et traînaient par terre sur le tapis. Les murs étaient ornés de tableaux et de portraits. Des consoles, des étagères supportaient des objets d'art et de curieux souvenirs de voyage. Un grand nombre de livres, parmi lesquels figuraient les principaux classiques français, anglais, allemands, danois, s'alignaient sur les rayons d'une bibliothèque ; d'autres étaient épars sur une table.

Un excellent déjeuner fut servi dans une jolie salle à manger par la cuisinière en culottes de peau de phoque. Il se composait de saumon fumé, de langue de renne fumée, de pain blanc et tendre ; de très bons vins, du madère, du château-margaux, du johannisberg, qui l'accompagnaient, émerveillèrent l'hôte du docteur, mais beaucoup moins qu'un plat de petits radis roses et une salade de laitues fraîches : ces légumes invraisemblables sous le 72e degré de latitude arrachèrent une exclamation de surprise au voyageur. « C'est un produit de ma *ferme* » dit tranquillement M. Molke. Naturellement on demanda à visiter cette ferme :

c'était, à quelques pas de la maison, une plate-bande longue d'environ trente pieds, large de quatre, entourée de planches et recouverte de châssis vitrés. La terre dont elle était formée était un riche terreau du Jutland, apporté de Copenhague dans des tonneaux. Ce n'était pas tout; une ferme ne va pas sans une basse-cour et une étable : il y avait l'une et l'autre, et c'était un petit bâtiment, chauffé par un poêle, dans lequel étaient enfermés trois chèvres, deux cochons et vingt poules, venus aussi du Danemark.

Après une partie de billard, car il y avait un billard dans la maison de M. Molke, le docteur dit à son hôte : « Vous voyez que je ne manque de rien ici et que je ne suis pas à plaindre. Je suis venu au Groënland par choix et je suis libre de m'en aller quand il me plaira. Je vais à Copenhague une fois tous les trois ou quatre ans, mais c'est toujours avec plaisir que je reviens ici. Les honoraires que je reçois du gouvernement sont loin de suffire à la vie que je mène; ce n'est pas là mon mobile. Mais je suis indépendant, je jouis d'une excellente santé et le milieu où je suis fournit autant d'imprévu que peut en souhaiter l'humeur la plus aventureuse et la plus vagabonde. Je ne connais pas l'ennui. Mes livres sont mes amis; je ne me lasse jamais d'eux et ils ne se lassent pas de moi. Nous nous entendons admirablement; ils me parlent quand je suis disposé à écouter, ils m'amusent quand j'ai besoin d'être distrait. Vous conviendrez

qu'aucun pays n'est aussi propre que celui-ci à la lecture. Nulle part on n'est aussi peu dérangé. Les ouvrages nouveaux ne me manquent pas ; ils m'arrivent une fois par an avec le navire danois qui nous apporte la farine, le sucre, le café, le charbon et les autres provisions, pour repartir chargé des fourrures, de l'huile et du poisson sec que les indigènes ont recueillis dans l'intervalle.

« On me trouve sans doute insensé d'habiter volontairement un pays pareil : on a tort. Je l'aime, ce pays, je le préfère à tous ceux que j'ai vus dans mes voyages. Il y a quelque chose de terrible dans cette nature indomptable. Il faut incessamment lutter avec elle, et cette lutte est pour moi une jouissance ; pour rien au monde je ne l'échangerais contre la vie efféminée que je mènerais ailleurs. Je vivrais probablement en oisif, sans but, sans périls à affronter, sans aucune occasion de montrer du caractère, de déployer une énergie virile. Je suis un épicurien à ma manière ; je jouis de l'existence et j'en tire, à mon point de vue, le meilleur parti possible. Mon bien-être, le petit luxe dont vous voyez que je m'entoure de mon mieux, donne plus de saveur aux privations et aux rudesses de ma vie sauvage. L'un fait valoir l'autre, et réciproquement. Si je dors une nuit dans un lit moelleux, je sais la nuit suivante coucher par terre sur la neige, au milieu de mes chiens, et j'y dors tout aussi bien. Si j'ai un faible pour le vin de Bourgogne, si j'aime à le déguster dans un joli

verre de cristal taillé, je sais à l'occasion boire de l'huile de baleine dans un gobelet d'étain. J'aime les habits de drap fin, mais une grossière peau de bête fait, le cas échéant, tout aussi bien mon affaire.

« Mes fonctions m'obligent à voyager en toute saison, par tous les temps. Ce n'est que par mer qu'on peut arriver aux autres stations du district. En hiver, je voyage sur la glace dans mon traîneau d'Esquimau; en été, je m'embarque sur ce petit yacht de cinq tonneaux que vous voyez là-bas mouillé dans le port et qui m'appartient. Quelquefois je pars de mon plein gré, je visite plusieurs villages, m'arrêtant là où je trouve des malades et où l'on a besoin de mes soins. Le plus souvent on m'envoie chercher. La distance à franchir est parfois de quatre-vingts, de cent milles, ou même davantage. Si la mer est libre de glaces, Adam, un indigène converti, et son fils Karl, sont prévenus par Sophie, — c'est la servante que vous avez vue; — ma boîte de pharmacie, ma trousse de chirurgien, mon fusil et ma carabine, des munitions, une tente, quelques fourrures, une lampe et des provisions de bouche sont promptement portés à bord du yacht, et nous partons, quelque temps qu'il fasse. Si le vent s'élève, s'il survient une tempête, tant pis. Je suis souvent trempé jusqu'aux os; j'ai failli plus d'une fois me noyer, n'importe; cette vie a du charme pour moi. Je m'absente un jour, deux jours, une semaine, un mois; je fais ce que je veux, je suis libre!

« L'hiver ne m'arrête pas, je vais où l'on m'appelle. Je fais atteler au traîneau mes chiens, les plus beaux et les meilleurs du pays, et Adam me conduit à destination aussi vite que puisse aller cette meute sauvage. Si c'est au commencement de l'hiver, quand la glace est encore mince, il arrive qu'elle se brise sous notre poids et que tout l'équipage, bêtes et gens, tombent dans l'eau glacée ; il n'est pas toujours facile de se tirer de là et surtout de se sécher. Ou bien nous arrivons à une crevasse qu'il est impossible de franchir, et nous sommes obligés d'attendre, blottis dans une hutte de neige, que la gelée ait construit un pont qui nous permette de passer outre. Cette manière de voyager en traîneau, soit au commencement, soit à la fin de l'hiver, est vraiment fort périlleuse et m'a valu des aventures bien émouvantes, auxquelles je songe ensuite, au coin de mon feu, avec infiniment de plaisir.

« Mais le bon moment pour voyager dans notre pays, c'est en plein hiver, quand on n'a pour s'éclairer que la clarté de la lune ou la lueur des étoiles, quand la neige est durcie par la gelée et que le froid active la circulation du sang dans les veines. Aller droit devant soi sans obstacle, fendre l'air vif et pur au triple galop d'un attelage endiablé, je vous assure que c'est une vraie jouissance. Et puis on a parfois la chance de faire la rencontre d'un ours blanc ; on le poursuit, on tâche de l'approcher, de lui couper la retraite pour l'empêcher de

se réfugier sur quelque glaçon flottant; rien n'est plus amusant; et quel triomphe quand on réussit à abattre l'animal et qu'on rapporte sa belle fourrure comme preuve de son exploit!

« Vous voyez, dit en terminant le docteur Molke, que l'on peut fort bien vivre au Groënland. Citez-moi un autre point de la terre où, quant à moi, je trouverais des conditions pareilles, plus complètement en rapport avec mes goûts. »

Tous les résidents danois ne partagent pas les goûts du docteur Molke, ne tirent pas un aussi bon parti des pauvres ressources de la nature polaire et ne se félicitent pas au même degré de leur séjour au Groënland. Mais chaque année ramène pour tous un moment heureux, une époque de joie : c'est celle où le navire de la Compagnie, parti de Copenhague, arrive au principal port du district. Non seulement ce navire est chargé des provisions impatiemment attendues, mais il apporte des nouvelles des parents, des amis, de la patrie lointaine, dont on ne sait plus rien depuis douze longs mois. Aussi, dès que l'apparition du bâtiment est signalée, quelle joie, quelle émotion pour les deux ou trois familles danoises de l'endroit! Tous les bateaux s'élancent au-devant de lui ; c'est à qui l'atteindra le premier, à qui le remorquera dans le fiord. Les Esquimaux ne montrent pas moins d'empressement ; ils accourent dans leurs petits kayaks, qui, rapides comme des flèches, sillonnent les eaux de la baie ; ils entourent, ils escortent en criant; en

gesticulant, le navire qui avance lentement, qui enfin s'arrête et jette l'ancre près du rivage. Bientôt chacun a reçu le paquet qui lui est destiné. On rentre en hâte à la maison, et la table, tous les meubles se couvrent de lettres, de livres, de journaux, de cadeaux de toute sorte, envoyés par un père, une mère, un frère, une sœur, par d'anciens amis qui ont voulu adoucir un peu la triste solitude des chers absents. On apprend un mariage, une naissance inattendus, sur lesquels des photographies complètent les renseignements déjà donnés par les lettres, quelquefois aussi des deuils, qui font couler bien des larmes. Il faut plusieurs jours pour tout lire et relire, tout examiner et admirer ; après quoi on retombe dans le vide de la vie ordinaire, et l'on restera toute une année sans plus avoir aucune communication avec le monde des vivants.

CHAPITRE XV.

Les navigateurs. — Dangers des expéditions polaires. — Les vaisseaux aux prises avec les glaces flottantes. — Duel de la *Panthère* et d'un iceberg. — Investissement et emprisonnement des navires. — Soulèvements des champs de glace. — Le *Tegetthoff* au milieu des pressions.

Les difficultés et les périls de toute sorte qui défendent l'accès de régions arctiques ont été plutôt un attrait qu'un obstacle pour les hardis navigateurs qui depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à nos jours les ont explorées. L'infortune de ceux qui ont payé de souffrances extraordinaires ou même de la vie la témérité de leur entreprise n'ont pas découragé les autres. Il s'est toujours trouvé, et il se trouvera toujours, pour l'honneur de l'humanité, des âmes éprises des tâches ardues et dédaigneuses de l'oisiveté ou des besognes vulgaires.

L'histoire des premiers explorateurs arctiques est presque un martyrologe. Après les deux Cabot, Jean et son fils Sébastien (1496-1517), qui d'Angleterre se lancèrent vers le nord-ouest et, malgré la mutinerie des matelots ajoutée à celle des élé-

ments, touchèrent la côte septentrionale de l'Amérique, Willoughby et Chancelor tentent de passer aux Indes par le nord-est ; le premier meurt de froid et de faim, et l'on retrouve son cadavre tenant encore à la main le journal de bord, au milieu de ses soixante-dix compagnons, morts aussi, sur une grève de la Laponie orientale ; le second pousse plus loin, arrive à la mer Blanche et périt à son tour. Vingt ans après, Martin Frobisher part à la recherche du passage du nord-ouest, « la seule chose, selon lui, qui puisse satisfaire une âme élevée et la rendre glorieuse, » bientôt suivi de John Davis, immortalisé par le détroit auquel est attaché son nom, et de Humphrey Gilbert qui sombre avec tout son équipage dans une des terribles tempêtes de ces parages. Ensuite (1594), le hollandais Barentz s'avance au nord-est jusqu'à l'île de l'Ours, jusqu'au Spitzberg, jusqu'à la pointe septentrionale de la Nouvelle-Zemble, où, emprisonné par les glaces, il passe un terrible hiver ; enfin la banquise lui rend la liberté, il revient, mais épuisé, malade, et il succombe en route. Henri Hudson (1607-1610) finit plus déplorablement encore une carrière héroïque ; il part sur un petit bâtiment de 80 tonneaux, se proposant d'arriver au Japon en passant droit par le pôle ; la glace l'arrête ; il recommence, pour échouer encore ; il se rabat sur l'Amérique, découvre la grande baie qui porte son nom, veut y rester malgré l'hiver ; son équipage se révolte, l'emmène de force, le jette avec quelques

matelots restés fidèles dans une chaloupe, sans voile, sans vivres, et l'abandonne à une mort affreuse au milieu de l'Océan. Plus tard, c'est le danois Behring, naviguant au service de la Russie, qui périt de misère et de froid, avec trente de ses compagnons, dans une île déserte du détroit qu'il a découvert.

Dans notre siècle, l'histoire, on pourrait dire l'épopée, des explorations polaires, moins tragique peut-être, mais non moins héroïque, se poursuit. Ross donne l'exemple. Il s'engage dans les dangereux défilés de l'immense labyrinthe qui surmonte l'Amérique. Après six hivers passés dans ces effroyables solitudes, il reparaît en Angleterre, où on ne l'attendait plus. En même temps, tandis que Wrangell, de la côte de Sibérie, s'avance vers le nord aussi loin que la mer gelée peut le porter, Parry pénètre jusqu'aux plus reculées des îles américaines et mérite que tout ce grand archipel porte désormais son nom. Ce n'est pas assez; il s'en va à la pointe la plus septentrionale du Spitzberg, et de là part à pied en droite ligne pour le pôle ; il atteint 82°40′ de latitude, mais tandis qu'il avance, la glace qui le porte recule et lui fait manquer son but. De son côté, John Franklin (1819-1845) fait des prodiges ; il traverse tout le nord du continent américain, un désert glacé de 5550 milles, qui devient le théâtre de scènes inouïes de famine, de souffrances de tout genre ; il y retourne cependant et reconnaît pas à pas toute la ligne

des côtes ; reparti une troisième fois, il ne revient plus. On se précipite à sa recherche ; Anglais et Américains, c'est à qui, dans ce dédale de mers et de terres glacées, découvrira ses traces. Il faut dix et douze ans pour que son triste sort soit connu, sa perte constatée. Notre compatriote Bellot, qui avait voulu, dans cette généreuse entreprise, sa part de péril et d'honneur, y trouve, lui aussi, la mort ; plein de jeunesse et d'avenir, il s'abîme dans une crevasse,

Dans ces pieuses expéditions, les intérêts de la science ne sont pas négligés : Mac Clure accomplit la traversée, depuis si longtemps essayée en vain, du Pacifique à l'Atlantique ; le passage nord-ouest est trouvé, mais reconnu impraticable. Les américains Kane, Hayes, Hall s'enfoncent dans le détroit de Smith ; les deux derniers dépassent l'un le 81e, l'autre le 82e parallèle ; le malheureux Hall y est resté, sous une croix de bois. En même temps, la côte orientale du Groënland reçoit la visite hardie du navire allemand la *Germania*, commandé par Koldewey. Puis le lieutenant autrichien Payer, sur le *Togetthoff*, arrache à l'inconnu la terre de François-Joseph, groupe d'îles presque aussi vaste et plus septentrional que le Spitzberg. Enfin, tout récemment, le capitaine anglais Nares et ses lieutenants contournent vers l'ouest la Terre de Grant et, parvenant au nord à 83°20′26″, point qui n'avait jamais été atteint, ne laissent que 150 lieues entre le pôle et eux ; d'un autre côté, le professeur da-

nois Nordenskiold, débarquant au Japon après avoir longé les côtes russe et sibérienne, fournit une preuve triomphante de l'existence du passage nord-est, qu'il avait d'avance annoncé.

Il est certain que les expéditions polaires sont moins périlleuses aujourd'hui qu'elles ne l'étaient autrefois. Les vagues terreurs de l'inconnu se sont dissipées. On sait mieux avec quels ennemis on aura à se mesurer. Les navires que l'on emploie, plus solides, savamment aménagés, mus par la vapeur, sont appropriés à ce genre de navigation ; on est mieux muni contre le froid, contre la famine. Cependant les dangers auxquels on s'expose, quoique prévus, demeurent très grands et impossibles à prévenir.

Le plus inévitable de ces dangers vient des glaces qui, en toute saison, sous des formes diverses, occupent l'Océan polaire. Le spectacle seul de cet Océan suffirait pour ébranler les courages les plus fermes. Quand la surface de la mer est parsemée d'icebergs et que le vent agite les vagues, il s'établit entre elles et les montagnes de glace une lutte furieuse. Les eaux gonflées se heurtent contre ces énormes blocs, elles semblent se lancer sur eux avec colère ; par moments, elles les surmontent et les ensevelisssent sous elles, mais bientôt les glaçons, s'efforçant de revenir à la surface, rejettent à leur tour les eaux qui les couvrent et les font retomber en cataractes immenses ; chacun d'eux se roule dans son lit bouleversé, rencontre et cho-

que quelque voisin, qui riposte, et il s'engage entre les deux masses de cristal un véritable combat jusqu'à ce que l'une d'elles se soit superposée à l'autre. Et cette scène d'effroyables convulsions ne se borne pas à un espace restreint, elle se répète de tous côtés, elle s'étend sur toute la mer jusqu'aux dernières limites de l'horizon. Excepté dans les tremblements de terre ou dans les éruptions volcanique, nulle part la nature ne déploie une aussi terrible violence.

Quand un navire se trouve pris dans cette tumultueuse bagarre, il est exposé à de funestes aventures. Une lame l'enlève et le lance brusquement contre un iceberg; ses flancs ploient sous le coup, toute sa membrure s'ébranle et grince; il chancelle, il recule et c'est pour rencontrer un autre glaçon qui de nouveau le heurte et le repousse. Il est ainsi ballotté entre des écueils mouvants, qui semblent venir au-devant de lui et le chercher; il est assailli de tous les côtés comme par une batterie de béliers qui le cernent, lui disputent l'étroit espace d'où il essaye vainement de s'échapper et l'attaquent pièce à pièce.

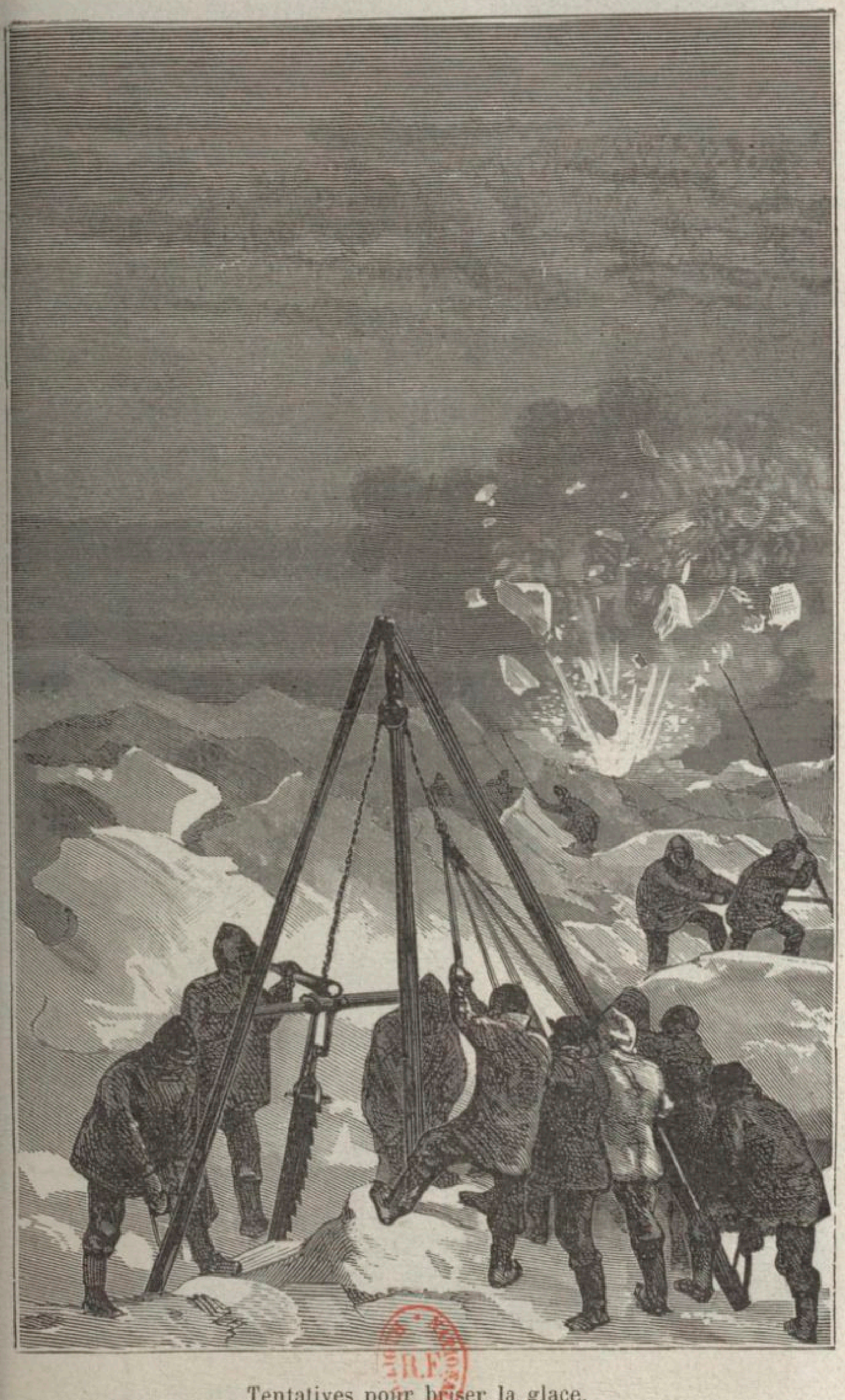
Si par malheur il subit au même moment deux chocs contraires, s'il est saisi entre deux masses dures comme l'acier, souvent trois et quatre fois plus grosses que lui, il peut être broyé en moins d'une minute dans leur collision. Il peut arriver aussi qu'un bâtiment soit percé de part en part par deux éperons de glace, longs de cent pieds, aigus

comme des épées, qui se rejoignent et se croisent à travers ses bordages.

Une des fatalités des voyages arctiques, c'est, dès le commencement de l'automne, au mois de septembre et même à la fin d'août, la réunion des banquises flottantes en un champ de glace continu et l'emprisonnement des navires scellés dans ce plancher rigide. Au début et à la fin des grandes gelées d'hiver, on peut lutter contre cet investissement, quelquefois avec succès. Tantôt on coupe la glace avec de grandes scies qui se manœuvrent au moyen d'une corde et d'une poulie placée au sommet d'un triangle formé par de longues perches; on ouvre ainsi un chenal de la largeur du navire : on a soin d'enlever à mesure les morceaux détachés; sinon, les deux bords de la section se ressoudent bientôt et le travail est à recommencer; par ce procédé, impossible d'ailleurs quand la glace est trop épaisse, on n'avance guère que de vingt ou trente brasses par jour. Tantôt on emploie la mine; on introduit sous la couche de glace ou dans son épaisseur des cartouches chargées d'une vingtaine de livres de poudre, quelquefois du double et même du triple; l'explosion crève la banquise : Mac Clure, se trouvant bloqué, près de la Terre de Baring, par un énorme banc de glace, y fit enfoncer à 25 pieds de profondeur un baril de poudre pesant 255 livres; le bloc, dont l'épaisseur dépassait par places 65 pieds, éclata en tous sens et le navigateur continua sa route. Ou bien le navire entreprend de se

frayer un passage à travers les glaces en se lançant sur elles et en les brisant de sa proue ; il engage en quelque sorte avec elles un combat corps à corps. C'est ainsi que la *Panthère*, sur laquelle le docteur Hayes visita le Groënland, put sortir d'Upernavik. Une montagne de glace, échouée à l'entrée du port, lui barrait le chemin. « En arrière ! » cria le capitaine ; puis quand le bâtiment eut pris du champ : « En avant, à toute vapeur ! » La *Panthère* courut droit sur le glaçon et le frappa de son éperon de fer. Le choc fut terrible. Les hommes qui étaient sur le pont perdirent l'équilibre et furent renversés ; les mâts plièrent. La proue sortit de plus de 5 pieds hors de l'eau. Mais le bloc n'était pas entamé. On recommença la manœuvre deux fois, trois fois ; la mer se couvrit d'innombrables fragments détachés par la collision ; l'iceberg demeurait ferme. Enfin le capitaine remarqua que sur un point près du centre la glace paraissait un peu moins épaisse ; par trois fois encore il attaqua ce point ; au dernier coup, la masse de cristal se fendit avec un formidable craquement, les deux moitiés se séparèrent, pivotèrent sur leur base et tombèrent à la renverse en frappant la mer avec fracas. La *Panthère* victorieuse mit le cap au travers de tous ces débris et passa.

Ces tentatives de délivrance ne peuvent être faites que dans le cas où les barrières de glace ont peu d'étendue et séparent le navire d'une mer libre. Quand toute la surface de l'Océan est prise, il faut



Tentatives pour briser la glace.

La Panthère brisant un iceberg.

se résigner à une longue captivité, à laquelle la fonte et la débâcle des glaces, œuvre de l'été, peuvent seules mettre fin. Si la plaine rigide qui vous enserre conservait toujours sa fixité, on n'aurait que l'ennui prévu de l'immobilité et de l'attente. Mais il n'en est pas ainsi : tout à coup voici que l'immense champ de glace, travaillé par d'internes et irrésistibles pressions, se tourmente ; il se soulève, se fend, se disloque ; il se morcelle en une multitude de fragments agités de mouvements désordonnés. On ne peut concevoir une situation plus horrible que celle d'un navire devenu la proie, le jouet de ce chaos mobile.

Nous trouvons un émouvant récit d'un drame de ce genre dans la relation du lieutenant Payer, dont le navire, le *Tegetthoff*, a failli bien des fois périr dans les continuels bouleversements de la banquise au milieu de laquelle il a subi, entre la Nouvelle-Zemble et la terre de François-Joseph, un emprisonnement de deux années : l'automne approchait et le froid augmentait tous les jours. L'Océan gelé s'étendait tout autour du navire à perte de vue ; c'était une morne solitude, mais paisible et qui n'inspirait aucune crainte ; pendant plusieurs semaines on put se promettre un hivernage relativement facile. Un jour, — le 12 octobre, — quelques indices inquiétants se manifestèrent ; on remarqua que les lampes des chambres vacillaient et l'on sentit la banquise remuer. Le lendemain, le démembrement du plancher de glace s'opéra. Une fissure se produisit en

travers sous le bâtiment, qui se trouvait au centre même d'une pression. Toute résistance était impossible; on vit cependant quelques chétives créatures humaines faire appel à leurs bras de pygmées pour se mesurer avec la toute-puissante nature. Officiers et matelots sautèrent sur la glace, dont les trépidations remplissaient l'air de gémissements lugubres, et, comme des araignées qui réparent les fils brisés de leur toile, ils tentèrent de recoudre, au moyen d'ancres et de câbles, les déchirures de leur glaçon; puis ils comblèrent les coutures avec de la neige, dans l'espoir que la gelée achèverait leur œuvre. Mais le moindre soulèvement du vaste sein de l'Océan polaire suffisait pour faire éclater tout ce misérable rapiécetage.

Pareilles à une foule en démence un jour d'émeute, les glaces s'insurgèrent de tous côtés. Des plaines unies se soulevèrent et devinrent de menaçantes montagnes; ce n'étaient plus des murmures, des gémissements qui sortaient de ce chaos; c'étaient des mugissements, des hurlements formidables; on croyait entendre la clameur de milliers de voix furieuses.

La banquise, mise en pièces, n'était plus qu'un entassement d'icebergs en mouvement, un pêle-mêle de blocs qui se dressaient ou s'enfonçaient en grinçant. Le *Tegetthoff* se trouva dès lors assailli, heurté, soulevé par les glaçons. Tous les hommes de l'équipage se précipitèrent dans les chambres et firent en hâte leurs préparatifs de départ; ils se

revêtirent de leurs meilleurs habits, ils se munirent de deux pavillons, ils prirent les objets auxquels ils tenaient le plus, en jetant aux autres un triste regard d'adieu. « Ce sont là de terribles moments : se déshabiller, se rhabiller dans cette frêle coque de bois qui tressaute, secouée par les bouillonnements d'un Océan en ébullition ; soupeser une dernière fois les objets qu'il faut définitivement choisir ; se dire que tout espoir est perdu, et pourtant, dans ce sort désespéré, ne pouvoir se résoudre à rien oublier !.. Il semble qu'on est entouré de démons ; on les entend qui vous hèlent d'une voix impatiente, on perçoit leurs éclats de joie farouche, tandis que toutes les cloisons grincent, que le navire monte et s'abaisse, que tout s'abîme, se bouscule, que les portes battent d'elles-mêmes et que l'on est là, anxieux, attendant le moment où, tout cédant à une effroyable et dernière convulsion, la troupe infernale fera son entrée. »

La pression augmente encore d'intensité ; c'est un pétillement universel, comme celui d'un vaste incendie. L'équipage saute d'un bond sur le pont. On se répartit les soins du sauvetage. L'un équipe les chaloupes ; un autre s'occupe de l'embarquement des provisions, des munitions et des armes ; d'autres préparent les traîneaux, les tentes, les sacs de nuitée, les fourrures, que l'on se distribue et dont on s'enveloppe.

Voici chacun, son paquet à la main, prêt à partir. Mais où aller ? Il n'y a plus autour du *Tegett-*

hoff un seul glaçon qui soit entier; le regard cherche en vain aux alentours un fragment de quelque étendue sur lequel on puisse se réfugier. Et d'ailleurs pas un bloc, pas un morceau de glace qui soit en repos; tout se cabre et tournoie; impossible de poser le pied quelque part. Aventurer un traîneau? Il serait immédiatement englouti. Mettre les chaloupes à la mer? Mais il n'y a plus de mer; ce n'est qu'une tumultueuse cohue de glaces houleuses. Où se sauver, quand tout à l'heure le bâtiment va s'entr'ouvrir et sombrer?

Le *Tegetthoff* ne sombra pas; il tint bon. Vers le soir, les pressions diminuèrent, la révolte des glaces s'apaisa peu à peu, le calme se rétablit. Après ces cataclysmes, toute la nature, comme épuisée de fatigue, semble reprendre haleine et sa face, naguère convulsionnée, redevient immobile et fixe. Mais les plaines glacées ont changé d'aspect; ce n'est plus qu'une agglomération d'écueils enchevêtrés, découpant de toutes parts dans l'espace leurs étranges silhouettes et laissant entre eux des abîmes béants. Repos sinistre et inquiétant, que peut troubler d'un moment à l'autre une subite reprise d'hostilités! Les rayons argentés de la lune, se frayant un passage à travers une couronne de nuages, ont beau répandre leur clarté sereine sur ce champ de désolation : est-ce autre chose que le masque trompeur d'une paix éphémère?

L'histoire des naufrages a enregistré de nom-

breuses catastrophes causées par ces collisions de banquises. Dans la baie de Melville, en 1819, quatorze navires baleiniers furent mis en pièces de cette façon ; onze périrent en 1821. L'année 1830 fut marquée par un désastre plus terrible encore ; dix-neuf bâtiments furent complètement détruits d'un seul coup : d'immenses bancs de glace se mirent à grimper les uns sur les autres ; puis l'un d'eux glissa et s'abattit sur les malheureux navires qui, en moins d'un quart d'heure, furent tous culbutés, couchés à plat, retournés sens dessus dessous, broyés. Les hommes n'eurent que le temps de sauter sur la glace, où ils campèrent au nombre d'un millier.

L'énergique et impressionnable Bellot, qui a été, lui aussi, aux prises avec ces cohortes de glaces déchaînées, scandalisé de l'humiliante infériorité de l'homme en face de ces forces aveugles et malfaisantes, n'a pu contenir son ressentiment et il leur a adressé, dans son journal, de véritables imprécations : « Je ne trouve pas, dit-il, d'injures assez fortes contre ces glaces après lesquelles j'avais tant soupiré, dans les premiers moments d'une fiévreuse admiration pour les scènes grandioses du Nord. Le sentiment de son impuissance, réagissant sur l'esprit humain, lui fait considérer avec une rage mélangée de terreur et de mépris, avec la révolte de l'esclave sous le fouet du maître, cet ignoble triomphe du nombre, de la force matérielle et brutale. Dans tous les autres dangers, il y a lutte,

lutte ennoblie par les efforts et les combats, rendue plus acharnée par l'espérance du succès ou par le désespoir de la défaite. Mais ici que faire? Comment résister? Ah! je n'ai jamais si bien compris le défi d'Ajax, sublime par son exaltation de l'orgueil humain!..

« La nature ne sent plus battre son cœur dans le sommeil du nord; c'est l'engrenage impitoyable qui coupe le bras pris dans les dents des roues, le marteau inintelligent de la machine qui écrase avec la même impassibilité, la même indifférence, et le fer mis sur l'enclume et la tête qui s'y poserait. La nature morale semble avoir abdiqué; il n'y a plus qu'un chaos sans raison d'être, où tout se heurte confusément et au hasard! »

CHAPITRE XVI.

Tristesse d'un hivernage arctique. — La vie dans les ténèbres. — Transformation du navire. — Occupations de l'équipage. — L'école à bord. — Divertissements. — Publication d'un journal et représentations dramatiques.

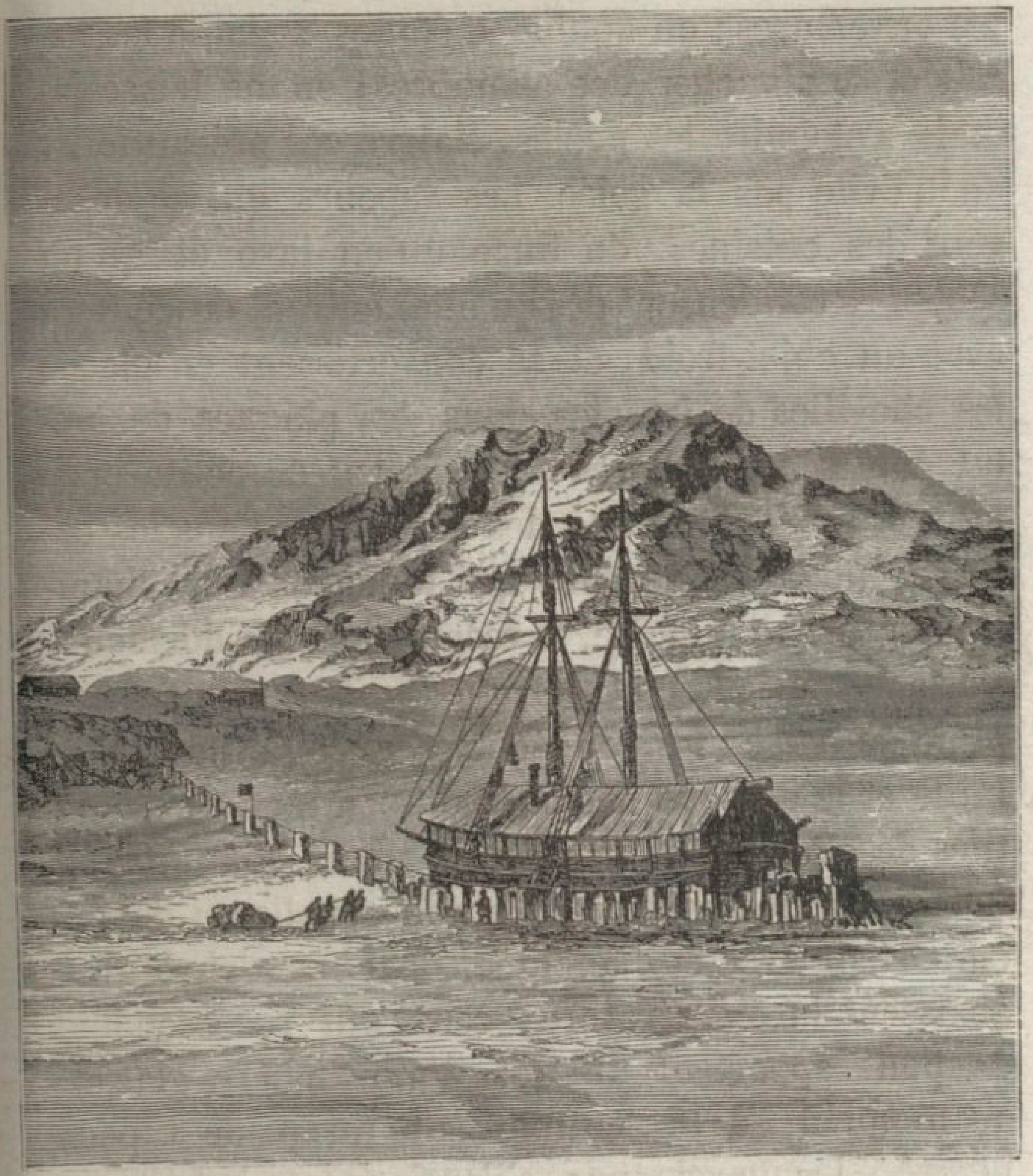
Lors même que le navigateur n'a pas à souffrir de la dislocation et du bouleversement des champs de glace dans lesquels l'hiver le retient captif, il est des épreuves dont il ne saurait être exempt : la tristesse de la longue nuit polaire, le froid, l'ennui de l'inaction forcée, sont des ennemis, moins turbulents mais plus tenaces, auxquels il doit nécessairement tenir tête.

Cette obscurité perpétuelle d'une nuit de trois et quatre mois étonne d'abord, puis irrite et finit par abattre les plus résolus, les plus patients. On a pour univers l'intérieur d'un navire, pour horizon le cercle lumineux d'une lampe; au delà s'ouvre, partout où plonge le regard, un gouffre noir sans fond, vide, où rien ne vit, rien ne se meut, si ce n'est le scintillement des étoiles, quand le ciel est clair, et le plus souvent les tempêtes et les tourbil-

lons de neige. Rien ne distingue plus les jours. n'indique plus la marche du temps. C'est la cloche du navire qui seule avertit de la succession des journées et des heures et qui en règle l'emploi. « Sans la cloche, dit un explorateur des mers polaires, on serait tenté de rester couché dans l'éternelle nuit pour dormir jusqu'à la réapparition du jour. Elle vous signale les heures et les demi-heures ; elle annonce à chacun, à tour de rôle, son quart de veille ; elle vous gouverne exclusivement, absolument. Un coup sonne le déjeuner ; deux coups vous convoquent à la collation, quatre au dîner ; à six coups on se couche enfin ; à sept il faut rouvrir les yeux à la pâle clarté de la lampe pour reprendre encore cette interminable évolution d'occupations monotones, de paresse forcée, d'écœurant ennui. Chaque heure de ténèbres vous paraît plus lente et décolore un peu plus votre sang ; elle brise l'élasticité de votre marche, allonge votre figure, creuse vos joues et vos yeux, éteint par degrés le rire sur vos lèvres ; le mot plaisant, la parole même finit par expirer dans la cale et dans la cabine. »

C'est d'abord à protéger le mieux possible son navire, devenu sa maison, contre les rigueurs du climat que les efforts du marin s'appliquent. On commence par le débarrasser de son gréement ; on transporte sur la glace chaloupes, voiles, cables, caisses et tonneaux ; les mâts sont démontés jusqu'au tiers ou au quart de leur hauteur, et on

dresse sur le pont, après l'avoir recouvert d'une couche de neige battue, soit une baraque en plan-



Navire à l'hivernage.

ches, soit une tente en toile à voiles. A l'extérieur, on entoure le bâtiment d'un haut et épais rempart de neige. Ainsi emmaillotté, il n'a plus rien d'un

navire ; il ressemble à une sorte de grand cercueil abandonné au milieu des glaces.

Au dedans, on calfeutre le mieux possible toutes les ouvertures ; on double d'étoffes de laine les parois et le plancher des chambres ; on ne laisse jamais s'éteindre les poêles. Malgré ces précautions, on n'évite pas la gelée. Les vapeurs qui se dégagent des cuisines, du linge qu'on lave et qu'on sèche, se condensent dès qu'elles entrent en contact avec un objet froid, et se convertissent en glace ; les chevilles de fer, les clous, les plaques de métal, toutes les ferrures se hérissent de petits cristaux et brillent comme des diamants. Dans les cabines, même dans celles qui touchent à la chambre où flambe le poêle, la respiration des dormeurs s'attache au plafond et retombe sur eux en une pluie de neige ; les couvertures se collent à la muraille et le dessous des cadres se frange de stalactites de glace. Dans la pièce la mieux chauffée, les hommes que leur tour de garde appelle au dehors emportent avec eux quelques degrés de chaleur et abaissent la température ; ceux qui redescendent du pont apportent un flot d'atmosphère glacée ; au moment où ils entrent, un nuage de vapeur blanche les enveloppe ; s'ils tiennent à la main un instrument, un livre, un objet quelconque, cet objet se met à fumer comme s'il brûlait ; si une goutte d'eau tombe sur leurs vêtements, elle se change immédiatement en une plaque de glace.

Par des froids si intenses, qui font quelquefois

tomber le thermomètre jusqu'à 50 et 55 degrés au-dessous de zéro, les repas deviennent une véritable difficulté. Tous les aliments sont gelés. Les viandes conservées font corps avec les boîtes de fer-blanc qui les renferment, et il faut plonger celles-ci pendant plusieurs heures dans de l'eau bouillante pour pouvoir en retirer le contenu. Le fromage et le beurre sont à l'état de pierres et défient les plus solides couteaux jusqu'à ce qu'ils aient été soumis à la chaleur du poêle. Le pain rivalise de dureté avec les dents et vous écorche les gencives et le palais. Les liqueurs elles-mêmes s'altèrent ; souvent l'eau-de-vie de genièvre, le rhum, prennent la consistance visqueuse de l'huile, et perdent leur saveur. Le plaisir de fumer, qui rachète un mauvais souper et qui abrège les heures, n'est pas toujours possible ; votre cigare s'éteint au contact des aiguilles de glace attachées aux moustaches, et les pipes, même les plus courtes, gèlent entre vos lèvres.

Pendant un hivernage, les occupations du marin se réduisent à peu de chose. Surveiller la glace immobile, observer l'espace toujours vide, signaler de temps en temps l'approche d'un ours ou d'un renard, telle est sa fonction ordinaire. On tomberait dans une complète et funeste inaction, à laquelle d'ailleurs vous porte presque invinciblement l'influence stupéfiante d'un froid excessif, si l'on n'avait à construire sur la glace des cabanes de neige, soit pour y abriter les approvisionne-

ments, soit pour servir d'observatoires astronomiques et météorologiques aux officiers. Ou bien on trace aux alentours du navire, avec la pioche et la pelle, des chemins marqués par une rangée de tas de neige ou par des blocs de glace : sans ces jalons, que l'on relie quelquefois les uns aux autres au moyen d'un câble, on risquerait de s'égarer, même à fort peu de distance, non seulement pendant les ténèbres de l'hiver, mais aussi quand le jour a reparu, au milieu des tempêtes. — On raconte que le docteur Börgen, de la *Germania*, en retournant de son observatoire au navire, fut enlevé par un coup de vent et jeté à dix mètres du sentier qu'il suivait ; il erra longtemps avant de pouvoir retrouver la corde qui servait de rampe conductrice vers le bâtiment. Une autre fois, deux matelots de la même expédition, surpris par un ouragan, aveuglés, bousculés, entraînés, se seraient perdus sans une ancre de la *Germania*, qui, par un heureux hasard, se rencontra sous leurs pieds et qui leur servit de point de repère. Aussi les hommes de l'équipage prennent-ils généralement la précaution, lorsque l'un d'eux sort par le mauvais temps, de se tenir, deux ou trois, en sentinelles sur l'escalier qui descend du navire à la glace, afin d'être à même de lui porter secours au besoin.

Souvent, à défaut de travaux utiles, seulement pour se mouvoir et s'occuper, on s'impose la tâche de bâtir des monuments de neige, des tours, des

Une tempête de neige en hiver.

pyramides, des obélisques ; ou bien on sculpte des statues, des figures gigantesques d'hommes et d'animaux. Différents jeux, tels que le patinage, le tir à la cible, le ballon, sont aussi une utile ressource.

Il n'est pas moins nécessaire de secouer l'engourdissement de l'esprit que celui du corps. Dans cette intention, la plupart des chefs d'expéditions ont institué des classes régulières, faites par les officiers aux hommes de l'équipage. On enseigne la lecture, l'écriture, les éléments de la grammaire à de rudes matelots dépourvus de toute instruction, — et de quelle touchante patience font preuve maîtres et écoliers ! On y joint des cours d'arithmétique, d'astronomie, de navigation. La température ne concourt pas à rendre les leçons plus faciles. On voit, pendant la démonstration d'un problème, les auditeurs s'efforcer de retenir leur haleine, afin que le professeur, qui parle lui-même au milieu d'un nuage de vapeur, puisse apercevoir le tableau sur lequel il trace ses chiffres ou ses figures. Ou bien c'est un élève qui, en train de faire une soustraction ou une multiplication, s'arrête court pour frictionner énergiquement ses doigts saisis par la gelée.

Plus d'une fois aussi on a tenté, pour ranimer une gaieté que les circonstances sont si peu propres à entretenir, d'organiser la publication d'un journal ainsi que des représentations dramatiques. Le capitaine Parry, lorsqu'il était commandant de

l'*Hécla* et qu'il hivernait à l'île Melville, a fait usage de ces deux moyens de divertissement. Le lieutenant Beechey fut nommé directeur du *Théâtre Royal*, et le capitaine Sabine rédacteur en chef d'un journal qui reçut le titre de *Chronique d'hiver* ou *Gazette de la Géorgie du Nord*.

Le premier numéro de cette feuille manuscrite, qui parut régulièrement tous les lundis durant les cinq mois de l'hiver de 1820 et qui a été conservée, contient une lettre de félicitations adressée par un lecteur au rédacteur en chef. Le correspondant annoyme exprime l'assurance que, grâce à ce nouveau journal, dont l'annonce seule « a produit une sensation profonde dans le public », le poids des cent jours de ténèbres dans lesquels on entre, se trouvera singulièrement allégé. Il mentionne la demande d'encre, tout à fait inusitée et sans précédent, qui s'est faite immédiatement à bord ; le tapis vert des tables se couvrant des rognures des plumes que l'on taille ; l'un des matelots ne pouvant suffire à tous les canifs qu'il est chargé d'aiguiser ; les profondeurs de la cale s'ouvrant pour donner issue à maintes rames de papier, étonnées de sortir d'un repos dont elles ne croyaient pas voir la fin.

L'article *faits divers* contient une énumération des « misères arctiques » auxquelles on est journellement exposé, telles que celles-ci : « Sortir le matin pour prendre l'air et, en mettant le pied hors du vaisseau, prendre un bain glacé dans le

trou du cuisinier. — Se mettre en marche avec un morceau de pain tendre dans sa poche et, quand l'appétit se fait sentir, le trouver tellement durci par la gelée qu'il peut bien briser les dents, mais non être brisé par elles. — Se livrer pendant la promenade à de profondes et utiles méditations, et en être subitement tiré par les embrassements d'un ours. »

Parmi les « avis et communications, » on lit la demande « d'une femme d'âge moyen et de bonne renommée pour assister dans leur toilette les actrices du Théâtre Royal de la Géorgie septentrionale. » A quoi, dans le numéro suivant, répondit une prétendue veuve « pouvant produire des témoignages irrécusables en faveur de ses mœurs et de ses talents. »

Ces innocentes plaisanteries ne seront pas jugées sévèrement, elles ne paraîtront ni fades ni frivoles, si l'on se reporte aux circonstances où se trouvaient ceux qui en sont les auteurs, si l'on songe quelle énergie morale il leur fallait pour se forcer ainsi à la gaieté sous les continuels assauts d'une nature meurtrière, dans un milieu qui de toutes parts n'offrait à leurs yeux que l'image de la désolation et du néant.

Les représentations théâtrales, qui avaient lieu tous les quinze jours, furent aussi pour l'équipage une puissante distraction. « Le répertoire, réduit à une couple de volumes embarqués par hasard à bord de l'*Hécla*, n'était pas varié, dit M. de Lanoye.

Le capitaine Parry se mit lui-même à l'œuvre et composa pour les fêtes de Noël une comédie mêlée de musique, spécialement adaptée à son auditoire, relative au but de l'expédition, au succès déjà obtenu et à celui qu'on pouvait espérer. *Le Passage du nord-ouest ou la Fin du Voyage* produisit tout l'effet que s'en était promis l'auteur. Bien que le thermomètre, pendant le spectacle, marquât 35° au-dessous de zéro en plein air, et 28° dans l'enceinte même du théâtre, les spectateurs trouvèrent un tel charme à une représentation qui les mettait eux-mêmes en scène, qu'ils oublièrent les rigueurs de la température. Entre le premier et le second acte, tous les hommes de l'équipage, causant entre eux de la pièce dont ils venaient de voir le commencement, exprimaient leur admiration : « C'est parfait ! c'est superbe! » disaient-ils, quand le maître d'équipage, voulant renchérir sur tous ces termes élogieux, s'écria : « Comment donc, mais c'est de la philosophie ! » Nul des assistants ne laissa tomber le mot, et il devint, pour les matelots comme pour les officiers, une source intarissable de rires et de quolibets.

« Et cependant, ajoute l'auteur que nous citons, la vérité avait parlé par la voix naïve de cet inculte homme de mer. Qu'était l'expédition elle-même ? Qu'étaient les travaux de chacun de ses membres, la patiente résignation des plus infimes, le dévouement éclairé des chefs, l'abnégation de tous? Qu'étaient leurs luttes incessantes contre

une nature marâtre, et la mort encourue à chaque instant dans une entreprise dont les fruits bien incertains ne pouvaient tout au plus profiter qu'aux générations à venir ? et les efforts de leur intelligence pour adoucir la tristesse des heures présentes ? Qu'étaient toutes ces choses, sinon de la philosophie, dans la plus vraie, dans la plus haute acception du mot ? »

CHAPITRE XVII.

Les voyages en traîneau. — Les neiges profondes. — Ascension et descente des monticules de glace. — Le froid et l'humidité. — Voracité des chiens. — Les campements sous la tente ou dans des huttes de neige. — Le scorbut. — Récit du lieutenant Markham.

Puisque le pôle nord s'entoure d'un éternel rempart de glace qu'aucun navire ne peut franchir, les explorateurs ont dû tenter de l'atteindre par un autre moyen : ils sont allés vers lui, à pied, sur les banquises derrière lesquelles il réside. Dès 1827, Édouard Parry eut, avec James Ross, la hardiesse d'entreprendre cet aventureux voyage, qui seul constitue une véritable exploration polaire et peut donner de sérieux résultats. Il laissa son navire, l'*Hécla*, dans une crique de la côte nord du Spitzberg, et il partit avec deux chaloupes à fond plat, longues de vingt pieds, larges de sept, construites en bois dur, revêtues d'un blindage élastique composé de deux couches de toile goudronnée et de feutre, interposées entre deux lames, l'une de sapin, l'autre de chêne; en dessous, parallèlement à

la quille, on avait disposé deux forts patins garnis de métal, aux extrémités antérieures desquels pouvaient s'attacher des traits, de sorte que, sur les champs de glace, ces chaloupes devenaient des traîneaux; un mât de bambou, une voile, de petits avirons, dont elles étaient approvisionnées, permettaient de leur faire reprendre au besoin, quand il y avait des espaces liquides à traverser, leur rôle de bateaux. Douze hommes formaient l'équipage ou l'attelage de chacune d'elles.

Parry et ses compagnons firent ainsi, tantôt halant leurs traîneaux, tantôt naviguant, 292 milles; ils parvinrent à la latitude de 82° 45′, la plus haute qui eût été atteinte jusqu'alors. Malheureusement la saison était trop avancée, l'été était venu, et les banquises, se détachant de la masse polaire, avaient commencé à dériver vers le sud, de sorte que les voyageurs, perdant chaque jour, par le recul du sol qui les portait, à peu près autant de terrain qu'ils en gagnaient en marchant, ne se rapprochaient pas de leur but. Ils durent renoncer à une entreprise impossible et retourner à leur navire, qu'ils avaient quitté depuis deux mois.

On imagine aisément les difficultés sans nombre, les extrêmes périls de ce genre d'expéditions. Le navire qui vous a amené et que vous laissez ancré à demeure dans son havre d'hivernage est, au milieu de ces immenses solitudes, le seul point où vous puissiez trouver du secours, et vous mettez entre vous et lui plusieurs centaines de lieues;

vous vous en séparez pendant deux et trois mois!

Ni la mer gelée, ni les côtes voisines ne vous offrent aucune ressource; il faut donc que vous emportiez avec vous les provisions de toute espèce dont vous avez besoin, vivres, habits, outils, tentes, bateau. Si le traîneau qui les porte se perd, tombe dans une crevasse, vous voilà dénués de tout; sa perte entraîne la vôtre. Pour les vivres, dont le poids est écrasant, on peut en laisser des dépôts de place en place, le long de la route; on les trouvera au retour, à condition de ne pas s'égarer, de reprendre le même chemin. De peur que ces dépôts ne soient pillés par les bêtes sauvages ou détruits par la débâcle des glaces, on a soin de les bien cacher, tantôt sous des amas de pierres, sous d'épaisses couches de neige, tantôt dans quelque anfractuosité d'une falaise ou d'un rocher inaccessible.

Le choix de la saison est de la plus grande importance. Il est impossible de voyager pendant l'hiver; l'obscurité vous empêcherait de vous diriger. En été, les champs de glace se rompent et se mettent en mouvement; les tapis de neige fondent, se transforment en marécages; les uns et les autres sont impraticables. L'automne et le printemps sont les seules saisons qui se prêtent à ces expéditions; la première est la plus favorable; durant la seconde, il faut s'attendre à subir des froids très pénibles : ce sont les plus violents de toute l'année.

Si les chemins étaient bons, si les traîneaux

glissaient sur une glace unie ou sur une neige tassée et résistante, le plus grand obstacle de ces voyages serait supprimé; mais il est rare qu'il en soit ainsi. La neige est souvent à l'état de fine poussière, amassée en couches profondes; elle n'est gelée qu'à la surface et elle s'enfonce sous le pied qui s'y pose; on y entre jusqu'à mi-corps, quelquefois jusqu'aux épaules; les traîneaux y sombrent aussi et il faut en opérer le sauvetage, tâche bien difficile, épuisante, lorsque tout point d'appui fait défaut. Quant aux champs de glace, ils ne présentent que par intervalles un sol plat et continu; sur une grande partie de leur étendue, ils sont hérissés de gros blocs, jetés là pêle-mêle comme par un cataclysme, si pressés les uns contre les autres qu'ils laissent à peine entre eux quelques mètres, quelques pieds carrés de surface plane; il faut faire mille détours dans ce lacis inextricable; souvent même, en l'absence de la moindre fissure par où l'on puisse se glisser, on est forcé d'escalader ces monticules aux parois presque verticales et de les faire escalader aux traîneaux chargés. Les hommes, montés sur le sommet du rocher de glace, se cramponnant, s'arcboutant des pieds contre une saillie solide, hissent le véhicule jusque sur la plateforme, puis, après avoir amarré à l'arrière les sangles de halage, ils le laissent, en le retenant, filer lentement sur la pente opposée. Si les cordes ne se trouvent pas assez longues, il faut lâcher tout, au risque de voir le

traîneau chavirer et même se briser au bas de la chute. Un obstacle franchi, il s'en présente un se-

Escalade d'un monticule de glace.

cond, puis un troisième, puis d'autres encore; ce n'est pas une marche, c'est une série d'ascensions

et de descentes des plus pénibles. « Autant vaudrait, disait un voyageur américain à bout de forces, essayer de parcourir New-York par-dessus les toits des maisons. » Souvent la disposition des glaces est telle qu'il faut se percer un passage au travers avec le pic et la pioche. De ce train, on n'avance pas vite; les tireurs n'ayant pas trop de toutes leurs forces réunies pour haler un seul traineau, sont obligés de laisser les autres en arrière et de retourner les chercher successivement un à un, ce qui triple et quadruple le chemin. Après avoir marché et grimpé toute une journée, on se trouve le soir à une centaine de mètres, à une portée de fusil du point de départ.

L'uniforme et éclatante blancheur du paysage qui vous entoure s'ajoute à tant de causes de fatigue. On est ébloui et l'on ne voit pas clair. Tous les objets se confondent; les différents plans s'effacent, les contours disparaissent; le regard, affaibli par une tension continuelle, ne distingue plus rien. On lève le pied comme pour franchir un relief du sol, et l'on tombe dans un trou; on croit descendre et l'on se heurte contre un talus. Sans les avertissements d'un bâton avec lequel on tâte sans cesse le terrain, on serait dupe à tout moment des erreurs de la vue. L'emploi de lunettes à verres foncés peut atténuer un peu cette souffrance de l'éblouissement. Quelquefois on a imaginé de peindre de couleurs variées les par-dessus de toile à voiles que portent les hommes attelés aux trai-

neaux, afin qu'ils puissent reposer leurs yeux sur le dos bariolé de leurs camarades.

On a en outre à se tenir en garde contre les surprises du froid. On voit tout à coup l'un des marcheurs s'arrêter, se baisser pour ramasser de la neige à poignées et se frotter vigoureusement le visage, « pincé » par la gelée, ou bien se déganter et passer ses doigts sur ses paupières pour dégeler les cils qui s'agglutinent et vont lui fermer les yeux, ou encore détacher de ses moustaches et de sa barbe les franges de glaçons qui menacent de lui clore la bouche. Un autre se met à gambader, fait des bonds frénétiques, frappe furieusement du pied contre un bloc de glace, ou s'assied par terre et prend dans ses mains emmitouflées, masse, tord en tous sens ses pieds devenus insensibles, pour y ramener le sang qui n'y circule plus. Plusieurs, dans le cours du voyage, se couchent sur le sol, découragés, décidés à se laisser mourir ; il faut les frictionner, les remettre debout, les faire marcher de force.

L'humidité de l'atmosphère, souvent abondante en automne, a aussi de bien funestes effets. Les vêtements de laine s'imbibent, se raidissent, se resserrent et gênent les mouvements. De plus, les bagages, pénétrés de vapeur d'eau, augmentent considérablement de poids. Un explorateur a constaté qu'une tente qui, au départ, pesait trente et une livres, était arrivée à en peser cinquante-cinq. Le poids de la voile s'était élevé de neuf livres à dix-

sept; celui d'une grande couverture de vingt et un à quarante-huit; celui d'un matelas de feutre de dix-huit à quarante. En somme, la pesanteur du traîneau avait doublé.

La plupart des chefs d'expéditions, pour épargner les hommes et pour aller plus vite, se servent d'attelages de chiens. Payer vante l'ardeur et la patience de ces animaux, « qui ne soufflent pas mot de leurs appréhensions, qui peinent sans défaillance, qui supportent la faim indéfiniment, qui ne boivent ni ne fument, n'ont que faire d'emporter ni alcool pour fondre la neige, ni tente, ni sac pour dormir, ni aucun de ces mille riens nécessaires aux menus besoins de l'homme, et qui, en cas d'absolue nécessité, peuvent même servir de nourriture. » En effet, quand les chemins sont praticables, les chiens rendent de grands services; mais au milieu du chaos des glaces amoncelées, ils deviennent inutiles et ne sont plus qu'un embarras, quelquefois fort grave. La faim, — il n'est pas toujours possible de les bien nourrir, — les rend indociles, voraces, presque féroces. On en a vu déterrer et déchiqueter un traîneau, que l'on avait pourtant recouvert de trois pieds de neige, dévorer leurs harnais, toutes les courroies qui liaient les bagages, imprimer leurs dents aiguës dans les boîtes de fer-blanc contenant les vivres, manger des vêtements de fourrure, des bottes, des sacs de tabac, des pains de savon. Le docteur Hayes raconte qu'un de ses ma-

telots, ayant fait un faux pas et étant tombé au milieu des chiens en leur distribuant leur souper, faillit être mis en pièces par ces bêtes sauvages; on le secourut à temps.

Pour s'abriter et prendre un repos nécessaire après des marches si fatigantes, on n'a qu'une tente de toile. On la dresse sur un emplacement aussi uni que possible, on la fixe au moyen de piquets enfoncés dans la glace et on l'entoure extérieurement d'une bordure de neige haute de deux ou trois pieds. Changer d'habits n'est pas chose aisée. Bottes, pantalon, par-dessus de fourrure à capuchon sont tellement gelés qu'ils ne forment plus qu'un seul bloc et qu'il faut enlever le tout à la fois. Le sarrau de laine que l'on endosse n'est guère plus souple, et ce n'est pas sans de grands efforts et sans l'aide de quelque camarade que l'on parvient à s'introduire dans cette espèce de camisole de force. Chacun se glisse ensuite, pour dormir, dans un sac qui l'enveloppe jusqu'aux épaules et qui représente à lui seul les draps et les couvertures de lit. Enfin, par-dessus tous les sacs alignés côte à côte, on étend un couvre-pied commun, ce qui ne se fait pas sans peine : ce couvre-pied a d'abord la rigidité d'une planche ou d'une feuille de tôle; il faut une force incroyable pour le déplier; on a beau le battre vigoureusement, il refuse de s'étaler; ce n'est qu'à la longue qu'il dégèle et s'aplanit sur les dormeurs. La tente n'a d'autre foyer que la flamme de la lampe à alcool,

sur laquelle on fait fondre de la neige dans la bouilloire de fer pour préparer le thé.

Quelques explorateurs ont préféré s'abriter dans des huttes ou des cavernes de neige. On bâtit les huttes avec des moellons de neige gelée, à la manière des Esquimaux. Les cavernes se creusent dans d'épais amas de neige formés contre un talus ou dans une dépression du sol. Hayes a eu recours à ce dernier moyen. « Le banc de neige que je choisis, dit-il, avait une paroi carrée de cinq pieds de haut. Grimpés sur le sommet, nous creusâmes un trou de six pieds de long, quatre et demi de large et quatre de profondeur, en laissant entre notre excavation et la paroi extérieure du monticule un mur de deux pieds de diamètre. Sur l'ouverture je plaçai un des traîneaux recouvert du tablier de toile dont on se servait pour renfermer les bagages, et on entassa trois pieds de neige au-dessus. Par une fissure pratiquée dans l'épaisseur de la muraille, nous insérâmes notre literie de peaux de bison, nos provisions et les objets où nos chiens auraient pu mettre la dent; on y poussa ensuite des quartiers de neige durcie, puis nous nous introduisîmes nous-mêmes dans notre repaire ; on força les blocs de neige dans l'ouverture : nous étions logés pour la nuit. » On ne put néanmoins obtenir dans ce terrier hermétiquement clos une température supérieure à trente degrés au-dessous de zéro. Il est vrai qu'elle était au dehors de cinquante-huit degrés.

Trop souvent la maladie, principalement le scorbut, engendré par l'excessive fatigue, par le froid, par une mauvaise alimentation, vient accroître les difficultés et les souffrances du voyage. Il faut que les malheureux qui en sont atteints continuent à suivre l'expédition, à qui il est interdit de s'arrêter, la durée de son absence étant réglée, à un jour près, par le nombre, calculé d'avance, des rations. Ils marchent donc, ou plutôt ils se traînent derrière la petite troupe, courbés sur leurs bâtons, trébuchant parmi les aspérités de la glace, redoutant les neiges profondes, d'où ils ne pourraient pas sortir, craignant de faire une chute, incapables qu'ils seraient de se relever. Quand enfin leurs forces épuisées trahissent leur volonté et qu'ils tombent, on les ramasse et on les couche sur les traîneaux avec les bagages, dont ils augmentent le poids en même temps que les attelages se trouvent diminués. Si l'un des malades succombe en route, loin du navire vers lequel tendent toutes ses pensées, ses compagnons lui creusent une fosse dans la glace et l'y enfouissent sous une couche de neige, destinée à protéger quelque temps ses restes contre la dent des ours et des renards affamés.

Nous ne saurions tracer un tableau plus frappant de ces voyages en traîneau qu'en résumant le rapport officiel du commandant Markham, parti du port d'hivernage de l'*Alerte* avec le lieutenant Parr, quinze hommes et quatre traîneaux, et qui

s'est avancé sur la glace dans la direction du pôle jusqu'au delà du quatre-vingt-troisième degré :

« 3 avril 1876. — Départ à onze heures du matin. La route est mauvaise, la neige profonde; les traîneaux glissent difficilement. A 5 heures 30, nous faisons halte, on dresse les tentes. 11 kilomètres en ligne droite.

« 4. — En route à 7 heures 30. Il faut mettre une double équipe à chacun des traîneaux et les faire avancer en trois voyages. La marche est extrêmement laborieuse; les hommes paraissent las. On campe à 5 heures moins un quart. Tous nos effets sont entièrement gelés ; nos *sacs à dormir* sont devenus de la tôle. 18 kilomètres de chemin, mais 11 seulement de route effective.

« 5. — A l'intérieur de la tente, la température est de — 37°. Nos pieds sont comme morts de froid. Dans les endroits difficiles, double attelage aux traîneaux. Les hommes se plaignent d'avoir souffert cette nuit de douleurs dans les membres. 22 kilomètres de marche pour 7 seulement d'avance.

« 6. — Encore une nuit blanche; toujours 37° au-dessous de zéro; notre attirail est gelé et la toilette devient une opération difficile.

« 7. — Journée très froide. Deux ou trois hommes se sont laissé mordre. Champs de glace rugueux, bordés de monticules, à travers ou par-dessus lesquels il faudra haler les traîneaux. Thermomètre — 41°. Marche 25 kilomètres; en ligne droite, 7,

« 8. — Nous sommes souvent arrêtés par des barrières de glace excessivement épaisses, où il faut se tailler une issue au pic et à la pelle.

« 9. — La réverbération est très fatigante; nous commençons à souffrir des yeux. Les besicles de couleur font partie de la tenue d'ordonnance et nous soulagent un peu.

« 10. — Le paysage n'est pas encourageant; au loin vers le nord s'étend une mer de glaces irrégulières, composée de petites plaines et de grands rochers de glace. Pour avancer à travers ce chaos, il faudra de doubles équipes, ce qui donne un kilomètre de distance franchie pour 5 de parcours.

« 11. — Il neige. Nous tombons dans un labyrinthe de monticules de glace où l'on n'entrevoit point d'issue; ce sont des débris de toute forme et de toute taille, depuis les géants de 6 ou 7 mètres jusqu'aux galettes arrondies qui nous font trébucher. Dans les intervalles, les amas de neige sont très profonds, et on y plonge jusqu'à la ceinture. Les hommes sont très las. Marche 19 kilomètres; avance réelle, 3 seulement.

« 12. — Rude journée qui a fatigué nos hommes. Nous souffrons de gerçures au visage, produites par l'action combinée du soleil et du froid. Pousser ces lourds traîneaux dans le chaos des rochers de glace, s'arrêter court à chaque instant... quel labeur et pour quel résultat!.. 2 kilomètres d'avance pour 16 ou 17 de marche.

« 13. — Une chaîne d'énormes débris de glace,

empilés bloc sur bloc, à plus de 20 pieds de hauteur, nous barre le passage. Nos sapeurs l'entament avec acharnement et y pratiquent une tranchée. Nous passons.

« 14. — Une bise aiguë souffle du nord et nous sommes tous « pincés » plus ou moins rudement. On bassine de la main les nez gelés.

« 15. — Journée misérable au delà de toute expression. La neige tombe, le vent souffle, le froid est plus terrible qu'en hiver. Sacs, couvertures, feutres, tout est gelé raide et le thermomètre de notre tente accuse — 30°.

« 16. — La tourmente continue; la bise est si froide, la neige tombe si épaisse qu'il est impossible de marcher; il faut rester sous la tente. Jamais fête de Pâques ne fut plus triste! 48 heures de geôle dans un sac, pendant les rafales, avec 37° au dessous de zéro, et ne pas dormir! En dépit du froid, nous n'avons pas oublié les toasts obligés du samedi soir; c'est en outre l'anniversaire du décret d'armement de nos navires; aussi l'assistance pousse-t-elle en chœur trois hourras en l'honneur de la reine, plus un nombre infini d'autres que nous nous adressons mutuellement pour essayer de nous tenir en joie.

« A cinq heures de l'après-midi, nous repartons.

« L'un de nos hommes, Shirley, ne peut plus marcher; on le place sur un traîneau, dans son sac de nuit et bien enveloppé de feutres et de couver-

tures. C'est un travailleur de moins et une charge de plus.

« 17. — Un autre homme, Porter, est hors de combat et souffre cruellement. Tout au plus peut-il boitiller derrière nous.

« 18. — Hier soir nos sacs étaient tellement raidis que s'y enfourner fut une opération positivement laborieuse. Dans l'étape de l'après-midi, l'aspect des glaces change complètement. Nous quittons la région des champs plats et entourés de monticules; nous abordons de nouveaux champs de formation ancienne, de hauteur gigantesque et dont la surface rugueuse est couverte d'une neige épaisse. La marche est dure et pesante. L'un des traîneaux, la *Victoria*, chavire; le montant de devant d'un autre, le *Marco-Polo*, est emporté. 18 kilomètres 1/2 de parcours pour une avance de moins de 2 kilomètres !

« 19. — Le passage d'un champ à un autre continue à présenter des difficultés extrêmes; parfois l'un d'entre eux se dresse de deux à trois mètres au-dessus de ses voisins. Je me décide, non sans un serrement de cœur, à abandonner le grand canot; si la débâcle des glaces arrive, le petit suffira pour aller d'un glaçon à l'autre.

« 20. — Brume humide et pénétrante; l'air est tellement opaque qu'à peine peut-on trouver sa route à travers ces champs, ces rochers de glace interminables. La neige est très profonde.

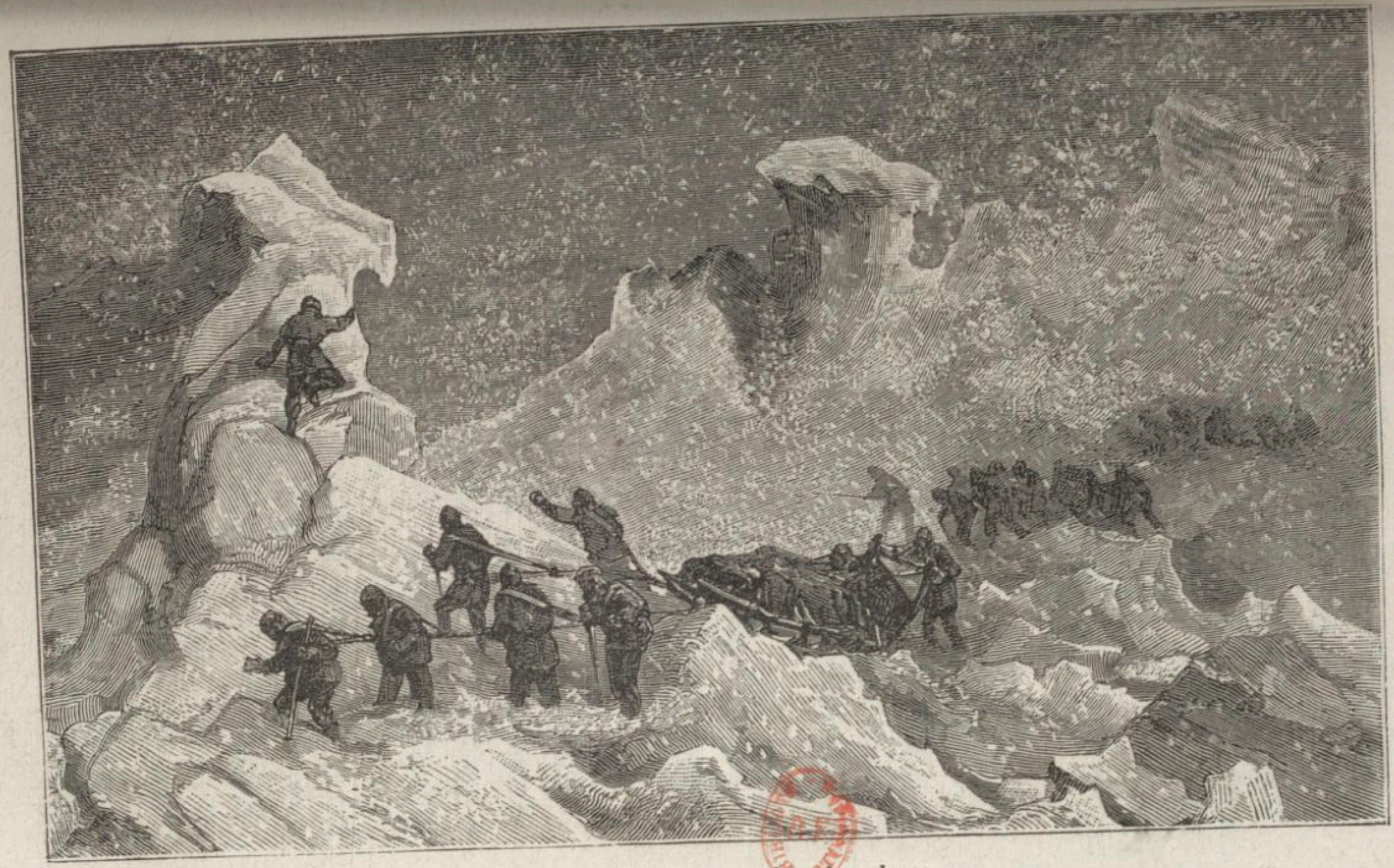
« 21. — Le thermomètre n'est qu'à — 28°, mais

la bise est terrible ; elle nous coupe en deux ; plusieurs d'entre nous ont des « gelures » superficielles. Quelle mine nous devons avoir ! de vrais fantômes, hâves, défaits, le visage scarifié et déformé, le nez surtout ; les lèvres tuméfiées. — D'innombrables fissures dissimulées sous la neige s'irradient dans toutes les directions et nous coupent le chemin. A chaque instant nous perdons pied et nous enfonçons jusqu'aux épaules. 17 kilomètres de marche, 3 de distance réelle.

« ... 24. — De l'extrémité de notre champ de campement, la perspective la plus lugubre se déroule à nos yeux : un bouleversement de rochers de glace, de blocs énormes, hauts de 8 à 9 mètres ; on ne distingue au loin que des glaces informes, empilées les unes sur les autres. La journée sera rude. J'expédie en avant le lieutenant Parr et ses mineurs ; ils travaillent avec énergie ; une voie de deux kilomètres de longueur est ouverte pour les traîneaux. En marche ! Nous avons la satisfaction de franchir le 83e parallèle.

« ... 26. — Les entassements de neige ont souvent près de 4 mètres ; on monte, on descend ; on descend, on monte ; les champs, d'une épaisseur énorme, sont de bien médiocre étendue ; leurs bords sont réunis par des traînées de débris de 4 à 12 mètres de large, au travers desquels on nous taille un sentier.

« ... 28. — Journée morne et brumeuse ; la neige tombe. Monticules de glace affreux, neiges



Halage des traîneaux dans les glaces.

profondes, brouillards épais, tout contribue à retarder notre marche ; le plus difficile est de choisir la route ; impossible de rien distinguer à quelques mètres en avant; autour, en haut, en bas, partout la même teinte blanchâtre et livide. Le traîneau sur lequel gît Porter dégringole sur la blocaille. Marche, 11 kilomètres pour 900 mètres d'avance.

« ... 30. — La neige ne s'arrête pas. L'atmosphère est si épaisse qu'il est impossible de voir devant soi à une longueur de deux traîneaux. Se lancer dans le dédale des soulèvements de glace serait une dangereuse folie. Quel crève-cœur que cette paresse forcée!

« ... 2 mai. — Nos malades, — ils sont trois, — ne vont pas mieux. Je crains qu'ils ne soient atteints du scorbut. Nos forces, à tous, décroissent rapidement.

« 3. — Journée sombre et brumeuse. Le tirage des traîneaux par-dessus les amoncellements de neige est difficile et énervant. Un des transports s'y est complètement enseveli et, pour le retirer, il a fallu en enlever tout le chargement.

« 4. — La neige tombe vite et dru. L'infirmerie va de mal en pis. La plupart des hommes se plaignent de raideur et de douleurs dans les jambes. Dans un tel dédale de blocs de glace, à travers une brume si épaisse, il est impossible de continuer. On plante les tentes.

« 5. — Journée sombre et morne. Il neige tou-

jours. Je prends un des traîneaux, laissant les malades sous une tente. Au bout du chemin parcouru, on en dresse une seconde; on retourne chercher un transport, et ainsi de suite jusqu'à ce que tout notre monde soit installé ici. Par ce brouillard et cette neige, il ne peut être question d'aller plus loin; nous resterons dans nos sacs; du moins pendant quelques heures, ne verrons-nous plus la scène froide, désolée, inhospitalière, qui se déroule autour de nous, et où rien ne repose les yeux de l'uniforme blancheur de ce sinistre océan de glace et de frimas.

« 6. — Dans l'espérance d'entrevoir une issue à cet affreux labyrinthe, nous escaladons un des plus hauts monticules qui nous entourent; nous nous trouvons à plus de 43 pieds au-dessus de la surface du champ : aussi loin que puisse s'étendre le regard, l'œil parcourt une mer illimitée de débris de glaces pressées, entassées, empilées les unes sur les autres. Température — 24°. Marche 11 kilomètres pour moins de 2 en réalité.

« 7. — Nous nous remettons en route avec le premier traîneau au milieu des escarpements de glace. Deux de nos hommes, Pearce et Shirley, sont incapables de faire un pas. On les couche sur le véhicule, que nous traînons le plus loin possible, puis nous le déchargeons, le retournons à vide, le ramenons avec les bagages, et ainsi de suite pour les autres. Ces allées et venues continuelles fatiguent énormément les hommes; toute-

fois il leur est encore plus facile de tirer un traîneau sur la neige profonde que de marcher sans être soutenus par les courroies de halage.

« 8. — L'intérieur de nos tentes ressemble plus à celui de baraquements d'ambulance qu'à l'habitation de vigoureux travailleurs. En sus de nos écloppés, quatre tireurs du *Marco Polo* sont atteints d'ophthalmie. Autour de nous, les débris affectent toutes les hauteurs, tous les volumes ; on en voit qui montent jusqu'à 12 mètres.

« 9. — Nous sommes contraints de nous avouer que tous nos malades ont réellement le scorbut. Nous n'avons donc à espérer aucune amélioration dans l'état des patients avant que l'on ne les ait mis au régime de viande et de légumes frais... Je pars à midi et demi avec un transport à moitié chargé et deux malades ; nous le tirons jusqu'à l'extrémité de la route ouverte hier ; la tente dressée, l'ambulance établie, nous retournons sur nos pas et prenons deux autres invalides ; puis on amène les derniers traîneaux avec le reste des bagages et le numéro 5 de nos pauvres écloppés. Il est plus de huit heures avant que celui-ci soit installé dans son gîte.

« Notre route du jour a été tellement sinueuse, elle a si bien serpenté et reserpenté au milieu des glaces que nous avons dû faire 12 et 13 kilomètres dans la neige très profonde pour en gagner un et demi ; le bivouac organisé, les pionniers se remettent en marche pour préparer la route de demain.

« Après de sérieuses réflexions, je décide, bien à contre-cœur, que ce campement sera notre dernier vers le nord. Cinq hommes de notre petite troupe sont dans un état de prostration complète ; quatre autres montrent de graves symptômes du funeste fléau ; il serait insensé de poursuivre. Nous avons consommé plus de la moitié de nos provisions ; il y a déjà 39 jours que nous sommes partis ; il ne nous reste plus de vivres que pour 51 ; la prudence, l'arithmétique, les ordres que j'ai reçus, tout se ligue contre notre désir d'aller plus loin... Naufrage misérable de notre glorieux projet !

« ... 12. — Laissant les malades aux soins des cuisiniers, nous nous dirigeons vers le nord avec le sextant, les bannières et les banderoles des deux compagnies. La marche est difficile ; nous enfonçons dans la neige jusqu'à la ceinture et parfois nous disparaissons presque en entier dans les crevasses. A midi, nous établissons notre position : 83° 20′ 26″. Cette latitude dûment proclamée, on pousse les trois hourrahs de rigueur, plus un quatrième en l'honneur de notre capitaine, puis l'assistance tout entière entonne le « Grand choral Paléocrystique, » auquel succède le « God save the queen. » Maintenant on empaquette les instruments, on roule les bannières, et nous retournons au camp, où les tentes et les traîneaux restent pavoisés jusqu'au soir.

« 13. — Nous commençons notre marche vers le sud. Nous partons avec deux traîneaux, laissant

en arrière les tentes d'ambulance et leurs malheureux hôtes. Arrivés à quelque distance, nous déchargeons les traîneaux et les ramenons au camp. On arrache les piquets ; on installe deux malades sur chacun des deux véhicules, un autre dans le canot placé sur le plus grand, et nous cheminons par courtes étapes, tirant d'abord les deux transports les moins pesants par escouades de six; puis tous les hommes valides retournent sur leurs pas pour s'atteler au dernier. Tel sera désormais l'ordre de notre marche.

« 14. — Temps brumeux ; le ciel et les glaces se confondent ; il est impossible de voir la route à deux ou trois mètres en avant. Les éclaireurs ont fort à faire pour maintenir leur caravane dans la bonne voie.

« Notre appétit décroît ; à peine réussissons-nous maintenant à avaler la demi-ration qu'on nous sert. Les malades ne se décident à manger qu'avec la plus grande répugnance ; leur bouche est trop douloureuse pour qu'ils puissent mâcher le biscuit, même après qu'on l'a fait tremper.

« ... 16. — Nous sommes tourmentés d'une soif impossible à soulager en dehors des heures réglementaires ; notre petite provision de combustible ne nous permet de fondre l'eau qu'aux grandes haltes de la journée. Étape, 1 kilomètre 1/2.

« 17. — Après de longues délibérations, il est décidé qu'on abandonnera le canot qui nous reste, dès que quelque autre de nos hommes deviendra

à son tour trop faible pour tirer. Un malade de plus est un nouveau poids pour les traîneaux, et il faut, à tout prix, atteindre le navire avant le complet épuisement de nos vivres.

« 18. — La marche est très dure sur la route raboteuse et la neige profonde ; il faut souvent arrêter le convoi et fureter à droite et à gauche pour retrouver le chemin tracé, si difficile à suivre au milieu du brouillard. Divers signes annoncent un changement prochain dans l'état du sol qui nous porte : une fêlure que nous avions remarquée il y a trois semaines est aujourd'hui visiblement plus large, et plus loin la majeure partie d'un monticule de glace a perdu son équilibre et culbuté sens dessus dessous. Ces mouvements nous donnent le conseil de déguerpir au plus vite.

« 19. — Ciel couvert ; épaisses ondées de neige. La route est mauvaise ; nos malades sont rudement cahotés. Deux fissures se sont élargies depuis notre passage ; les champs de glace commencent donc à bouger.

« ... 22. — Nous nous égarons sans cesse et, quand la tranchée ouverte par les pioches est retrouvée, il faut à grand'peine y ramener les traîneaux. Marche, 1 kilomètre 1/2.

« ... 25. — On traverse un vaste champ couvert de neige profonde et barré de mamelons, sur lesquels l'opération de hisser les véhicules est des plus laborieuses ; la descente n'est pas moins fâcheuse pour les écloppés, qui ont à peine le temps

de se rouler de côté avant que le traîneau leur arrive sur la tête.

« 26. — Tempête du sud-est, accompagnée d'abondantes neiges que la tourmente roule et amoncelle. Nous voilà condamnés à nous croiser les bras. Impossible de charger les véhicules et d'y placer les malades, sans que ceux-ci soient presque ensevelis sous d'épais tourbillons. D'ailleurs comment distinguerait-on la route, même à une longueur de traîneau? Ce retard nous est un grand souci ; chaque heure est d'une importance vitale.

« 27. — L'énorme quantité de neige qui est tombée rend la marche très dure et, la température s'élevant, le dégel fait de la neige une espèce de boue visqueuse; elle se fige autour de nos chaussures et des patins des traîneaux, dont le tirage devient plus pénible... Les officiers tiennent bon, mais tous les hommes, sauf deux, sont avariés. Le moment est venu d'abandonner le canot et les objets qui ne sont pas de nécessité absolue. Notre seul but doit être d'arriver au navire le plus tôt possible.

« 28. — Au moment de dresser les tentes, toute notre troupe a été mise en rumeur par l'apparition d'un petit bruant des neiges qui a voleté autour du campement en chantant sa chanson joyeuse. Il y avait bien neuf mois que nous n'avions vu d'oiseau! Nos malades, encore couchés sur les transports, ont demandé qu'on leur découvrît le visage et qu'on les soulevât un peu, afin d'écouter

et d'admirer le petit ami venu de si loin pour nous fêter. Nous le suivîmes longtemps du regard pendant qu'il regagnait la côte à tire-d'ailes.

« ... 31. — La glace qui recouvre un petit lac se brise sous un traîneau et nous avons bien du mal à préserver le véhicule d'une immersion complète, qui eût été fatale à un des malheureux invalides solidement attaché dessus.

« Le vent qui souffle en tempête nous arrête ; impossible de voir à deux pas devant soi. La neige qui tombe sans cesse et celle que soulèvent les rafales mouillent nos vêtements. Nous sommes trempés, transis, morfondus. Distance franchie, moins d'un kilomètre.

« 1er juin. — Les rafales alternent avec les chutes de neige. Notre ancien chemin est tout à fait oblitéré ; on ne le reconnaît qu'à des bouts de cigares ou à des boîtes de fer-blanc, vestiges de notre premier passage. La marche est très dure ; parfois nous enfonçons jusqu'aux épaules.

« 2. — La liste des malades s'accroît encore. Nous ne sommes plus que huit, deux officiers et six hommes, je n'oserais dire valides. Cinq des malades sont couchés sur les véhicules, et tout ce que peuvent faire les quatre autres, c'est de se traîner en boitant derrière eux. L'ordre de marche est réglé comme suit : le grand traîneau, auquel tout le monde s'attelle, est conduit aussi loin que possible ; puis nous retournons prendre les deux autres entre lesquels nous partageons nos

Dans les neiges profondes.

NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY

« forces ». En outre, nous avons décidément perdu la piste et il faut reprendre les pics et les pelles.

« 4. — Je devance les traîneaux et je gagne à grand'peine le rivage avec le lieutenant Parr. Nous y observons les traces récentes de pas d'hommes et d'un traîneau attelé de chiens. Une note nous apprend que le capitaine et deux hommes sont venus ici et repartis pour le navire! Nous retournons à nos gens.

« ... 6. — La seule chance qui nous reste de sauver nos malades est d'appeler au secours le plus vite possible. Il est décidé que Parr se mettra en route demain matin pour le navire. Il aura à franchir seul, à travers de profonds amas de neige et de hauts escarpements de glace, les 55 kilomètres qui nous séparent de l'*Alerte*.

« 7. — Tous mes hommes souffrent et peuvent à peine remuer. L'un d'eux, Porter, est évidemment très mal.

« 8. — Le pauvre Porter est mort. Le pavillon baissé à mi-mât et le drapeau national recouvrant le corps, la procession mortuaire, composée de nous tous, sauf les quatre plus malades, a quitté la tente à 9 heures ; on a lu le service funèbre et confié les dépouilles à leur demeure glacée. Une croix grossière, formée d'une rame et d'un montant de traîneau, a été placée sur la tombe avec une inscription.

« 9. — Nos malades sont dans un état de grande prostration. Tous les yeux sont anxieusement tour-

nés vers le sud. On signale dans le brouillard un objet sombre s'avançant rapidement ; nous nous sentons faiblir sous le poids de notre émotion. C'est un équipage à chiens monté par deux matelots de l'*Alerte !* A peine nos hommes peuvent-ils arracher un hourrah de leur poitrine en les reconnaissant. Serrement de main général. On nous apprend que le capitaine et tous les officiers vont arriver à la tête d'un convoi de ravitaillement.

« 10. — Nous apercevons la troupe du capitaine. Je donne l'ordre de pavoiser. A midi 45 minutes, nous recevons de nos amis une cordiale accolade. Pas de temps à perdre en paroles ; on repart aussitôt, les plus malades couchés sur le traîneau à chiens.

« ... 13. — Nos jambes sont très faibles, mais l'idée de rentrer bientôt à bord est la meilleure des béquilles.

« Enfin nous arrivons au navire à une heure et demie du matin, le vendredi 14 juin. »

CHAPITRE XVIII

L'aventure des naufragés de *la Hansa*. — Une traversée de 1100 milles sur un glaçon flottant. — Utilité des expéditions polaires. — Conquêtes scientifiques. — Une école d'héroïsme.

Nous avons vu les glaces qui encombrent les mers arctiques entraver la marche du navigateur, l'emprisonner, battre en brèche son navire, et de cent façons mettre sa vie en péril. Dans quelques circonstances, en cas de naufrage par exemple, ces mêmes glaces qui se sont montrées si hostiles, peuvent lui être propices, devenir pour lui un moyen de salut. Partout ailleurs, la mer ouvrirait sous lui le gouffre de ses eaux, c'est-à-dire une tombe inévitable ; ici, il trouve un plancher qui non seulement le supporte, mais, se transformant en radeau, le conduit dans des régions moins abandonnées, où il a chance d'être secouru. Ces voyages sur des glaces flottantes sont, on le pense bien, accompagnés de risques, de hasards, de vicissitudes inouies, qui font passer l'âme humaine par tous les degrés de l'anxiété et de l'angoisse ; toutefois l'issue en a été

plus d'une fois heureuse. C'est ainsi que les naufragés du navire *la Hansa* en 1870 et, peu d'années après, en 1873, dix-huit personnes de l'équipage du *Polaris*, après avoir navigué sur un glaçon au hasard des courants pendant neuf et dix mois, furent sauvés : les uns purent gagner une colonie de la pointe sud du Groënland, les autres furent recueillis en mer par un baleinier qui les déposa à Terre-Neuve. Ces deux aventures, terminées par une délivrance qui semble tenir du miracle, ont pris place parmi les épisodes les plus surprenants de l'histoire des expéditions arctiques. Nous raconterons brièvement la première, d'après la relation de ceux qui en ont été les héros.

Le brick *la Hansa* accompagnait en 1869, comme navire de conserve et de ravitaillement, le steamer à hélice *la Germania*, qui se proposait d'explorer la côte orientale du Groënland. L'équipage du voilier était de quatorze hommes, commandés par le capitaine Hagemann. Le 20 juillet, par 74° de latitude nord, les deux navires furent séparés l'un de l'autre au milieu du brouillard et des glaçons ; ils ne devaient plus se retrouver. La *Hansa* fut entraînée vers le sud avec une immense plaine de glace.

Au commencement de septembre, le brick perdit tout espoir de se dégager ; il était complètement pris dans la banquise. La nécessité d'hiverner ne faisait aucun doute. On prit donc le parti de construire sur le champ de glace une habitation d'hiver. On choisit une place unie, exempte de

fissures, à environ 450 pas du navire, et l'on y bâtit une cabane avec des briquettes de charbon, dont on cimenta les joints avec de la neige arrosée d'eau : la gelée eut bientôt consolidé les quatre murs en une seule masse compacte. La toiture fut faite avec des lattes recouvertes d'une toile à voiles et d'une couche de neige. Le petit édifice avait 20 pieds de long sur 14 de large et 16 1/2 de haut au point le plus élevé du faîte.

Du 5 au 14 octobre la dérive fut très forte ; on recula de 72 milles vers le sud-est. Le 18, des pressions inquiétantes se firent sentir. Des blocs de glace s'amoncelèrent contre le navire, qui fut soulevé, lentement d'abord, puis plus rapidement, et dont l'avant finit par se trouver à plus de 17 pieds au-dessus de son ancienne position. Les coutures du pont craquaient et même se déchiraient. Bientôt on s'aperçut que l'eau pénétrait dans la cale. Évidemment la quille était rompue, la coque percée.

Tandis qu'une moitié de l'équipage travaillait énergiquement aux pompes, sans succès, — car l'eau affluait plus abondante à mesure qu'on l'épuisait, — l'autre moitié se hâtait d'enlever et de débarquer sur la glace tous les objets utiles. La *Hansa* ne pouvant plus être sauvée, on abattit les mâts, on prit les vergues, les voiles, les câbles, les trois chaloupes, une grande et deux petites. Dans la nuit du 21 au 22, démembré, défoncé, informe, le navire coula à fond.

Qu'allaient devenir les malheureux naufragés sur

leur glaçon flottant? La terre, — c'était la côte de Liverpool, — n'était pas à plus d'un mille et demi de distance; mais fussent-ils parvenus à se frayer un chemin jusque-là à travers les glaces accumulées, il leur était impossible d'y transporter les provisions, et ils savaient qu'ils ne trouveraient dans cette contrée aucun établissement d'Esquimaux : ils y mourraient certainement de faim. Force leur fut donc de rester dans la hutte de charbon, sur l'îlot de glace. Peut-être, si leur radeau résistait, pourraient-ils aborder à la côte méridionale du Groënland, qui était habitée, ou bien atteindre l'Islande. Le plus probable, il n'y avait pas à se le dissimuler, c'est que le glaçon qui les portait, entamé par la chaleur au retour du printemps, heurté par d'autres banquises, se briserait sous leurs pieds et qu'ils n'échapperaient pas à la mort.

On reprit peu à peu courage cependant. On possédait 400 livres de pain, deux douzaines de boites de viande conservée, du lard, du café, de l'eau-de-vie, du bois à brûler et encore quelques tonneaux de charbon. C'était de quoi vivre plusieurs mois. Les quatorze naufragés se mirent en devoir d'améliorer autant que possible leur installation. Ils remplacèrent par des planches la toile qui formait la toiture de leur maison, et ils y pratiquèrent deux fenêtres. Des espèces de couchettes, avec des paillasses, furent disposées le long des murs, laissant entre elles, au milieu, un couloir dans lequel on plaça une rangée de caisses, destinées à servir de

tables et de sièges. Comme la neige, qui tombait fréquemment et en abondance, s'élevait presque à la hauteur du toit, on creusa tout autour du bâtiment une voie de quatre pieds de large, que l'on couvrit d'un plafond de toile à voiles ; on y remisa les provisions de vivres. Enfin pour empêcher le vent et les tourbillons de neige de pénétrer dans l'habitation, on construisit en avant de la porte un vestibule avec une entrée tournante. Au dehors, tout près, on fit deux autres abris, un hangar et un lavoir ; les chaloupes, plusieurs tas de bois scié, quelques tonneaux, placés à peu de distance, complétaient l'aménagement de la petite colonie.

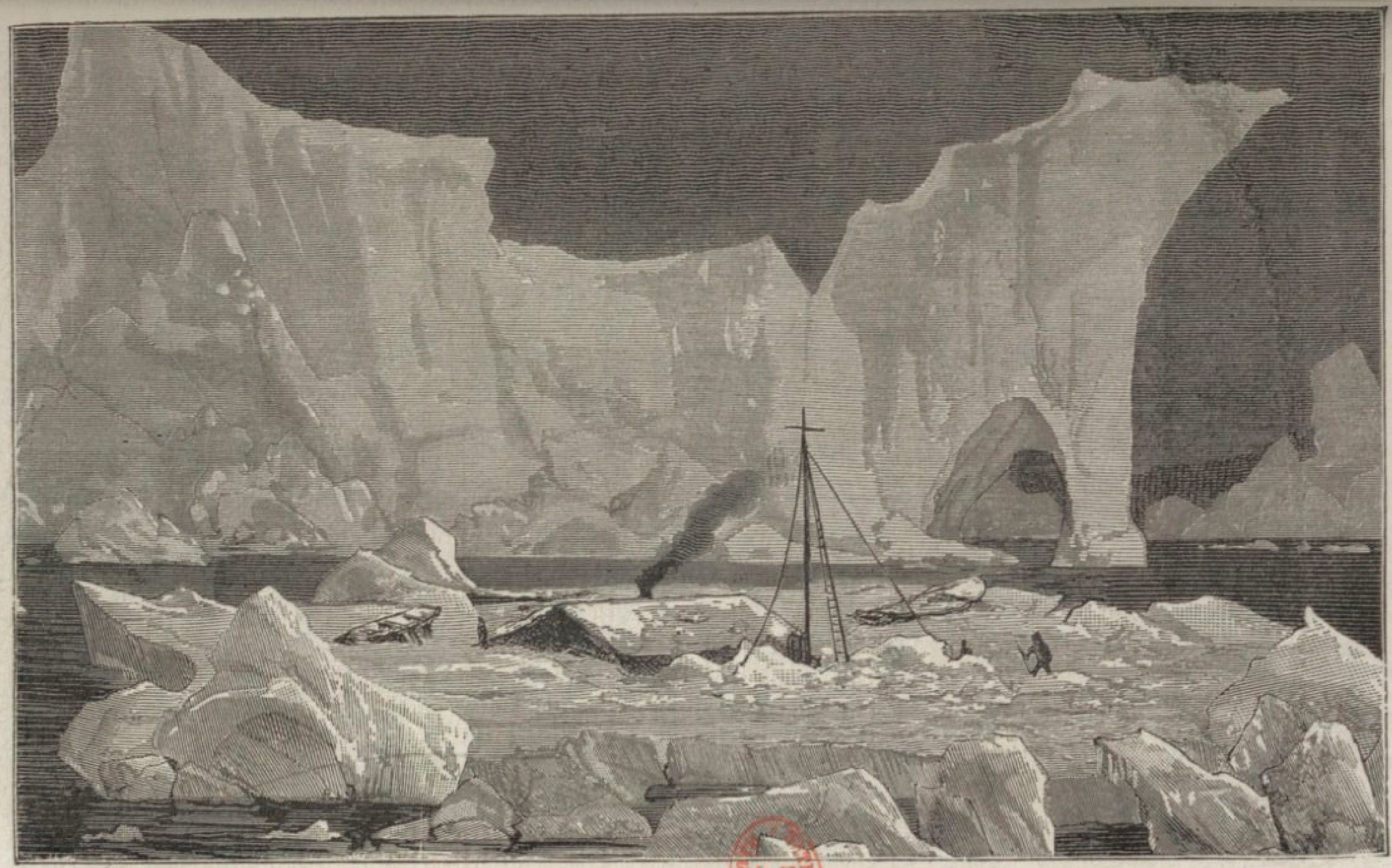
Ces travaux achevés, comment passer le temps, combattre l'ennui et surtout échapper à de tristes préoccupations, qu'une obscurité perpétuelle, accompagnée de fréquentes tempêtes, contribuait à entretenir? Tantôt on jouait aux cartes, tantôt on patinait sur la glace, ou bien on construisait des figures de neige. Surtout on explorait, on étudiait le glaçon sur lequel on naviguait vers le sud. On constata avec satisfaction qu'ayant 5 pieds de hauteur au-dessus de la mer, il devait avoir au-dessous une épaisseur d'une quarantaine de pieds, par conséquent une solidité rassurante. Ses bords présentaient un aspect étrange : ils étaient exhaussés d'un bourrelet de glaces brisées et empilées provenant de chocs et de frottements avec d'autres banquises.

Le jour de Noël vint : les naufragés voulurent le célébrer. Ils dressèrent l'arbre traditionnel, artiste-

ment fabriqué avec un bâton et des brindilles empruntées à un vieux balai ; on y suspendit à profusion des guirlandes de papier découpé, et la triste maison de charbon fut illuminée le plus brillamment possible. On fêta aussi le 1er janvier en tirant des coups de fusil et en buvant du punch ; on se souhaita réciproquement la bonne année : on sentait le besoin de former des vœux, de s'exciter à l'espoir.

Un matin, des bruits singuliers se firent entendre ; c'étaient de sourds craquements, comme des grincements de scie ou de roues de wagons dont on serre les freins. Vite tous les dormeurs sont sur pied ; la lampe à la main, ils regardent de tous côtés, ils examinent de près les murs de leur abri : rien d'anormal ne s'y remarque ; les longues stalactites de glace qui les hérissent dardent toujours leurs pointes raides et aiguës. Mais quelques-uns se couchent à plat ventre, l'oreille appliquée contre le sol : ils perçoivent clairement les froissements de la glace fortement comprimée et le bruissement profond de l'eau s'infiltrant dans des fissures. Plus de doute, le glaçon va se fendre ; il n'y a pas une minute à perdre, il faut déménager en toute hâte ; les uns empaquettent les fourrures, d'autres remplissent les havresacs de vivres, d'autres attachent des amarres aux chaloupes. On s'agite ; on ne sait que faire ; de longues heures se passent dans les plus poignantes angoisses.

Quand l'inquiétude s'est enfin calmée et qu'on inspecte le radeau de glace, on s'aperçoit que le



Le glaçon flottant des naufragés de *la Hansa*.

rempart élevé qui l'entourait s'est écroulé, que d'énormes fragments flottent et s'éloignent en divers sens. Il est méconnaissable; sa forme était circulaire, elle est devenue oblongue; son diamètre, qui était de deux milles, n'en a plus qu'un; la maison, sur trois côtés, n'est plus maintenant qu'à 200 pas du bord; sur le quatrième côté, on ne compte plus que 1000 pas au lieu de 3000.

Les jours suivants ne furent qu'une suite d'alarmes. Le 11 janvier, une tempête terrible se déchaîna. Aux cris d'alerte de l'homme de garde, tout le monde se précipita hors de la maison, non par la porte, qu'un amas de neige obstruait, mais à travers le toit du vestibule. Tapis près des chaloupes, serrés et cramponnés les uns contre les autres, fouettés et pénétrés jusqu'à la peau par une neige fine qui traversait leurs vêtements, les naufragés assistèrent à une scène effroyable. La glace se brisait en morceaux de tous les côtés, et ces morceaux, sous les efforts de la houle, s'agitaient. A quelques pas, entre la cabane et la provision de bois, une large crevasse s'ouvrit. Soulevé par de grosses vagues, l'énorme fragment qui s'était détaché de l'autre côté de la crevasse, se dressait, s'avançait, semblait vouloir se ruer sur les malheureux qui observaient avec terreur tous ses mouvements. Ils sentaient déjà fléchir et s'enfoncer le petit reste de glaçon qui les portait. Ils virent le tas de bois de chauffage glisser et disparaître dans la mer. Ils s'attendaient à être engloutis à leur tour. Se croyant

perdus, ils se dirent adieu en se serrant les mains. Cette tempête, ces déchirantes émotions durèrent toute la journée.

Le soir, le vent tomba, la mer s'apaisa ; les glaces, reprenant peu à peu leur tranquillité, se ressoudèrent. Le danger immédiat était passé, mais le glaçon avait encore considérablement diminué; il n'avait plus que 150 pieds de diamètre.

Le 14, à onze heures du soir, nouveau désastre. Avec un fracas épouvantable, une fente se produisit tout contre la maison. On dut s'enfuir. Les naufragés restèrent toute la nuit sur la glace, sans abri, par un temps horrible, et ils passèrent encore la journée et la nuit du lendemain blottis au fond de la grande chaloupe, moitié dans l'eau, moitié dans la neige, mouillés jusqu'aux os, tout grelottants.

Toutefois ils ne s'abandonnèrent pas. Comme, par suite de tant d'ébranlements, la maison de charbon était aux trois quarts démolie, ils en bâtirent une autre, plus petite, avec les mêmes matériaux. Mais le jour même où elle fut terminée et où l'on s'y installa, le vent emporta le toit, la neige encombra l'intérieur, et il fallut de nouveau se réfugier dans la chaloupe.

A la fin de janvier, il tomba une telle quantité de neige qu'il s'en forma des amas de 25 et 30 pieds de hauteur, qui mirent la maison au fond d'un véritable puits. Un mouvement des glaces jeta bas ce rempart, mais eut aussi ce malheureux effet

qu'un grand morceau du glaçon se détacha et s'en alla au loin.

La seule chose dont on pouvait se réjouir, c'est que l'on continuait à dériver rapidement. On gagnait par heure un mille dans la direction du sud. Durant le mois de février, cette dérive ne se ralentit pas, et l'on fut assez heureux pour passer, avec mille détours, au milieu de nombreux blocs de glace sans recevoir aucune atteinte.

Le 4 mars, les voyageurs coururent un grand danger. Leur glaçon fut poussé par un courant rapide contre une énorme montagne de glace dont la base était profondément creusée, tandis que la partie supérieure surplombait horizontalement. Ils se trouvèrent pendant quelques instants sous une voûte crevassée, hérissée d'angles saillants, de pointes, d'arêtes, descendant si bas qu'ils auraient pu les toucher avec la main. Il eût suffi du moindre choc pour qu'une formidable avalanche de glace s'écroulât sur eux. Par bonheur, l'iceberg et l'îlot se frôlèrent, sans se heurter.

Une épreuve d'un autre genre était réservée aux naufragés. Leur marche vers le sud fut subitement arrêtée. Un coup de vent les jeta dans une baie profonde d'où ils pensèrent ne plus sortir. Les échancrures de la côte formaient des vides dans lesquels les flots les entraînaient en s'y précipitant, puis la mer se retirait et les emmenait avec elle; et à la marée suivante le même mouvement de va-et-vient recommençait. Ils voyaient au loin, d'un

œil d'envie, le défilé rapide des autres glaces flottantes. Ils furent ainsi le jouet de courants opposés pendant plusieurs semaines, jusqu'à ce qu'un vent violent, soufflant en sens contraire, fît évoluer leur glaçon du côté de la pleine mer, où il reprit sa course vers le midi.

Le mois de mai amena un notable adoucissement de la température et de grandes pluies. La neige se mit à fondre. Le couloir d'entrée de l'habitation tomba en ruine. Le petit bâtiment, qui se trouvait naguère enfoui au fond d'un vallon, était maintenant juché au sommet d'un tertre; il fallut l'entourer d'étais. Mais on avait la satisfaction de voir, sous des latitudes plus méridionales, la côte perdre peu à peu son aspect désolé, se marbrer çà et là de taches vertes, et surtout des intervalles de mer libre apparaître plus étendus et plus nombreux. On allait donc enfin pouvoir naviguer et tenter de gagner la terre.

Le 7, on débarrasse les trois chaloupes, on les tire jusque sur le bord du glaçon, on les lance, on les recharge, et, après avoir dit adieu, non sans émotion, à ce morceau de glace qui a été une planche de salut, sur lequel on a vécu plus de deux cents jours et franchi une distance de 1100 milles, on met à la voile en poussant d'énergiques hourrahs.

Tout va bien; on navigue sans obstacle et l'on avance de 7 milles en se rapprochant de la terre. Mais voici le chemin de nouveau barré, et l'on est forcé de prendre pied sur un glaçon et de le traverser

en traînant les barques. C'est de cette manière que dès lors on voyagea, tantôt sur une partie de mer libre, à la voile ou à l'aviron, tantôt sur des glaces flottantes, où il fallait hisser et remorquer les embarcations, opération des plus difficiles. Tous les hommes, officiers et matelots, se partageaient en plusieurs équipes et s'attelaient aux amarres des bateaux au moyen de sangles passées sur leurs épaules.

A chaque instant on rencontrait des monticules de glace aux parois escarpées, et quand on était parvenu à les gravir, ce n'était pas un moindre embarras et une moindre peine que d'en descendre. Souvent aussi les chaloupes enfonçaient dans une neige molle et profonde, ou bien s'engageaient entre des blocs où elles se trouvaient serrées comme dans un étau; quelquefois elles glissaient dans des crevasses, du fond desquelles on ne les retirait qu'au prix de longues heures d'efforts surhumains. Le halage des bateaux heureusement accompli, c'était le matériel qu'il s'agissait de transporter, et chaque homme avait à refaire le même chemin, à travers les mêmes obstacles, le dos chargé d'un poids de 100 à 150 livres.

Quelque pénibles que fussent de telles fatigues, l'inaction absolue à laquelle le mauvais temps condamna plus d'une fois les voyageurs, leur paraissait encore plus insupportable. Ils restaient blottis cinq et six jours de suite dans les chaloupes, sous un abri de toile qui finissait par laisser traverser la pluie;

en proie à un violent ennui, à une impatience mortelle.

Ces retards étaient d'autant plus désolants que les vivres diminuaient avec une rapidité effrayante. Au milieu de mai l'on constata qu'il n'y en avait plus que pour un mois. Réussirait-on, avant l'expiration de ce délai, à atterrir à la côte et à gagner un lieu habité? Sinon, la destinée des naufragés était certaine, inévitable : ils étaient condamnés à mourir de faim. Aussi durent-ils se résigner à ne plus faire que deux repas en vingt-quatre heures, et à ne s'accorder à chaque repas qu'un quart de livre de pain, en y joignant le matin un peu de lard et, le soir, une petite quantité de viande et de bouillon froid. Ces deux moments étaient attendus avec une vive impatience. On y pensait sans cesse. Chacun comptait les heures, les minutes qui le séparaient de l'heureux instant où il pourrait non satisfaire, mais apaiser sa faim, et cet instant venu, on mangeait en silence, avec lenteur, avec recueillement. Le sentiment de bien-être qu'on éprouvait en contentant un besoin impérieux était immédiatement suivi de la crainte poignante de se trouver, dans quelques jours peut-être, en face de la famine et de la mort.

Enfin les naufragés virent le terme de tant d'épreuves. Le 4 juin ils mirent le pied sur le continent groënlandais, et le 13, après avoir navigué le long du littoral sans plus être arrêtés par les glaces, ils débarquèrent à Friedrichsthal, l'un des établis-

sements des missionnaires moraves. Ils étaient sauvés. De là ils repartirent, toujours dans leurs chaloupes, pour Julianashaab, d'où un navire danois les transporta à Copenhague.

Quand on passe en revue, comme nous venons de le faire, les terribles dangers, les épreuves sans nombre inséparables des expéditions polaires, on ne peut s'empêcher de se demander si les résultats obtenus sont proportionnés à tant d'efforts, à tant de sacrifices et de souffrances. Le pôle n'a pas été atteint; tous les navigateurs ont dû s'arrêter devant les barrières dont il s'entoure, et ceux qui sont allés le plus loin ont déclaré ces barrières à jamais infranchissables. Aucun produit précieux ou utile n'a pu être tiré de ces régions déshéritées. Il n'y a aucunes relations à nouer avec les hommes qui les habitent, pauvres peuplades dépourvues d'industrie, qui, ne possédant rien, n'ont rien à échanger et dont tout le souci est de ne pas mourir de faim. Des deux voies navigables si longtemps cherchées et enfin trouvées, l'une, celle du nord-ouest, n'est libre en aucune saison, et c'est un coup d'audace extraordinaire, unique, qui l'a forcée; l'autre, celle du nord-est, victorieusement franchie tout récemment, n'a cependant pas épargné à l'heureux Nordenskiold une captivité de neuf mois au milieu des glaces, et l'on ne saurait affirmer que les tentatives ultérieures auront un égal succès.

Mais ces objections ne se sont pas plus tôt présen-

tées à l'esprit qu'une indiscutable réponse les dissipe. Si les avantages matériels des explorations arctiques sont nuls, elles n'ont pas été stériles en conquêtes scientifiques. Des terres nouvelles ont surgi de l'inconnu et occupent maintenant leur place sur la carte du globe ; les contours de plus d'un rivage se sont ici précisés, là prolongés. Le sol a été fouillé et les secrets du passé, cachés dans son sein, ont été mis au jour. Les mers ont été sondées, leurs courants notés. L'air, sa température, ses mouvements, les divers phénomènes météorologiques, magnétiques, dont l'atmosphère est le théâtre, ont été étudiés. Des végétaux, des animaux jusqu'alors ignorés ont reçu leur nom et leur rang dans la série des êtres vivants. La race, les mœurs, la langue, les migrations de plusieurs familles humaines ne sont plus un mystère. Toutes les sciences ont tiré profit de ces observations. L'ignorance a perdu du terrain ; le champ de nos connaissances s'est étendu.

En outre, une considération supérieure, appartenant à l'ordre moral, recommande incontestablement les expéditions polaires. Elles ont été une carrière ouverte aux qualités qui font le plus d'honneur à l'homme, le courage, la constance, l'abnégation. Elles n'ont pu être entreprises et poursuivies qu'à la condition de l'exercice de ces vertus. Elles sont une école d'héroïsme. Tout esprit généreux partagera l'opinion exprimée par M. Charles Martins en ces termes : « Osera-t-on soutenir que des hommes tels que Franklin, les deux Ross, Parry,

Bellot, Mac Clure, Inglefield, Mac Clintock, Kane, Hall et d'autres, dont l'existence, comme celle de leurs équipages, a été mise cent fois en péril, durant des années entières, dans des mers inconnues et désertes, par les tempêtes, les courants, les écueils, des glaces monstrueuses, un froid épouvantable, la nuit éternelle de l'hiver, le scorbut, ne sont pas comparables aux héros si fameux de la guerre?

« Ces héros de la paix élèvent le niveau intellectuel et moral d'une nation. Nul sentiment de regret ou de tristesse ne doit troubler les élans d'admiration et de respect qu'ils inspirent. Leur gloire est pure du sang et des douleurs de leurs semblables, et le génie de l'humanité n'a pas à gémir sur des triomphes dont la science et la morale recueilleront tous les fruits. »

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

Les terres arctiques. — Les neiges éternelles. — Les plus grands glaciers du globe. — Pittoresque architecture des glaces. — Écroulement de la façade d'un glacier. . . 1

CHAPITRE II

La mer glaciale. — Les effets du Gulf-stream. — Les champs de glace. — La débâcle. — Navires saisis et entraînés par les banquises flottantes. — L'hypothèse de la mer libre du pôle. — La mer paléocrystique. 19

CHAPITRE III

Les montagnes de glace ou icebergs. — La naissance d'un iceberg. — Volume colossal et formes étranges de ces glaçons. — Un spectacle magique. — Collision d'un iceberg et d'un navire. — Effondrement des montagnes de glace 35

CHAPITRE IV

Les saisons arctiques. — Un paysage d'été. — Effets de mi-

rage. — Le froid en hiver. — Les tempêtes de neige. — La longue nuit polaire. — Les aurores boréales. 55

CHAPITRE V

La flore polaire. — Les forêts fossiles. — L'ancienne faune arctique. — Les mines d'ossements. — Grands mamifères conservés dans la glace. 73

CHAPITBE VI

La faune terrestre. — L'ours blanc. — Manière dont il chasse le phoque. — Ses longs jeûnes en hiver. — Navires visités par les ours. — Prudence de ces animaux. — Bravoure de la femelle pour défendre ses petits. 87

CHAPITRE VII

Les renards arctiques. — Leur effronterie. — Mauvais tours qu'ils jouent aux voyageurs. — Les rennes. — Migrations des grands troupeaux de rennes sauvages. — Les rennes domestiques des Lapons et des Sibériens. — Les bœufs musqués. — Innombrables colonies d'oiseaux 105

CHAPITRE VIII

La faune marine. — Les baleines. — Vengeance d'un cachalot. — Les phoques. — Morses attaquant une chaloupe. — Dévouement maternel et conjugal chez les morses. 127

CHAPITRE IX

Les peuples hyperboréens. — Les Esquimaux. — Leur costume. — Leurs tentes et leurs maisons de neige. — Un intérieur esquimau. — Habitations des Sibériens et des Lapons. 147

CHAPITRE X

Industrie des Esquimaux. — Leurs canots et leurs armes de chasse. — Leur habileté à pêcher le phoque. — Traîneaux et chiens esquimaux. — Les Tchoutschis commerçants. — La foire d'Ostrovnoyë. 167

CHAPITRE XI

Misère des habitan's de l'extrême nord. — Exemples de famine. — Une scène de cannibalisme. — Gloutonnerie extraordinaire des Esquimaux 185

CHAPITRE XII

Caractère des peuples arctiques. — Douceur et honnêteté des Esquimaux. — Générosité d'un chef indien. — Touchante piété d'un Tongouse. — Comment on meurt chez les Esquimaux et chez les Tchoutschis. — Profession de Toukoulito. — Bonheur de ces races déshéritées. 195

CHAPITRE XIII

Les étrangers au Groënland. — Les anciennes colonies normandes. — Lutte d'Ungitok et de Krassipe. — Un stratagème renouvelé du cheval de Troie. — Les établissements danois. — Un parlement groënlandais. — Les Esquimaux au sermon 219

CHAPITRE XIV

L'intérieur d'un gouverneur danois. — Un amateur de la nature et de la vie groënlandaises. — La ferme du docteur Molke. — Un jour de bonheur pour les familles danoises 233

CHAPITRE XV

Les navigateurs. — Dangers des expéditions polaires. — Les vaisseaux aux prises avec les glaces flottantes. — Duel de la *Panthère* et d'un iceberg. — Investissement et emprisonnement des navires. — Soulèvement des champs de glace. — Le *Tegetthoff* au milieu des pressions 247

CHAPITRE XVI

Tristesse d'un hivernage arctique. — La vie dans les ténèbres. — Transformation du navire. — Occupations de l'équipage. — L'école à bord. — Divertissements. — Publication d'un journal et représentations dramatiques . . 265

CHAPITRE XVII

Les voyages en traîneau. — Les neiges profondes. — Ascension et descente des monticules de glace. — Le froid et l'humidité. — Voracité des chiens. — Les campements sous la tente ou dans des huttes de neige. — Le scorbut. — Récit du lieutenant Markham 279

CHAPITRE XVIII

L'aventure des naufragés de *la Hansa*. — Une traversée de 1100 milles sur un glaçon flottant. — Utilité des expéditions polaires. — Conquêtes scientifiques. — Une école d'héroïsme. 309

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

1302. — PARIS, IMPRIMERIE A. LAHURE
Rue de Fleurus, 9

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES
SIÈGES CÉLÈBRES

DE L'ANTIQUITÉ
DU MOYEN AGE ET DES TEMPS MODERNES

PAR

MAXIME PETIT

OUVRAGE
ILLUSTRÉ DE 32 GRAVURES DESSINÉES SUR BOIS
PAR C. GILBERT

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1881

Droits de propriété et de traduction réservés

A MONSIEUR

H. PETIT, MON PÈRE

HOMMAGE AFFECTUEUX

MAXIME PETIT

LES

SIÈGES CÉLÈBRES

I

Le siège de Troie.

(1280-1270 av. J.-C.)?

Si l'on en croit Platon, la Troie de Priam et d'Homère avait été construite « sur une petite éminence, dans une belle et vaste plaine, arrosée par différentes rivières sortant du mont Ida ».

On a beaucoup discuté sur l'emplacement de cette éminence, de cette plaine et de ces rivières. Du temps de Strabon, on ne savait déjà plus au juste où se trouvait Troie, et il y a quelques années encore, on pensait généralement que la célèbre cité avait dû s'élever au lieu même où se voit le village de Bounar-Bachi, bien que le comte de Choiseul-Gouffier, ambassadeur de Louis XVI, eût fait inutilement exécuter des fouilles en cet endroit. En 1871, M. Schliemann partit à ses frais pour la Troade et découvrit, à Hissarlick, les traces

de quatre villes superposées[1]. La première, d'après lui, serait la Nouvelle-Ilion, où s'arrêta Xerxès; la dernière aurait été fondée par des peuples de race aryenne; Troie, cité de Priam, serait la seconde, si l'on s'en rapporte aux convictions de M. Schliemann, convictions basées sur la comparaison des objets trouvés avec ceux dont parle Homère. Cette opinion n'a point été admise par MM. Vivien de Saint-Martin et Virlet d'Aoust.

Après ce peu de mots sur l'emplacement de Troie, occupons-nous de la fameuse expédition des Grecs en Asie-Mineure.

Et d'abord, la guerre de Troie est-elle un fait réel, un événement historique? Grote la considère expressément comme une légende[2]. Pour M. Duruy, elle « marque le moment où la Grèce, après avoir souffert durant des siècles l'invasion qui s'opérait d'Orient en Occident, réagit à son tour et commença le mouvement en sens contraire[3]. » Hérodote y voit simplement une entreprise des Hellènes contre les Asiatiques. D'autres, rattachant les Troyens aux Pélasges et tenant compte de l'inimitié qui séparait les Grecs de la race pélasgique, croient que c'est là le dernier terme de cette haine. Enfin, pour la tradition et la poésie, la guerre de Troie fut amenée par une rivalité mortelle entre deux familles, rivalité qui aurait pris naissance à l'époque où la Troade et la Phrygie se disputaient la prépondérance en Asie-Mineure.

[1] On pourra consulter, sur ces fouilles entreprises en Troade, les *Antiquités Troyennes* de M. Schliemann, et *les Villes retrouvées*, de M. G. Hanno, dans la collection des *Merveilles*.

[2] Grote, *Histoire de la Grèce*, tome II.

[3] Duruy, *Histoire de la Grèce ancienne*, tome. I, p. 55.

Il serait difficile d'admettre qu'il n'y ait pas dans toutes ces légendes et ces traditions un fond de vérité. Si les causes nous sont inconnues, si la vérité ne nous est parvenue qu'ornée et embellie par les couleurs poétiques, le fait lui-même doit, à notre avis, être considéré comme authentique, surtout si l'on tient compte des récentes découvertes de M. Schliemann. « De l'ensemble des traditions, dit M. Duruy, il résulte qu'un puissant royaume s'élevait en face de la Grèce, sur les côtes opposées de la mer Égée. Une partie de l'Asie-Mineure appartenait à ses princes et les peuples indépendants de cette péninsule étaient ses alliés. Priam y régnait alors; Troie ou Ilion, sa capitale, bâtie au pied du mont Ida, était célèbre par la force de ses murailles, par les richesses et le luxe de ses habitants, dont les mœurs et la religion étaient, comme la langue, les mêmes que celles des Hellènes, mais à un degré plus avancé de développement. Une haine nationale profonde, invétérée, séparait les deux peuples et finit par les armer l'un contre l'autre. »

Tantale, roi de Phrygie, voulant un jour éprouver la puissance des dieux, leur servit les membres de son fils; mais Jupiter découvrit son crime et ranima le jeune Pélops. Celui-ci, chassé par Tros, roi d'Ilion, rassembla ses compagnons et s'enfuit en Élide, où il succéda à Œnomaos. Ses descendants régnèrent à Mycènes et à Sparte et donnèrent leur nom (Péloponèse) à toute la péninsule Apia. Agamemnon, devenu roi de Mycènes, avait épousé Clytemnestre, fille de Tindare, roi de Sparte, qui possédait une autre fille, Hélène, remarquable par sa beauté. Ravie par Thésée sur les bords de l'Eurotas, Hélène fut, à son retour, recherchée par une foule de

prétendants : Tyndare leur fit jurer à tous d'assurer la possession de sa fille à celui qui serait l'objet de son choix. Ménélas, frère d'Agamemnon, devint l'époux d'Hélène et remplaça son beau-père sur le trône de Sparte.

En ce temps-là, régnait à Ilion Priam, fils de Laomédon. Sa femme Hécube lui avait donné dix fils : *Hector, Pâris, Déiphobe, Helenus, Pammon, Politès, Antiphus, Hipponoüs, Polydore, Troïle,* et quatre filles : *Créuse, Laodice, Polyxène* et *Cassandre,* douée du don de prophétie, mais dont les prédictions n'étaient crues de personne.

Pâris, étant venu en Grèce pour sacrifier à Apollon Daphnéen, fut accueilli à la cour de Sparte, et pendant un voyage que fit Ménélas en Crète, Hélène s'enfuit à Troie avec ce fils de Priam[1]. Le roi de Sparte outragé rappela à ses anciens rivaux le serment qu'ils avaient fait à Tyndare, Agamemnon appuya les réclamations de son frère, et les États de la Grèce, réunis à Égion, décidèrent qu'une expédition aurait lieu contre Troie, si Pâris ne rendait Hélène et ne s'excusait d'avoir violé les lois de l'hospitalité : Ménélas et le prudent Ulysse, chargés d'une mission conciliatrice, furent très mal accueillis, et les chefs de la Grèce reçurent l'ordre de se rendre en Béotie, pour aller venger l'honneur national.

[1] Une autre tradition prétend qu'Hélène n'alla jamais en Troade. Pâris, à son départ, aurait été poussé en Egypte par des vents contraires, et le roi du pays, apprenant les torts de Pâris, l'aurait chassé en retenant Hélène jusqu'à ce que Ménélas vint la chercher. Les Troyens eurent beau affirmer à Ménélas que la reine de Sparte n'était pas à Troie, les Grecs ne voulurent pas les croire et assiégèrent Ilion. (V. *Hérodote*, II, 20. — *Grote*, tome II, p. 26.)

Agamemnon, roi d'Argos et de Mycènes, fut nommé généralissime. « Il vêtit, dit Homère, la tunique moelleuse, belle, neuve, et jeta par-dessus son grand manteau ; il attacha ses brodequins à ses pieds délicats, passa à son côté son glaive suspendu à un baudrier garni de plaques en argent et prit son sceptre, formé d'une branche d'arbre des montagnes que le tranchant du fer coupa et dépouilla de ses feuilles et de son écorce.... Il tenait à la main un manteau[1]. » On lui donna le droit de vie et de mort sur tous les soldats, auxquels il fit dire par ses hérauts que tous les lâches seraient donnés en pâture aux oiseaux et aux chiens. Immédiatement après lui venaient : *Diomède*, fils de Tydée, chef des Argiens ; *Ménélas*, roi de Sparte ; le sagace *Nestor*, roi de Pylos, qui avait vu trois âges d'homme ; les deux *Ajax* : l'un fils d'Oïlée et roi des Locriens, l'autre fils de Télamon et roi de Salamine ; le vaillant *Achille*, fils de Thétis et de Pélée[2] ; *Philoctète*, l'ami d'Hercule, qui avait reçu du héros mourant ses flèches trempées dans le sang de l'hydre de Lerne ; *Ulysse*, roi d'Itaque, célèbre par sa prudence ; le Crétois *Idoménée* ; l'Étolien *Thersite*, le type du lâche insolent. Tous ces chefs commandaient à une armée de 100 810 hommes et dirigeaient une flotte de 1186 vaisseaux.

De leur côté, les Troyens s'étaient vaillamment préparés à la résistance, et ils avaient reçu des secours de plusieurs peuples de l'Asie-Mineure, menacés par l'in-

[1] Ce manteau servait à le faire reconnaître des soldats.

[2] La fable, comme on le sait, disait qu'Achille fut trempé par sa mère dans le Styx — ce qui le rendit invulnérable, excepté au talon par lequel sa mère le tenait.

vasion hellénique. Ils avaient à leur tête : *Hector*, époux d'Andromaque, à l'existence duquel, suivant Homère, était attachée la destinée d'Ilion; *Enée*, fils de Vénus et d'Anchise, chef des Dardaniens; *Pandaros*, chef des Troyens de Zelée et des environs du mont Ida; *Sarpédon*, roi des Lyciens.

La ville était entourée d'épaisses murailles flanquées de tours.

La flotte grecque, partie d'Aulis, prit une fausse direction et vint jeter l'ancre non loin des côtes de la Mysie. Télèphe, roi de ce pays, voyant des soldats piller sans raison son territoire, fondit sur eux et les dispersa. Bientôt l'erreur fut reconnue de part et d'autre : une trêve fut signée, et les Grecs, revenus dans leur patrie, se donnèrent de nouveau rendez-vous à Aulis pour le printemps prochain.

Cette fois, les vents contraires retardèrent l'appareillage de la flotte. En outre, Agamemnon ayant tué une biche dans un bois consacré à Diane, la déesse déchaîna la peste sur l'armée. Calchas, devin et grand-prêtre d'Apollon, déclara que pour apaiser la divinité il fallait sacrifier Iphigénie, fille du généralissime et de Clytemnestre. Au moment du sacrifice, Diane substitua sur l'autel une biche à la jeune princesse, dont elle fit sa prêtresse en Tauride.

Les vents changèrent, la flotte mit à la voile, et les rois de la Grèce se trouvèrent réunis en Troade, de même qu'au moyen âge les Croisades rassemblèrent en Asie tous les princes de la chrétienté.

Il était écrit que le premier Hellène qui mettrait le pied sur le sol troyen périrait infailliblement. Comme les chefs hésitaient, Protésilas se dévoua et se précipita

sur le rivage : il tomba sous les coups de ses ennemis.

Le camp des Grecs devant Troie fut divisé en quartiers et en rues. Les vaisseaux, tirés sur la plage, servirent à former l'enceinte, et pour les protéger on éleva un mur, de hauteur d'homme, flanqué çà et là de tours crénelées.

La tente d'Achille était précédée d'une cour entourée de palissades[1].

On ne tarda pas à être en proie aux horreurs de la famine : aussi les soldats se mirent-ils à cultiver le sol de la Chersonèse de Thrace ou à ravager les côtes de l'Hellespont. Dans une de ces excursions, Briséis, fille du prêtre d'Apollon, tomba entre les mains d'Achille et resta au pouvoir du fils de Pélée jusqu'à ce qu'Agamemnon la lui enlevât.

Dans la neuvième année du siège, une peste, envoyée par Apollon, décima l'armée grecque, et Achille, privé de sa captive, se retira dans sa tente et appela sur ses compatriotes la colère du ciel. Ses vœux furent exaucés, et les Grecs battus durent rentrer dans leur camp. Vainement on envoya des députés à Achille : le héros ne voulut pas céder. Le combat reprit avec fureur : les Troyens franchissent la muraille, envahissent le camp ennemi, et forcent les Grecs à se retirer sur leurs navires. Sur ces entrefaites, Patrocle, revêtu de l'armure d'Achille, fut tué par Hector. A la nouvelle de la mort de son plus fidèle ami, le fils de Pélée s'élance sur le champ de bataille; il ne se mêle pas aux combattants, car il n'a pas ses armes, mais « il s'avance jusqu'au rem-

[1] Pouqueville. *La Grèce*, p. 394.

part et pousse par trois fois un cri terrible. Les Troyens ont reconnu la voix du héros, et trois fois ils reculent épouvantés. » Les Grecs peuvent ressaisir le corps de Patrocle.

C'est alors qu'Achille demande des armes à sa mère, et Thétis obtient de Vulcain une armure complète. Il se précipite sur les Troyens, qui prennent la fuite : Énée aurait péri dans la lutte, si Neptune ne l'avait enveloppé d'un nuage.

Le Xanthos et le Simoïs, réunissant leurs eaux, inondent un moment la plaine, mais Vulcain, envoyé par Junon, tarit les deux fleuves, et les Troyens cherchent leur salut dans la retraite : Achille atteint Hector, lui perce la gorge de sa lance, le dépouille, l'attache à son char et fait trois fois ainsi le tour de la ville. Rentré au camp, il s'occupe des funérailles de Patrocle, immole douze captifs et fait célébrer des jeux funèbres. Il avait résolu de donner le cadavre d'Hector en pâture aux chiens et aux oiseaux de proie; à ce moment, le vieux Priam arrive dans sa tente et lui adresse les paroles suivantes :

« Souviens-toi de ton père, Achille égal aux dieux! il est de mon âge, il est comme moi sur le triste seuil de la vieillesse. Peut-être ses voisins l'accablent-ils aussi, et personne n'est là pour le préserver du mal et de la ruine. Mais lui! il te sait vivant, il se réjouit en son âme; et tous les jours il espère voir son fils chéri revenant de Troie. Pour moi, mes malheurs ont comblé la mesure; j'ai engendré dans la grande Ilion de vaillants fils, et je crois qu'aucun ne m'est resté. Ils étaient cinquante, lorsque vinrent les fils de la Grèce, dix-neuf nés des mêmes entrailles et les autres des

femmes qui sont en mon palais. Le farouche Mars leur a fait à presque tous fléchir les genoux. Mais celui que seul j'avais encore, qui défendait la ville et nous-mêmes, tu l'as tué récemment, lorsqu'il combattait pour la patrie : Hector!... C'est à cause de lui que je viens maintenant près des vaisseaux des Grecs ; et pour le racheter, je t'apporte des présents infinis. Crains les dieux, ô Achille! prends pitié de moi au souvenir de ton père; je suis plus que lui digne de compassion : j'ai fait ce que sur la terre nul des hommes n'eût osé. J'ai attiré jusqu'à mes lèvres la main qui m'a ravi mes fils[1]. »

Achille se laisse attendrir en songeant à son père et rend à Priam les restes d'Hector. — C'est là, comme on le sait, que se termine l'*Iliade*, qui commence dans la dixième année du siège et dans laquelle Homère chante la colère d'Achille et les événements qui en furent la suite.

Troie, privée de son plus illustre défenseur, fut secourue par Penthésilée, reine des Amazones, et par Memnon, fils de l'Aurore, qui accourut avec dix mille Perses et autant d'Éthiopiens. Bientôt Pâris (ou Apollon, sous les traits de Pâris) décocha une flèche qui atteignit Achille au talon. Ajax et Ulysse sauvèrent son corps[2], et se disputèrent ses armes devant le conseil des chefs de l'expédition. Grâce à son éloquence, Ulysse l'emporta sur son rival, qui se jeta de désespoir sur son épée.

Les poètes disent que la chute de Troie dépendait de certaines fatalités. Ainsi, le Palladium, statue de

[1] Homère, *Iliade*, ch. XXIV (477-512), trad. Giguet.

[2] Les cendres d'Achille furent déposées au promontoire de Sigée par les Grecs, qui lui rendirent des honneurs divins et lui élevèrent des temples.

Minerve donnée par Jupiter à Dardanos et gage de la conservation d'Ilion, devait être pris, et Philoctète, possesseur des flèches d'Hercule, devait être amené au camp des Grecs. Les Troyens, se doutant bien que leurs ennemis chercheraient à s'emparer du Palladium, en avaient fait construire plusieurs images, mais le rusé roi d'Ithaque ne s'y trompa point : il pénétra dans la ville déguisé en mendiant et rapporta la statue.

Il fallait maintenant avoir les flèches d'Hercule. Ce héros, en mourant, les avait léguées à Philoctète et lui avait fait jurer de ne révéler à personne le lieu de sa sépulture. Philoctète parjure frappa du pied le lieu où il avait inhumé Hercule et ses armes; mais les dieux se vengèrent pendant la traversée et s'arrangèrent de manière qu'une des flèches tombât sur le pied de Philoctète : un ulcère se forma aussitôt et répandit une odeur si fétide que les Grecs abandonnèrent l'ami d'Hercule dans l'île de Lemnos. C'est là qu'Ulysse vint le trouver après la mort d'Achille : l'éloquence du roi d'Ithaque persuada Philoctète, qui consentit à venir devant Troie[1]. Dès qu'il fut arrivé, Pâris tomba victime d'une des flèches du fils d'Alcmène. Il vint expirer sur le mont Ida entre les bras de sa fidèle Œnone.

Cependant Troie résistait toujours et les Grecs durent, pour prendre la ville, employer un stratagème. Virgile nous apprend qu'ils construisirent, suivant les inspirations de Pallas, un immense cheval de bois où se cacha l'élite des guerriers. Les Troyens croyant les Grecs partis introduisirent le cheval dans Ilion, malgré les avis du prêtre Laocoon. Les dieux, qui avaient dé-

[1] Philoctète fut guéri par Machaon, fils d'Esculape, célèbre par les connaissances médicales qu'il tenait du centaure Chiron.

Fig. 1. — La nuit, les Grecs sortirent de la machine et ouvrirent les portes à leurs compagnons. (p. 15)

cidé la ruine du royaume de Priam, envoyèrent contre celui-ci deux serpents monstrueux qui l'étouffèrent avec ses deux fils, au pied même de l'autel où il sacrifiait. La nuit, les Grecs sortirent de la machine et ouvrirent les portes à leurs compagnons[1].

La ville fut livrée au pillage. Priam, Hécube et ses filles tombèrent au pouvoir de l'ennemi. Le roi fut égorgé, Hécube réduite en captivité, Andromaque donnée à Pyrrhus, Cassandre à Agamemnon. Seuls, Énée et Anténor échappèrent au carnage. Ce dernier aborda dans la suite en Italie avec une colonie de ses concitoyens, qui fondèrent Patavium (Padoue).

Que devint Énée, fils de Vénus et d'Anchise, et gendre de Priam? D'après les traditions qui servirent de base à l'*Énéide*, Vénus apparut à son fils au moment le plus critique de la lutte : elle lui annonça l'inutilité d'une plus longue résistance et lui conseilla de fuir avec sa famille. Énée prit donc son père sur ses épaules et son fils Ascagne par la main, et il se dirigea vers

[1] *Voici l'opinion de Napoléon Ier sur le cheval de bois :* « Comment supposer les Troyens assez imbéciles pour ne pas envoyer un bateau pêcheur à l'île de Ténédos, pour s'assurer si les mille vaisseaux des Grecs s'y étaient arrêtés ou étaient réellement partis? Mais du haut des tours d'Ilion, on découvrait la rade de Ténédos. Comment croire Ulysse et l'élite des Grecs assez ineptes pour s'enfermer dans un *cheval* de bois, c'est-à-dire se livrer pieds et mains liés à leurs implacables ennemis? En supposant que ce *cheval* contînt seulement cent guerriers, il devait être d'un poids énorme, et il n'est pas probable qu'il ait pu être mené du bord de la mer sous les murs d'Ilion en un jour, ayant surtout deux rivières à traverser. »

Voici maintenant l'avis de Pausanias, avis partagé par Pline : Ce fameux cheval de bois était certainement une machine de guerre propre à renverser des murs; ou bien il faut croire que les Troyens étaient des gens stupides, des insensés qui n'avaient pas l'ombre de raison ». Pausanias croit que ce cheval était en effet une machine au moyen de laquelle les Grecs pratiquèrent une brèche qui leur permit de pénétrer dans la ville.

l'une des portes de Troie. Sa femme Créuse, enlevée par Cybèle au milieu du tumulte, lui apparut à son tour, le consola et lui annonça les glorieuses destinées qui l'attendaient en Italie. Il mit à la voile, et, après une navigation aventureuse, aborda dans le Latium. Là, il demanda la main de Lavinie, dont le père Latinus lui avait donné des terres. Mais, comme Lavinie était promise à Turnus, roi des Rutules, cette circonstance donna lieu à beaucoup de batailles indécises. Les deux rivaux, pour en finir, s'en remirent aux chances d'un combat singulier : Turnus fut tué, et Énée, après être devenu l'époux de Lavinie, jeta sur une terre désignée par le sort les fondements de la puissance romaine.

II

Le siège de Babylone par Kurus.

(540 av. J.-C.)

Kurus (Cyrus), petit-fils d'Azi-dahak (Astyage), fut élevé à la cour d'Ecbatane. Convaincu que l'humeur belliqueuse des Aryens de Médie avait été profondément refroidie par le caractère indolent et les mœurs efféminées de son grand-père, il pensa que les Perses viendraient aisément à bout d'un peuple corrompu au contact de la civilisation babylonienne et il se révolta contre le roi des Mèdes. Azi-dahak fut fait prisonnier, le pays se soumit sans résistance, et Kurus devint roi de Perse et de Médie. A cette nouvelle, Krœsos le Lydien trembla pour sa couronne. Il forma aussitôt contre Kurus une ligue dans laquelle entrèrent Ahmès II d'Égypte, Nabu-Nahid de Babylone et les Lacédémoniens. Mais il fut vaincu par son ennemi, qui prit Sardes après quatorze jours de siège; la coalition tomba d'elle-même, et tout le pays, jusqu'au grand lac Hamoun, reconnut la souveraineté de la Perse (554-559 av. J.-C.).

Ces conquêtes reculèrent si loin les limites de son empire que Kurus se sentit assez fort pour attaquer la Chaldée, et il marcha contre Nabu-Nahid. Au passage du Gyndès, un des chevaux blancs *sacrés*, entraîné par

le courant, se noya dans le fleuve. Une crainte superstitieuse s'empara des soldats et aurait certainement démoralisé l'armée, sans la présence d'esprit de Kurus. Ce prince, suspendant aussitôt la marche des troupes, menaça le fleuve de le rendre si insignifiant que les femmes même pourraient le passer sans se mouiller les genoux; puis il fit creuser trois cent soixante canaux, par où le Gyndès s'écoula dans les terres, et disparut. Lorsque ces travaux furent achevés, la saison se trouva trop avancée pour que les troupes reprissent leur marche, et la campagne fut ajournée jusqu'au printemps suivant.

Le Tigre franchi sans résistance, on se dirigea sur Babylone. L'armée chaldéenne, commandée par Nabu-Nahid en personne, essaya vainement d'arrêter les troupes de Kurus : elle fut dispersée; le roi se réfugia à Barsip, au dire de Bérose, et son fils Bel-Sar-Ussur, récemment associé au trône, se mit à la tête des soldats. Kurus essuya de la part du nouveau général une telle défaite, qu'il désespéra de prendre la ville d'assaut, et convertit le siège en blocus. « On traça autour des murailles des lignes de circonvallation, et dans les endroits où ces lignes aboutissaient à l'Euphrate on laissa un espace suffisant pour bâtir des forts. Les soldats se mirent à creuser une immense tranchée, et pendant qu'ils étaient occupés à ce travail, Cyrus fit construire sur les bords du fleuve des forts dont il établit les fondations sur des pilotis de palmiers, qui n'avaient pas moins de cent pieds de longueur. Le pays en produit de plus grands encore, et ces arbres ont la propriété de se relever sous la charge. Les Babyloniens, qui du haut de leurs murailles voyaient ces préparatifs de siège,

s'en moquaient, parce qu'ils avaient des vivres pour plus de vingt ans. »

Xénophon, à qui nous empruntons ces détails, nous apprend en outre que Kurus divisa son armée en douze corps, dont chacun devait tour à tour surveiller Babylone pendant un mois de suite. Puis on attendit patiemment qu'une occasion se présentât.

Le 16 du mois de Loüs (juin-juillet), les Babyloniens célébraient une fête, qui vraisemblablement était la *fête des Sacées*. Cette fête durait cinq jours, pendant lesquels les esclaves commandaient à leurs maîtres; l'un d'eux, revêtu d'habits royaux, était placé à la tête de la maison : on l'appelait *Zoganis*, et tout le monde exécutait ses ordres.

Kurus choisit ce moment pour surprendre la ville. Après le coucher du soleil, il fit un soir établir la communication entre le fleuve et les deux têtes de la tranchée, et bientôt la partie du fleuve qui traversait la ville fut rendue guéable. Des soldats descendirent dans le lit desséché de l'Euphrate, et, conduits par Gobryas et Gadatas, se glissèrent le long des quais. Ils trouvèrent les portes d'airain qui fermaient les descentes des quais ouvertes et sans gardes, pénétrèrent au cœur de la ville, et poussèrent le cri de guerre pendant que les assiégés se livraient au plaisir et célébraient la fête.

Le massacre commence; Gobryas et Gadatas se précipitent vers le palais, chargent les gardes, et tuent Bel-Sar-Ussur venu pour s'enquérir de la cause de tout ce tumulte. En même temps, la cavalerie parcourait les rues et égorgeait tous les Babyloniens qu'elle rencontrait sur son passage.

Le lendemain, les palais des grands furent distribués

à ceux dont le courage avait principalement contribué à l'heureuse issue de l'entreprise. Kurus, se rendant au palais des monarques babyloniens, y offrit des sacrifices aux dieux, et fit connaître aux vaincus la situation sociale qu'il comptait leur réserver. Puis, il décida qu'une grande fête serait donnée en honneur de sa victoire.

Les chefs de l'armée furent donc revêtus de vêtements médiques, un corps de quatre mille *doryphores* se rangea en face du palais, et les soldats tenant leurs mains sous leurs manteaux, en signe de respect, se placèrent au même endroit. Lorsque les portes du palais s'ouvrirent, quatre taureaux, désignés pour le sacrifice, sortirent en mugissant. Ils étaient suivis des chevaux destinés au Soleil, du char blanc de Jupiter et de deux autres chars, dont le dernier, traîné par des chevaux couverts de housses pourprées, précédait des serviteurs portant du feu dans un grand bassin.

Kurus apparut alors, vêtu d'une tunique rouge et blanche, chaussé de brodequins couleur de feu, la tête ornée d'une tiare « qui s'élevait en pointe ». Les quatre mille *doryphores* se mirent en marche derrière lui. « Environ trois cents eunuques, — dit Xénophon, — richement vêtus et armés de dards, le suivaient à cheval ; après eux, on menait en main deux cents chevaux de ses écuries, ornés de freins d'or et couverts de housses rayées. Ils étaient suivis de deux mille piqueurs, après lesquels marchait le plus ancien corps de cavalerie perse[1], composé de dix mille hommes. » Venaient enfin

[1] On sait que le mot *Persan* désigne les habitants actuels de la Perse, convertis à l'islamisme, et que les *Perses* sont les antiques sectateurs de la religion de Zoroastre.

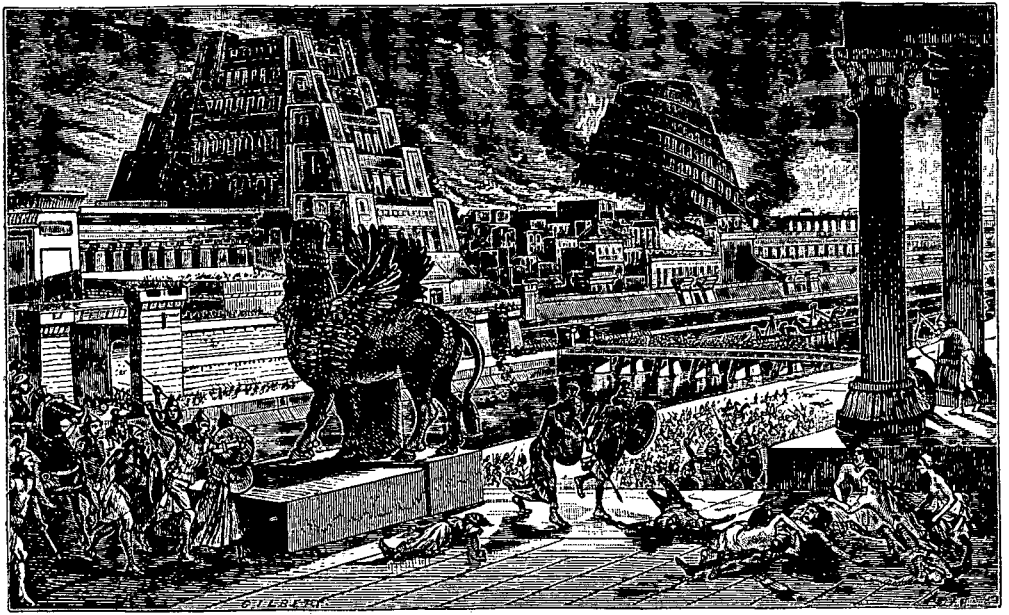


Fig. 2. — Siège de Babylone.

les Mèdes, les Arméniens, les Caduciens, les Saces; et une longue suite de chars, rangés quatre par quatre, fermait le cortège.

Soit par admiration, soit par crainte, dès qu'on apercevait Kurus, on se prosternait en l'adorant. Lorsqu'on fut arrivé dans les champs consacrés aux dieux, on sacrifia d'abord à Jupiter des taureaux qui furent brûlés en entier; puis on offrit des victimes au Soleil, à la Terre et aux héros protecteurs de la Syrie. Des courses et des festins terminèrent cette imposante cérémonie, que Kurus avait ordonnée dans le but d'éblouir les vaincus par l'éclat de sa magnificence et pour leur donner une haute idée de sa grandeur.

La prise de Babylone produisit le résultat qu'en attendait le roi des Perses : toute la Chaldée se soumit sans la moindre résistance, Nabu-Nahid se rendit sans essayer de défendre Barsip, et les pays qui appartenaient au roi détrôné, sachant bien qu'ils ne pouvaient plus être indépendants, passèrent aux mains de Kurus. Quarante-deux mille Juifs, sous la conduite de Seroubabel et du grand-prêtre Jeshua, partirent pour la terre promise : Kurus consentait à leur départ parce qu'il lui fallait un peuple capable de s'opposer avec énergie aux envahissements possibles des Égyptiens[1].

[1] V. Ménant, *Babylone et la Chaldée* (1 vol. in-8).

III

Le siège de Sélinonte par Annibal, fils de Giscon.

(410 av. J.-C.)

Sélinonte, ville de la Sicile ancienne, située à l'est de Lilybée, fut fondée en 651 par des Mégariens d'Hybla. Elle formait un vaste fer à cheval autour d'un port naturellement creusé entre deux collines. L'une de ces hauteurs, celle de droite, était, ainsi que le fond du port, couverte de maisons; le côté opposé était réservé à des temples, dont le plus remarquable était celui de Jupiter Olympien. Les ruines de Sélinonte, que l'on voit aujourd'hui encore près de la ville moderne de Sciacca, consistent surtout en immenses colonnes, auxquelles les habitants du pays donnent le nom de *Piliers des Géants*.

Les Sélinontins et les Ségestins, ayant eu une grave contestation au sujet des limites de leurs territoires respectifs, il en résulta entre les deux peuples une guerre acharnée. Ségeste, sur le point d'être vaincue, implora le secours des Athéniens, qui saisirent avec empressement cette occasion de soumettre Syracuse. Mais la puissante ville sicilienne triompha des soldats d'Athènes, et les Grecs durent se retirer avec des pertes considérables (416 av. J.-C.).

Les Sélinontins, alliés de Syracuse, voulurent se

venger des Ségestins, qui avaient appelé les Athéniens en Sicile, et ils commencèrent à les pressurer. Ségeste, cette fois, s'adressa à Carthage, et la cité africaine profita de la circonstance pour étendre sa puissance dans l'île. Elle envoya d'abord des secours; puis, Annibal, fils de Giscon, petit-fils de cet Amilcar qui périt à la bataille d'Himère, vint débarquer au promontoire de Lilybée et assiégea Sélinonte. Cette ville opposa aux Carthaginois une résistance désespérée; mais à la fin le nombre l'emporta : Sélinonte fut prise le dixième jour du siège.

La place prise, il fallut combattre dans les rues pendant onze jours; on se disputa le terrain pied à pied; les femmes jetaient sur les assaillants tout ce qui leur tombait sous la main.

Lorsque les Sélinontins virent que leur cause était perdue, ils se rendirent sur la grande place de leur ville et ils y moururent en se défendant plutôt que de capituler. Les temples furent brûlés et pillés, les maisons détruites, les femmes et les enfants emmenés en esclavage.

Seize mille hommes restèrent sur le champ de bataille; deux mille habitants parvinrent à s'enfuir et se réfugièrent à Agrigente (410 av. J.-C.).

IV

Le siège de Véies.

(405-395 av. J.-C.)

Véies (Veii) s'élevait à 20 kilomètres N.-O. de Rome, sur une colline aujourd'hui désignée sous le nom d'*Isola*. Elle menaçait et dominait la rive droite du Tibre, et Rome voulut de bonne heure détruire une ville dans laquelle elle voyait avec raison une rivale. Il fallut un siège de dix ans pour triompher des Véiens (405-395 av. J.-C.).

Le Sénat envoya sous les murs de la ville deux armées : l'une pour assiéger Véies, l'autre pour intercepter toute communication entre la cité Étrusque et l'extérieur.

Les cinq premières années du siège n'amenèrent aucun résultat, malgré quelques avantages remportés par les Romains. Les Falisques et les Capénates furent bien repoussés, les Tarquiniens furent bien chassés du territoire de Rome, mais les Véiens restaient nombreux, riches; ils possédaient des armes et des vivres pour longtemps. Les tribuns qui se partageaient le commandement de l'armée assiégeante étaient ennemis les uns des autres; il en résultait des dissensions incessantes, dont la conséquence était d'abattre le courage des soldats et de détourner leur attention

d'une entreprise qu'il leur importait si fort de mener à bien. Le peuple se fatigua de ces lenteurs : il finit par choisir dans son sein quatre tribuns consulaires (400), mais l'un de ces magistrats périt dans une bataille, et la situation restait la même après neuf années de privations et de souffrances de toute sorte.

La tradition rapporte qu'au plus fort de l'été le lac d'Albe déborda. Comme les sources et les rivières étaient alors complètement à sec, on attribua à ce fait un caractère miraculeux. Un soldat Véien, fort habile dans les sciences occultes, et attiré par ruse dans le camp romain, fut interrogé par les assiégeants. Il déclara que pour être vainqueurs les Romains devaient arrêter le débordement du lac et empêcher ses eaux débordées de tomber dans la mer. Cossus Licinius, Valérius Potitus et Fabius Ambustus allèrent consulter l'oracle de Delphes, qui confirma les déclarations du Véien.

La dixième année du siège, le Sénat donna la dictature à Camille, lequel choisit pour chef de la cavalerie Cornélius Scipion. Il fit vœu, s'il obtenait la victoire, de célébrer des jeux solennels et de dédier un temple sur l'Aventin à la Junon Véienne; puis il appela sous les armes tous les citoyens valides et le contingent que devaient fournir à Rome les Latins et les Herniques. Il arriva devant la place, après avoir repoussé les Falisques et les Capénates, et fit aussitôt creuser dans les flancs de la colline des chemins souterrains qui aboutirent à la citadelle, près du temple de Junon.

Pendant que les assiégeants donnaient un assaut général, des soldats sortirent de la mine, au moment où le général étrusque faisait un sacrifice et que le devin s'écriait, en voyant les entrailles de la victime : « La

divinité promet la victoire à qui achèvera ce sacrifice ! » On porta au dictateur ces entrailles, et Camille sacrifia aux dieux.

Un affreux massacre commença : la plus grande partie des Véiens périt, le reste fut vendu comme esclave. Enfin, la statue de Junon fut transportée à Rome, et peut-être les colonnes de marbre antique qui décorent aujourd'hui l'église de Santa-Sabina sont-elles les derniers vestiges du temple élevé à la déesse Véienne.

La ville ne fut pas entièrement détruite, mais elle ne se releva jamais de sa chute.

« O Véies ! disait Properce, tu étais un royaume et dans ton forum s'élevait un trône d'or. Aujourd'hui, la trompe du pâtre indolent retentit dans ton enceinte, et dans tes campagnes la moisson pousse sur les os de tes citoyens ! »

V

Prise de Rome par les Gaulois et siège du Capitole.

(390 av. J.-C.)

Aucun peuple n'inspira à la ville éternelle plus de terreur que les Gaulois. A Rome, les prêtres et les vieillards, ordinairement dispensés du service militaire, perdaient cette immunité en cas de lutte avec nos ancêtres; un trésor était spécialement consacré aux guerres contre les Gaulois; et les Romains, si l'on en croit Salluste, avaient coutume de dire que « tout était facile à leur courage, mais que, quand ils avaient affaire aux Gaulois, ils combattaient non pour la gloire, mais pour leur salut. »

Cette terreur excessive s'explique : en 390, les Gaulois avaient pris Rome!

Tous les ans, les Cisalpins envoyaient dans l'Italie des bandes d'aventuriers piller les villes opulentes, et en 391 (av. J.-C.) une de ces bandes composée de Sénons — probablement aussi d'Insubres et de Boïens — arriva en Étrurie et mit le siège devant Clusium (auj. *Chiusi*, Toscane). Les Clusiens implorèrent l'assistance des Romains, qui envoyèrent aux envahisseurs trois jeunes patriciens de la *gens* Fabia pour les prier de se désister de leur entreprise. Les Gaulois répondirent qu'ils voulaient bien écouter les avis de Rome,

mais à la condition que les habitants de Clusium leur donneraient des terres où ils pussent s'établir. Q. Ambustus, un des députés, leur ayant demandé de quel droit ils se montraient si exigeants, ils répliquèrent qu'ils n'avaient d'autre droit que leur valeur et leurs armes. Les Fabii froissés se jetèrent dans la ville assiégée, et, oubliant leur rôle conciliateur, dirigèrent une sortie où un chef sénon fut tué. Les Gaulois aussitôt demandèrent au Sénat qu'on leur livrât les députés, mais leur réclamation fut repoussée, malgré l'insistance du collège des Féciaux, et les Fabii furent nommés tribuns militaires.

Les Gaulois, se trouvant insultés, firent dire aux Boïens de leur envoyer du renfort et marchèrent sur Rome, qui avait formé une armée de 40 000 hommes. Ils rencontrèrent les légions sur les rives de l'Allia, à douze milles de Rome, et les taillèrent en pièces : l'aile droite se retira dans la ville, l'aile gauche à Véies; les vestales, les enfants et les femmes se réfugièrent dans les cités voisines, et les jeunes gens, avec l'élite du Sénat, s'enfermèrent dans le Capitole (16 juillet 390).

Le lendemain de cette bataille, les éclaireurs Gaulois arrivèrent devant Rome : ils trouvèrent les murs abandonnés, les portes ouvertes, les rues silencieuses; mais ce qui les étonna le plus, ce fut de voir des sénateurs, assis sur leurs chaises curules, les regarder fixement sans proférer une parole. Un Gaulois, s'étant arrêté devant Papirius, passa sa main sur la longue barbe du vieillard, qui le frappa de son bâton. Papirius fut tué, et ce meurtre devint le signal du massacre et de l'incendie.

Vainement, les Gaulois essayèrent d'atteindre au

Capitole : la pente était rapide, les sentiers étroits, et l'on convertit le siège en blocus. Camille exilé souleva les Ardéates contre les envahisseurs et livra aux Gaulois quelques combats où il les défit. Ces succès relevèrent le courage des assiégés, et les Romains réfugiés à Véies nommèrent Camille dictateur. Le jeune plébéien Cominius parvint à gagner la citadelle; il rapporta à Camille la sanction du Sénat. Mais les Gaulois remarquèrent l'empreinte de ses pas, se guidèrent sur elle, et auraient peut-être pris le Capitole par surprise au milieu d'une nuit pluvieuse, sans les oies de Junon qui donnèrent l'alarme. Le patricien Manlius accourut avec la garnison : il arrêta l'assaut en précipitant du haut des roches ceux qui se trouvaient à sa portée. A ce moment les Gaulois, décimés par une épidémie, apprirent que les Vénètes venaient d'envahir le territoire des Boïens. Ils consentirent donc à négocier.

Le 13 février 390, le *brenn* ou chef Gaulois signa avec Sulpicius un traité en vertu duquel les Romains s'engageaient : 1° à payer 1000 livres pesant d'or (326 k. 340 gr.); — 2° à fournir aux Gaulois des vivres et des moyens de transport; — 3° à céder une portion de leur territoire; — 4° à tenir, quand Rome serait rebâtie, une porte constamment ouverte en mémoire de l'entrée des Gaulois.

Lorsqu'on pesa les mille livres d'or, les Romains reprochèrent aux Gaulois de se servir de faux poids. Mais le brenn, loin de les écouter, jeta encore son sabre dans la balance en s'écriant : « *Væ victis!* Malheur aux vaincus! » Puis, il s'éloigna avec son armée en suivant les deux rives du Tibre.

Tite Live raconte que Camille, annulant le traité de

son autorité dictatoriale, poursuivit les vainqueurs et les extermina jusqu'au dernier. La critique regarde cette assertion comme légendaire, et avec raison, car tout s'accorde à prouver que nos ancêtres eurent la gloire de prendre Rome et de lui imposer leurs condi-

Fig. 5. — Bouclier votif.

tions. Suétone lui-même rapporte que Drusus revint de la Gaule avec l'or donné autrefois aux Sénons lors du siège du Capitole. Justin nous apprend que les Étoliens répondirent une fois aux Romains qu'ils n'avaient pu résister aux Gaulois et qu'ils avaient racheté leur ville;

et, suivant le même auteur, Mithridate, haranguant ses troupes, leur dit pour les encourager : « Les Gaulois, éternel effroi de Rome, ont non seulement vaincu les Romains, mais pris leur ville, et ils ne leur ont laissé d'autre asile que le sommet d'une montagne. C'est l'or et non le fer qui les éloigna ». On doit donc regarder le fait rapporté par Tite Live comme une légende, très glorieuse pour Rome, mais en contradiction complète avec le témoignage des autres historiens.

VI

Le siège de Tyr par Alexandre.

(332 av. J.-C.)

Pendant que Darios III, battu à Issos, s'enfuyait par Thapsaque au delà de l'Euphrate, Alexandre le Grand se dirigeait vers les villes de la Phénicie, dont il avait besoin de se rendre maître pour défendre aux Perses l'accès de la mer. Tyr, en apprenant l'approche du conquérant macédonien, lui envoya des présents et des rafraîchissements pour son armée; mais elle voulut voir en lui un ami, non un maître, et elle refusa absolument de laisser Alexandre entrer dans la ville pour sacrifier à Hercule. Aussitôt, le roi de Macédoine entreprit le siège de l'antique cité des Phéniciens.

Tyr se composait d'une partie insulaire où se voyaient ses arsenaux et ses temples, et d'une partie continentale appelée la vieille Tyr (Palæ-Tyros). La Tyr insulaire était défendue par une muraille de cent cinquante pieds de haut, baignée par la mer, et dans laquelle les Tyriens avaient une entière confiance; puis, les ambassadeurs carthaginois qui, selon la coutume, étaient venus offrir à Hercule le sacrifice annuel, avaient promis aux assiégés de leur envoyer de prompts secours. Toutefois, avant de commencer les travaux, Alexandre engagea les Tyriens à la paix; mais les hérauts qu'il leur envoya furent

précipités dans la mer. Cette fois, son orgueil se révolta, et il décida immédiatement la construction d'un môle qui réunirait l'île au continent. Il trouva tous les matériaux nécessaires dans Palæ-Tyros, et le Liban lui fournit du bois pour la charpente et le pilotis; lui-même surveilla les travailleurs. Continuellement, les Tyriens s'avançaient dans des barques, lançaient des flèches sur les soldats, insultaient les Macédoniens : « Il fait beau, — disaient-ils, — voir ces conquérants si renommés par tout le monde porter des fardeaux sur leur dos comme des bêtes de charge! » Ou bien ils demandaient ironiquement « si Alexandre était plus grand que Neptune et s'il prétendait l'emporter sur lui ». Ces moqueries ne faisaient qu'exciter les soldats, qui travaillaient avec plus d'ardeur que jamais et qui finirent par élever à la tête de leurs ouvrages deux tours de bois pour empêcher l'ennemi d'approcher. Des peaux et des toiles furent tendues de manière à protéger les ouvriers.

Malgré ces précautions, les Tyriens descendirent sur la côte où ils tuèrent ceux qui transportaient des pierres; sur le Liban, des Arabes donnèrent la mort aux Macédoniens qu'ils y rencontrèrent. Enfin, les assiégés remplirent un vaisseau de matières inflammables, le traînèrent en mer et y mirent le feu lorsqu'ils furent arrivés près des ouvrages : les deux tours s'enflammèrent aussitôt; un effroyable incendie se déclara dans les constructions; les manœuvres périrent ou se jetèrent à la mer. Alexandre répara tant bien que mal les dégâts, et déjà l'ouvrage approchait de sa fin lorsqu'une tempête rompit la digue et produisit un éboulement presque général. Que faire? Tant qu'on ne serait pas maître de la mer, on n'arriverait à aucun résultat favorable. Le roi

de Macédoine, rassemblant à Sidon les galères qu'il possédait, fit voile vers Tyr avec les rois de Phénicie et de Chypre, et bloqua la ville. Grâce à cette mesure, le môle fut achevé : on y disposa des machines, pendant que la flotte de Chypre allait se placer du côté de Sidon et que celle de Phénicie jetait l'ancre du côté opposé. On s'occupa alors de déblayer le pied des murailles que les Tyriens avaient encombré de pierres énormes.

Sur ces entrefaites, les ambassadeurs carthaginois arrivèrent, mais pour prévenir les assiégés qu'ils ne devaient plus attendre de secours. Tout ce qu'on pouvait faire, c'était de recevoir à Carthage les enfants et les femmes, et débarrasser ainsi la ville des bouches inutiles, proposition qui fut acceptée. A ce moment, un habitant rêva qu'Apollon, dont la statue prise en Sicile (412 av. J.-C.) avait été donnée à Tyr par les Carthaginois, passait à l'ennemi. On eut peur et on enchaîna la statue avec des liens d'or. Puis on résolut de devancer Alexandre, et, saisissant l'instant où les postes macédoniens étaient mal gardés, on attaqua la flotte de Chypre. On dut se retirer en voyant accourir le roi lui-même, mais l'on coula ou l'on fit échouer plusieurs vaisseaux; on lança sur l'ennemi des projectiles de toute sorte, ainsi que du sable fin qui s'attachait à la peau et qui, étant embrasé, la brûlait et causait d'atroces souffrances aux malheureux sur lesquels il tombait. Dans un second combat, Alexandre fut bien le plus fort, mais il lui fut impossible de pénétrer dans le port à la suite des navires tyriens.

Deux jours après, il donna un assaut général. Sous les coups des béliers, quelques pans des murailles tombèrent; les *argyraspides* (soldats armés de boucliers

argentés), commandés par le brave Admète, se précipitèrent par cette ouverture, et Alexandre lui-même, revêtu de ses habits royaux, s'exposa au haut d'une tour aux coups de ses ennemis, sur lesquels il lançait des flèches. De la tour, il passa sur les murs, pendant que les Tyriens se barricadaient dans les rues, transformaient en forteresse le temple d'Agénor, et du toit de leurs maisons jetaient sur les Macédoniens en fureur tout ce qui leur tombait sous la main. Tous ceux qui ne s'étaient pas réfugiés dans les temples furent victimes de la colère d'Alexandre, et 2000 d'entre eux, paraît-il, furent crucifiés au bord de la mer ; d'autres, au nombre d'environ 30 000, devinrent esclaves. Seuls, le roi Azémilcos, les grands de la ville et les députés carthaginois furent épargnés.

Alexandre sacrifia à Hercule. A la lueur des torches, on célébra des jeux gymniques. La catapulte qui avait servi à faire une brèche à la muraille fut vouée aux dieux. La statue d'Apollon, délivrée de ses chaînes, reçut les plus grands honneurs et le nom de *Philalexander*.

Ainsi se termina ce siège de sept mois, qui donna peut-être au roi de Macédoine plus d'ennuis et de peine que presque toutes ses conquêtes : une ville, abandonnée à elle-même, put tenir plusieurs mois en échec le vainqueur de Darios III.

VII

Le siège de Rhodes, par Démétrius Poliorcète.

(305-304 av. J.-C.)

Antigone, qui régnait en Asie-Mineure et en Syrie, voulut entraîner les Rhodiens contre Ptolémée. Sur leur refus, il chargea son fils Démétrius de mettre le siège devant Rhodes. Vainement les Rhodiens essayèrent-ils de traiter : les conditions du fils d'Antigone furent inacceptables et on se prépara à lui résister.

Démétrius rassembla une flotte considérable dans le port de Loryma, en face de Rhodes, et il parut devant cette ville avec 360 navires et 40 000 hommes, sans parler de la cavalerie ni des pirates alliés. Il entoura son camp d'une triple enceinte, fit construire un port assez vaste pour contenir sa flotte, et envoya pirates et soldats procéder au pillage de l'île.

Pendant ce temps, les Rhodiens demandèrent des secours à leurs alliés, renvoyèrent les bouches inutiles, promirent la liberté aux esclaves qui seraient braves, et déclarèrent que les parents de ceux qui mourraient dans la lutte seraient aidés par l'État et ne manqueraient de rien. Ces déclarations remplirent la population d'enthousiasme : on répara les brèches, on fabriqua des balistes et des catapultes, et trois vaisseaux rhodiens coulèrent des navires ennemis qui apportaient

des vivres aux assiégeants; l'équipage fut retenu prisonnier jusqu'à ce que Démétrius le rachetât.

Ce prince commença l'attaque du côté de la mer. Il avait fait fabriquer deux tours à quatre étages et deux tortues placées sur des bâtiments plats; et dans les barques, des machines, protégées par un rempart de bois, avaient été disposées pour lancer des traits.

Les Rhodiens avaient établi trois engins sur des bâtiments de charge, à l'entrée du petit port, et deux sur la digue. Les navires du grand port étaient remplis de catapultes.

Démétrius fit avancer ses machines contre les deux ports, mais le vent contraire l'empêcha d'agir. Le soir, la mer étant calme, il put s'établir sur une éminence près du môle qui dominait le grand port, avec 400 soldats, et commencer l'assaut; mais pendant huit jours consécutifs toutes ses attaques furent repoussées. A ce moment, les Rhodiens lui firent éprouver une telle défaite qu'il lui fallut une semaine pour réparer les dommages causés à ses machines.

Ptolémée, roi d'Égypte, et la ville de Gnosse, envoyèrent alors des secours aux assiégés, et Démétrius, renonçant à attaquer Rhodes par mer, résolut de la prendre par terre. Il fit construire des engins de toute sorte et il employa à ce travail 30 000 hommes : l'ouvrage fut fait si rapidement que Démétrius reçut dès lors le surnom de *Poliorcète* (preneur de villes). Parmi les machines, il s'en trouva une de taille gigantesque : l'*hélépole*[1]. De leur côté, les Rhodiens élevèrent un

[1] Voici la description de l'*hélépole*, par M. Hœfer (2e *Mémoire sur les ruines de Ninive*) : « On fait avec des poutres liées par des crampons de

contre-mur à l'endroit où cet engin devait être mis en mouvement.

Au bout d'un an, les assiégés avaient tenté de furieuses sorties, les assiégeants avaient donné de terribles assauts; mais on n'était pas plus avancé qu'au premier jour.

A cette époque, Démétrius reçut de son père une lettre qui l'engageait à traiter de la paix : Ptolémée avait lui aussi engagé les Rhodiens à profiter de la première occasion qui se présenterait pour cesser les hostilités. Les deux peuples belligérants, désirant ardemment ne plus continuer la lutte, choisirent comme médiateurs les députés de la ligue étolienne : on traita, et Démétrius retourna près de son père. Rhodes garda son indépendance et conserva les machines fabriquées par le fils d'Antigone : elle les vendit, bientôt après, 300 talents, et cette somme fut employée à la construction du fameux colosse ou phare de Rhodes[1].

er une énorme tortue; on la couvre de peaux de bœufs et de branches d'osier couvertes de terre glaise, pour la mettre à l'abri des projectiles enflammés. Le front est garni de pointes très aigues, lourdes masses de fer, et telles que les sculpteurs nous représentent les foudres ». — Végèce (*De re milit.*, IV) dit qu'un ingénieur Rhodien ouvrit une galerie souterraine qui passait sous le chemin par où l'on devait rouler l'hélépole : quand Démétrius fit approcher la machine, elle défonça le sol et tomba dans la galerie d'où l'on ne put la retirer.

[1] Il paraît bien certain que ce phare à figure humaine ou divine n'avait pas un pied sur un rivage et un pied sur un autre, mais était debout par un côté seulement.

VIII

Les sièges de la seconde guerre punique (219-202 av. J.-C.). Sièges de Sagonte (219), de Syracuse (215-212) et de Capoue (211).

Au moment où commença la seconde guerre punique, la situation de Carthage, malgré ses possessions partout disséminées, était bien inférieure à celle de la république romaine, si régulièrement constituée. Les Carthaginois le savaient, et ils ne désiraient pas la guerre. Mais Annibal, héritier de la haine d'Amilcar, voulut à toute force lutter contre Rome, en dépit des traités et des avis contraires d'une partie du Sénat.

Avant tout, il s'assura la soumission des Espagnols du centre et des hautes vallées du Tage ; puis, sans prendre l'avis de Carthage, il vint assiéger Sagonte, dont l'indépendance avait été garantie par un traité conclu entre Asdrubal et les Romains. Vainement les Sagontins firent valoir leurs droits, vainement Rome envoya des députés au général et au Sénat carthaginois : Annibal ne voulut pas renoncer à un acte qui entraînerait nécessairement les hostilités. A la tête de 150 000 hommes, il attaqua la ville par trois côtés différents ; les murailles et les tours tombèrent bientôt sous les coups incessants des béliers ; et les Sagontins désolés poussèrent un cri de détresse qui retentit jusque dans le Sénat. Une seconde ambassade fut envoyée à

Carthage. Fabius, qui en faisait partie, déclara aux concitoyens d'Annibal qu'il fallait choisir entre la paix et la guerre : « Je porte ici l'une et l'autre, dit-il en relevant un pan de sa toge, choisissez! — Choisissez-vous-même, lui fut-il répondu. — Eh bien, la guerre! » s'écria Fabius, et il laissa retomber sa toge, comme s'il secouait sur Carthage la mort et la destruction (219).

Pendant ces négociations, la misère des assiégés allait de mal en pis. Ils avaient demandé à Annibal ses conditions, mais ils les trouvèrent inacceptables. Désespérés, les chefs Sagontins firent élever un bûcher sur la place publique; ils y transportèrent leurs richesses et leurs objets précieux; puis ils se précipitèrent eux-mêmes dans les flammes. A ce moment, une tour en s'écroulant livra passage aux Carthaginois, qui massacrèrent tous les habitants capables de tenir une épée. Le butin et les dépouilles furent envoyés à Carthage et servirent à décorer ses temples et ses palais. Certains historiens ont prétendu que Sagonte fut entièrement détruite; mais cette opinion est fort exagérée, attendu que les Scipions reprirent cette ville quatre ans plus tard, et que l'on voit encore aujourd'hui ses ruines près de Murviedro.

Annibal résolut alors d'aller au-devant des Romains. Il franchit le Rhône et les Alpes, gagna les batailles du Tessin, de la Trébie, de Trasimène, de Cannes, et conclut des alliances avec les Brutiens, les Lucaniens, les Apuliens et quelques villes de la Campanie. Parmi ces dernières se trouvait Capoue, cité célèbre, sur le Vulturne, devenue après la ruine de Cumes la capitale de la Campanie. Son climat, sa fécondité, l'industrie de

ses habitants, ses monuments magnifiques, avaient excité de bonne heure la convoitise des Romains. Vaincus en 420 avant Jésus-Christ par les Samnites, les

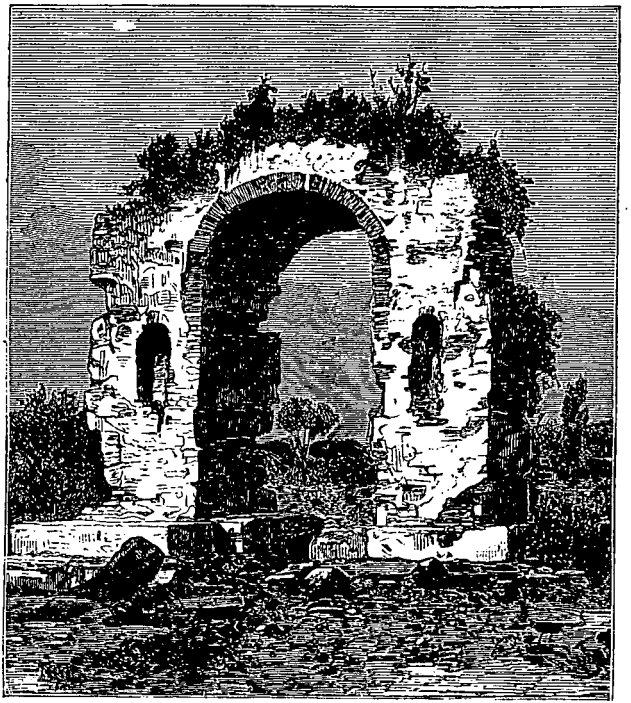


Fig. 4. — Porte antique de Capoue.

Capouans parvinrent cependant à chasser de leur ville la garnison ennemie qui y avait été laissée, et pour plus de sécurité ils se placèrent sous la protection de Rome, tout en conservant leurs coutumes et leurs lois. Après

la bataille de Cannes, ils se donnèrent à Annibal, qui leur avait promis de faire de Capoue la première ville de l'Italie; ils firent étouffer dans des bains publics les habitants romains, ouvrirent leurs portes aux Carthaginois, et Annibal résolut d'attendre dans un si beau pays les secours qu'il avait demandés à Carthage. Rome profita si bien de l'inactivité volontaire ou forcée de son ennemi, que le général Africain se vit bientôt entouré par les légions, et s'enfuit en toute hâte vers Arpi, où il comptait opérer sa jonction avec Philippe de Macédoine. Il revint au secours de Capoue, mais il ne put empêcher les Romains de remporter quelques succès partiels. Il prit la direction de Tarente, croyant qu'on allait le poursuivre, mais il se trompait : Fabius et Marcellus continuèrent à reprendre possession de la Campanie, et à la fin de l'année 214 avant Jésus Christ, Annibal n'avait plus que quelques villes d'Apulie. De son côté, Philippe de Macédoine se faisait tailler en pièces par Valérius.

La situation des Romains s'améliorait de plus en plus. Il ne restait désormais qu'à soumettre Syracuse qui venait de faire défection. Hiéronyme, successeur de Hiéron, avait entamé des négociations avec Annibal, mais il fut renversé par une conjuration (215) formée pour l'établissement de la république, et les Syracusains recherchèrent l'alliance de Rome. Malheureusement, Hippocrate et Epicyde, chargés du commandement des troupes, avaient longtemps résidé à Carthage, dont ils partageaient la haine contre la ville de Romulus. Ils persuadèrent à leurs concitoyens que Marcellus se disposait à les massacrer, et la guerre commença, malgré les négociations vainement entreprises par Marcellus

et les intentions pacifiques de ce général. Immédiatement, la ville fut bloquée par terre et par mer.

Syracuse, protégée par la mer, fournie de vivres, d'armes et de machines, était entourée de murailles et défendue par les forts de Labdale, d'Hexapyle et d'Euryale. Elle se divisait en cinq quartiers (Ortygie, Achradine, Tyché, Néapolis, Épipole), dont chacun était isolément fortifié. Enfin, elle avait Archimède, qui essaya de sauver sa patrie en appliquant les principes scientifiques dont l'étude occupa toute son existence. Tantôt des quartiers de roc, lancés par les machines, écrasaient les assiégeants; tantôt des mains de fer enlevaient les navires et les laissaient retomber ensuite dans la mer ou sur les rochers où ils se brisaient. Archimède aurait aussi, selon certains auteurs, brûlé à distance les vaisseaux romains au moyen de miroirs ardents. Tite Live, Plutarque, Polybe, restent muets sur cette expérience. Descartes s'en occupa, et Buffon parvint à brûler du bois à distance à l'aide d'un assemblage de miroirs. Trente ans plus tard, on découvrit un passage d'Anthémius, qui expliquait le mécanisme des miroirs d'Archimède presque de la même manière que Buffon. Ce qui est certain, c'est que le grand géomètre inspira aux Romains une sorte de terreur et que les soldats n'osèrent plus se tenir à la portée des traits. Marcellus, changeant le siège en blocus, confia la surveillance des travaux à Appius, et profita du loisir que lui laissait cette circonstance pour repousser Imilcon, maître d'Agrigente. Comme le camp des Carthaginois n'était qu'à huit lieues de Syracuse et que tous les jours des vivres entraient sans difficulté dans le port, Hippocrate, rempli d'espoir, essaya de se joindre à Imilcon : vaincu

par Marcellus, il arriva près de son allié avec un très petit nombre d'hommes échappés au désastre. Impatient d'en finir, le général romain usa de ruse. Un esclave, se donnant comme déserteur, corrompit des Syracusains qui consentirent à ouvrir les portes, mais un des conjurés vendit ses compagnons, et le complot échoua.

A quelque temps de là, un soldat, en comptant les pierres d'une tour voisine du port Trogyle, calcula la hauteur de cette tour. Marcellus, se basant sur ce calcul, fit en secret fabriquer des échelles suffisamment longues, et le jour des fêtes de Diane, au moment où les Syracusains étaient plongés dans les plaisirs et dans l'ivresse, les échelles furent disposées le long des murs. Le matin, les Romains étaient maîtres de Tyché, de Néapolis, d'Épipole et du fort d'Hexapyle. Les assiégés surpris se réfugièrent dans l'Achradine et l'île d'Ortygie, pendant qu'Imilcon et Hippocrate étaient énergiquement repoussés. L'amiral Bomilcar, qui était allé chercher de nouveaux navires, n'osa, à cause des vents contraires, attaquer la flotte romaine, infiniment plus faible que la sienne. Epicyde s'enfuit à Agrigente, et les Syracusains se rendirent alors à Marcellus qui leur promit la vie sauve, mais demanda la mort des généraux des troupes auxiliaires. Les déserteurs romains soulevèrent les auxiliaires, exaspérés du meurtre de leurs officiers, et ce fut seulement par la trahison d'un des rebelles que Marcellus put s'emparer de l'Achradine et de l'île d'Ortygie. Le siège avait duré trois ans (215-212 av. J.-C.).

Marcellus abandonna à regret aux légionnaires une ville remarquable par les chefs-d'œuvre qu'elle renfermait. Il pleura en voyant Syracuse devenue la proie de

troupes irritées par les souffrances d'un long siège. Il avait bien recommandé à ses soldats d'épargner Archimède, mais le vieillard, occupé à tracer des figures géométriques, fut tué par un légionnaire, impatienté de voir qu'Archimède, au lieu de lui répondre, continuait ses calculs. Marcellus lui fit élever un tombeau sur lequel, selon son désir, on sculpta une sphère inscrite dans un cylindre. Dans la suite Cicéron, questeur en Sicile, trouva ce monument couvert de ronces et il le fit réparer.

La chute de Syracuse n'abattit pas le courage d'Annibal : il surprit Tarente, il attira Gracchus dans une embuscade mortelle, et, au milieu de ces succès, il apprit la défaite et la mort de Cnœus et de Publius Scipion. Mais, lorsqu'en 211 il accourut pour délivrer Capoue, assiégée par deux armées consulaires, l'importance des travaux entrepris par les Romains devant la ville lui fit peur. Il marcha sur Rome, espérant que toute l'armée l'y suivrait, mais Appius resta devant Capoue, et Flaccus seul accourut. La pluie, les vents, l'orage, secondèrent le courage des Romains. Florus raconte que le champ où les Carthaginois dressèrent leurs tentes fut mis à l'encan et qu'il se rencontra un acheteur. Tant de fermeté, tant d'audace découragèrent Annibal, qui se retira dans le Brutium et renonça à sauver Capoue. La malheureuse ville, réduite aux dernières extrémités, ouvrit donc ses portes. Elle fut saccagée, et devint, avec son territoire, propriété romaine; soixante-dix sénateurs furent égorgés, trois cents nobles condamnés aux fers, le peuple vendu (211 av. J.-C.).

Bientôt Asdrubal, qui venait secourir son frère, fut

battu par Cl. Néron et Liv. Salinator. Les Romains, désireux de se venger, se transportèrent en Afrique, sous la conduite de Scipion, et, par la bataille de Zama (202), consommèrent la ruine de Carthage.

IX

Le siège de Carthage.

(149-146 av. J.-C.)

A la fin de la seconde guerre punique, les Carthaginois avaient pris l'engagement de ne faire aucune guerre sans l'assentiment du Sénat. Le prince numide Masinissa, ami des Romains, vit dans cette clause une occasion d'agrandir ses États et, sachant bien que Rome lui donnerait raison, enleva aux Carthaginois le territoire d'Emporie (193), la province de Tisca et soixante-dix villes (174). Parmi les commissaires romains qui furent envoyés en Afrique sous prétexte de régler le différend, se trouvait Caton, qui vit avec autant de surprise que de jalousie Carthage redevenue riche et florissante. Lorsque les commissaires revinrent à Rome sans avoir rien résolu, ils firent un tableau si saisissant de l'état prospère de la patrie d'Annibal, que le Sénat fut effrayé. Désormais, Caton termina tous ses discours, quel qu'en fût le sujet, par ces mots célèbres : « *Delenda est quoque Carthago !* c'est-à-dire : « Et de plus, il faut détruire Carthage ! »

A quelque temps de là, Carthage, voyant qu'on ne lui rendait pas justice, se décida à repousser une nouvelle attaque de Masinissa. Le Sénat profita de cette circonstance pour reprocher aux Carthaginois de violer les

traités et leur déclarer la guerre. Déjà, quatre-vingt mille hommes étaient partis pour l'Afrique, quand des ambassadeurs vinrent dire aux Romains que leur patrie était prête à se soumettre aux décisions de la République. Le Sénat demanda trois cents otages et répondit que les violateurs des traités auraient à se soumettre aux décisions des consuls. Ceux-ci, en débarquant en Afrique, se firent livrer les armes et les machines de guerre ; puis Marcius Censorinus dit à la foule désarmée et impuissante : « Je vous loue de votre prompte obéissance à exécuter les ordres du Sénat. Connaissez à présent ses dernières volontés ; il vous commande de sortir de Carthage qu'il a résolu de détruire et de vous établir dans le lieu que vous choisirez, pourvu que ce soit à quatre-vingts stades de la mer » (149).

Tant de lâcheté rendit des forces à ce peuple affaibli. Asdrubal, un des chefs du parti populaire, réunit soixante-dix mille hommes dans le camp de Néphéris. Les factions oublièrent leurs haines pour ne songer qu'à défendre Carthage. Nuit et jour, on fabriqua des traits ou des épées. Les femmes donnèrent leurs bijoux et sacrifièrent leur chevelure pour faire des cordages. Aussi, lorsque Censorinus et Manilius se présentèrent devant la ville, ils furent bien étonnés de la trouver en état de défense ; et, pendant qu'ils échouaient dans la plupart des assauts, l'armée extérieure des Carthaginois leur faisait éprouver de terribles défaites. Posthumius Albinus et Calpurnius Piso, les deux consuls de l'année suivante (148 av. J.-C.), ne furent pas plus heureux dans leurs tentatives, et sans la présence de Scipion Émilien, fils de Paul-Émile, les assiégés auraient remporté plus

d'une victoire sanglante. Celui-ci étant revenu à Rome pour demander l'édilité, on lui donna le consulat, sans qu'il le demandât, et on le renvoya en Afrique.

Carthage se divisait en trois parties : les ports, la citadelle (Byrsa) et la ville (Mégara), contre laquelle Scipion dirigea d'abord ses attaques (147 av. J.-C.). Par une nuit obscure, il fit dresser des échelles le long des murs et il surprit les Carthaginois, qui durent se réfugier dans la citadelle. Ensuite il ferma le port avec une vaste levée de terre, et coupa, au moyen d'un fossé et d'un mur, l'isthme sur lequel était bâtie la ville. Les assiégés, loin de perdre courage, eurent la patience de creuser dans le roc une nouvelle ouverture sur la mer, et, sortant avec une flotte, construite à la hâte avec les débris de leurs maisons, ils engagèrent avec les Romains une bataille navale qui dura deux jours, mais dont l'issue resta indécise malgré les pertes des assiégés.

A l'approche de l'hiver, Scipion fit élever une muraille sur laquelle il plaça des archers chargés d'inquiéter les Carthaginois, et il employa la belle saison à attaquer le camp de Néphéris.

Au retour du printemps (146 av. J.-C.), il s'empara de la muraille qui entourait le port Cothon et conduisit ses soldats victorieux sur la plus grande place de Carthage. Il voulut ensuite monter à la citadelle (Byrsa), mais il dut pour cela s'engager avec ses troupes dans trois rues étroites, dont les maisons étaient remplies de soldats. Pendant six jours et six nuits, les Romains exterminèrent ce malheureux peuple et réalisèrent le vœu de Caton. Les légionnaires étaient obligés pour avancer de jeter dans des fosses, au moyen de crocs,

les cadavres qui jonchaient les rues. Le septième jour, les Carthaginois supplièrent Scipion de les laisser sortir de la citadelle sans attenter à leur vie, et, sur la promesse du consul, cinquante mille d'entre eux passèrent dans le camp ennemi. Quant aux transfuges, qui avaient mutilé les prisonniers romains, ils n'obtinrent aucune trêve, et se réfugièrent dans le temple d'Esculape avec Asdrubal, sa femme et ses deux enfants. Ils se défendirent courageusement pendant quelques jours, bien décidés à ne pas tomber vivants dans les mains des vainqueurs. Seul Asdrubal eut la lâcheté de venir implorer la clémence du consul. Sa femme, le voyant aux genoux de Scipion : « Je n'invoque point contre toi, ô Romain ! dit-elle au général, la vengeance divine, car tu ne fais qu'user des droits de la guerre, mais puissent les dieux protecteurs de Carthage et toi-même, de concert avec eux, punir comme il le mérite ce perfide qui a trahi sa patrie, ses dieux, sa femme et ses enfants ! » — « Lâche, dit-elle ensuite à Asdrubal, va orner le triomphe de tes vainqueurs ; va porter des chaînes d'esclave à Rome et subir le supplice dû à ta perfidie. » A ces mots, elle égorge ses enfants, les jette dans les flammes et s'y précipite aussi, avec tous les transfuges.

La ville, d'abord pillée, fut ensuite livrée aux flammes par ordre du Sénat, et l'incendie dura dix-sept jours. On raconte que Scipion, en voyant autour de lui tant de ruines fumantes, pleura et s'écria avec Homère : « *Viendra un jour où périra Troie, la cité sainte, et où périront avec elle Priam et son peuple !* » Comme Polybe, qui se trouvait alors auprès du consul, lui demandait quel sens il attachait à ces vers du poète :

« C'est Rome, répondit-il, qui occupe ma pensée; je crains pour elle l'instabilité des choses humaines. Ne pourrait-il point se faire qu'elle éprouvât un jour les malheurs de Carthage? »

X

Le siège de Numance.

(133 av. J.-C.)

A la mort de Viriathe, la guerre d'Espagne se concentra au nord. Quatre mille Numantins enfermèrent le consul Mancinius dans une gorge sans issue et lui imposèrent un traité humiliant que le Sénat ne voulut pas ratifier. Scipion Émilien fut envoyé en Espagne, et la guerre recommença. A son arrivée, le vainqueur de Carthage trouva les légions dans le plus pitoyable état : l'indiscipline, le désordre, la licence, régnaient en maîtres dans les camps. Il soumit aussitôt l'armée à une discipline sévère et la conduisit chez les peuplades voisines pour l'habituer aux combats ; puis il revint établir ses quartiers d'hiver devant Numance qu'il comptait prendre par la famine.

Numance s'élevait sur le penchant d'une colline ; elle était défendue par de bons retranchements ; une citadelle redoutable, située dans son enceinte, était réservée aux conseils de guerre et aux assemblées du gouvernement. Au pied des murailles coulait le Durius.

Les assiégés, vaincus dans une sortie, demandèrent plusieurs fois la paix, mais leur démarche ne fut pas écoutée. Alors ils offrirent la bataille à Scipion, mais, au lieu de relever le défi, le Romain fit entourer Nu-

mance d'une ligne de contrevallation de deux lieues. Il fit ensuite creuser un fossé garni de pieux, et construire un mur de huit pieds d'épaisseur, de dix pieds de hauteur, flanqué de tours dans toute son étendue. Restait le Durius par lequel les Numantins pouvaient recevoir des vivres : « Scipion bâtit, dit Rollin, sur les deux rives, deux forts d'où il jeta sur toute la largeur du fleuve de longues et fortes poutres attachées des deux côtés à de gros câbles. Ces poutres étaient armées de longues pointes de fer qui, étant perpétuellement agitées par le mouvement des eaux, fermaient le passage, et aux nageurs, et aux plongeurs, et à ceux qui auraient voulu passer dans des barques. »

L'armée romaine se composait de 60 000 hommes : la moitié garda les murs ; 20 000 soldats furent réservés pour les batailles ; le reste forma une sorte de troupe de renfort destinée à prêter main-forte en cas de besoin. Comme les sorties des assiégés étaient invariablement repoussées, un Numantin, nommé Rhétogenès Caraunius, franchit de nuit les lignes ennemies et vint demander des secours aux villes des Arévaques. Il fut partout éconduit. Seuls, quelques jeunes gens de Lutia lui promirent leur aide, mais Scipion, averti à temps, accourut et fit couper la main à 400 rebelles. Cependant, les Numantins, en proie aux horreurs de la famine, envoyèrent six messagers à Scipion pour s'informer de ses conditions. Le consul demanda armes et gens à discrétion.

La population, jalouse de sa liberté, massacra les députés et tenta quelques sorties furieuses. Mais bientôt les Numantins se reconnurent vaincus, et ils capitulèrent. Seulement, ils profitèrent d'un délai de deux

jours, que leur accorda Scipion, pour s'égorger mutuellement. Tous ceux qui tombèrent vivants entre les mains des Romains furent vendus comme esclaves, à l'exception de 50 d'entre eux que le vainqueur réserva pour orner son triomphe. La ville fut détruite et le territoire partagé entre les peuples voisins.

Ainsi finit Numance, dont le seul crime fut d'avoir cherché à se soustraire à la domination injuste des Romains.

XI

Conquête de la Gaule par César. — Sièges d'Avaricum et d'Alésia.

(52 av. J.-C.)

Avant d'entreprendre le récit des sièges remarquables de la guerre des Gaules, il n'est pas hors de propos de donner quelques détails sur l'état militaire des deux peuples qui allaient se trouver en présence.

Les armes dont on se servait en Gaule nous sont assez bien connues. Tout d'abord, nous trouvons le *sabre de fer à deux mains* (μάχαιρα, σπάθη), sans pointe, et que les guerriers portaient sur la cuisse droite, suspendu à une chaîne. Cette arme fut dans la suite remplacée par l'épée de bronze : celle qui fut trouvée à Hallstadt, en Autriche, mesure 90 centimètres et est munie d'une poignée d'ivoire. On employait aussi deux espèces de lances : le *lonchus*, large de deux coudées, avec une poignée de bois et une pointe de métal, et le *saunium*, formé de deux branches, dont l'une était recourbée et déchirait les chairs lorsqu'on retirait la lance de la blessure.

C'étaient là, avec la fronde (σφένδονη) et le *matras* (javelot), les seules armes offensives des Gaulois. Parmi les armes défensives, dont par jactance on ne voulut se servir que très tard, il faut citer :

1° Le casque d'airain au cimier très élevé et décoré de têtes d'animaux ; — 2° les cuirasses de mailles de fer, sortes de tuniques attachées avec des ceinturons à ornements dorés ou argentés ; — 3° des boucliers hauts, d'après Diodore, comme les guerriers qui les portaient. Une statue du musée Calvet, à Avignon, représente un Gaulois tenant un de ces boucliers, qui étaient généralement faits de bois et dépourvus d'ornements.

Ce qui faisait la supériorité des armées romaines, c'était l'habileté avec laquelle étaient combinées les différentes armes de la légion. « Inébranlable et unie en face des rapides cavaliers de l'Atlas ou des bandes désordonnées des barbares, la légion était divisée et légère devant la phalange macédonienne ou les chars à faux et les éléphants d'Antiochus. » Une légion romaine se composait de 5 ou 6000 soldats (*légionarii*), d'un corps d'auxiliaires et de 300 cavaliers, et deux légions réunies formaient une armée consulaire. Les légionnaires portaient un casque, un bouclier carré long, une cuirasse de feuilles de métal, une épée suspendue à l'épaule au moyen d'un baudrier. La dixième partie d'une légion s'appelait *cohorte* (*cohors*).

Lorsque les Romains étaient en campagne, ils établissaient leurs camps de la manière suivante. Ils creusaient d'abord un fossé (*fossa*) autour de l'emplacement qu'ils avaient choisi pour dresser leurs tentes. Ce fossé était destiné à protéger un *agger* ou vaste levée de terre surmontée de palissades (*vallum*). Lorsque la nature du sol ne permettait pas une levée de terre, on remplissait de broussailles une enceinte de troncs d'arbres, et l'on couvrait cette enceinte d'une

palissade et d'une galerie de bois, faite pour abriter les soldats. La colonne Trajane renferme un *agger* de ce genre. Chacun des quatre côtés du camp était muni d'une porte et l'intérieur était divisé en sept rues, dont la plus large (30^{m},50), appelée *Via principalis*, faisait communiquer les deux portes latérales. En avant de cette rue, on en voyait une autre percée paral-

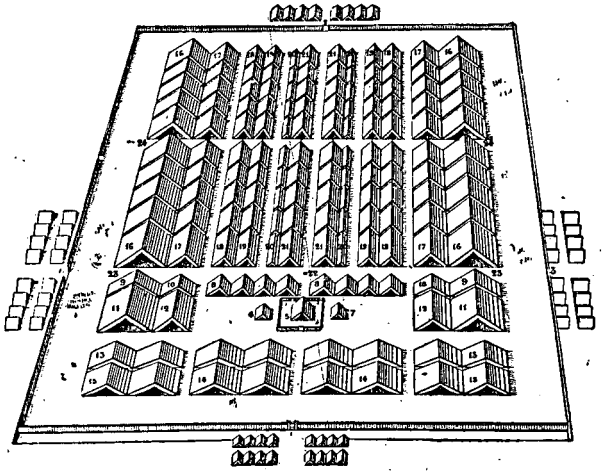


Fig. 5. — Camp romain.

lèlement, large de 15^{m},25, et désignée sous le nom de *Via quintana*. La rue principale était limitée en bas (V. la figure) par la tente du général (*prætorium*), par celle du questeur (*quæstorium*), par le *forum* ou marché, par les tentes des troupes d'élite et des volontaires, par celles des tribuns et des généraux des alliés (*præfecti sociorum*). Le haut du camp se trouvait occupé

par les différents corps de troupes. Un espace de 60 mètres était ménagé entre l'*agger* et les tentes pour faciliter les mouvements des soldats.

Les machines de guerre destinées à lancer des projectiles (*tormenta*) comprenaient différentes variétés, parmi lesquelles il faut distinguer : la *baliste*, la *catapulte*, le *scorpion*, l'*onagre*.

La *baliste* (*balista*, λιθοβόλον) servait à lancer des pierres pesantes.

Fig. 6. — Bélier.

La *catapulte* (*catapulta*, καταπέλτης) était employée pour lancer des dards et des traits pesants.

Le *Scorpion* (*scorpio*, σκορπίος) servait à jeter des pierres, des balles de plomb et des flèches.

L'*Onagre* (*onager*) était une machine à lancer des traits et des pierres d'un grand poids.

Lorsqu'on voulait pratiquer une brèche, on poussait contre la muraille un *bélier* (*aries*, κρίος), grosse poutre se terminant par une masse de fer en forme de tête de bélier. D'abord porté par des hommes, le bélier fut ensuite fixé sur un châssis monté sur des roues, et re-

couvert d'un hangar de planches pour protéger les soldats. Ce hangar, qu'on employait aussi pour garantir les légionnaires qui creusaient les tranchées, s'appelait *testudo arietaria*.

On donnait le nom de *tollenó* à une poutre fichée en terre et sur laquelle une autre poutre était disposée de manière à faire bascule. Cette dernière se terminait d'un côté par une planche où se plaçaient des soldats, et, lorsqu'on pesait sur l'autre extrémité, les soldats se trouvaient lancés sur le rempart.

Pour se préserver des *béliers* et des *tortues*, les assiégés usaient de différents procédés. Tantôt ils amortissaient les coups du bélier en faisant glisser le long des murs des sacs de laine ; tantôt ils enlevaient le bélier avec des cordes ; tantôt enfin ils le saisissaient avec des *loups* ou pinces de fer armées de dents et l'arrachaient, en renversant le hangar qui le couvrait.

Pour la destruction des machines, ils lançaient sur elles des matières enflammées. Ils minaient aussi le sol et ruinaient ainsi les travaux des assiégeants.

Les Romains qui se destinaient à la guerre, qui n'avaient d'autre but que de conquérir le monde, étaient supérieurs aux Gaulois par l'ordre et la discipline de leurs armées. C'est sans doute un dieu, dit Végèce, qui leur inspira la légion. Et il est certain que la légion qui contenait dans son sein toutes les espèces de troupes était invincible, et devait triompher de nos ancêtres, braves et audacieux, mais indisciplinés et n'écoutant que leur courage.

Telle était l'organisation militaire de Rome, lorsque commença la conquête de la Gaule. Après six ans d'une

lutte acharnée (58-52), César, toujours préoccupé des desseins ambitieux qui lui avaient fait entreprendre la guerre, laissa ses légions dispersées et repartit pour l'Italie. A la faveur des troubles qui ensanglantaient la République, les Gaulois crurent pouvoir tenter un dernier effort et sauver leur indépendance. Le jeune Arverne Vercingétorix, devenu l'âme d'un immense complot, reçut le commandement général des troupes, et il fut résolu qu'on irait attaquer la Province Romaine pour empêcher César de rejoindre ses légions. Tout d'abord, la fortune ne favorisa pas les confédérés, qui ne purent arrêter la marche de César au milieu des neiges, perdirent quelques villes et échouèrent dans un combat de cavalerie. Aussitôt, les Bituriges et leurs voisins incendient leurs villes, dans le but de priver l'ennemi de vivres et de fourrages. Seule, Avaricum (Bourges) fut épargnée, et César vint l'assiéger.

Avaricum, entourée de marais, défendue par l'Auron et l'Yèvre, était aussi protégée par des fortifications spéciales aux villes gauloises et que César décrit comme il suit : « Après avoir assujetti entre elles et recouvert de terre des poutres étendues sur le sol et séparées l'une de l'autre par des intervalles de deux pieds, on remplit lesdits intervalles de grosses pierres. A ce premier lit de pierres et de poutres on en ajoute un second entièrement semblable, en ayant soin de ne pas faire toucher les poutres. On continue cette juxtaposition de pierres et de poutres jusqu'à ce que la muraille soit suffisamment élevée. »

Le siège dura près d'un mois. La cavalerie gauloise, qui tenait la campagne, interceptait les convois, et

les Romains manquèrent de blé pendant trois jours. Continuellement les Gaulois, passant par des galeries souterraines, allaient détruire les ouvrages de leurs ennemis, arrêtaient leurs tranchées, jetaient sur les travailleurs de la poix bouillante ou des pierres. Ils avaient construit de tout côté des tours recouvertes de cuir au moyen desquelles ils pouvaient voir tout ce que faisaient les assiégeants. Ce fut seulement au bout de vingt-cinq jours que les Romains parvinrent à élever une terrasse large de 330 pieds et haute de 80. César, qui surveillait les ouvrages, vit, une nuit, de la fumée sortir de la terrasse, et comprit que les assiégés y avaient mis le feu au moyen d'une mine. En même temps, les Gaulois firent une sortie par deux portes, pendant que du haut des murs des soldats lançaient sur la terrasse de la poix, des torches et d'autres matières combustibles. Après un combat qui se prolongea jusqu'au lever du jour, l'avantage resta au proconsul; mais l'auteur des *Commentaires* reconnaît lui-même la bravoure de ses adversaires. Il raconte qu'un Gaulois, placé devant la porte de la ville pour jeter des boules de suif sur la terrasse et activer l'incendie, fut percé d'une flèche. Un second le remplaça, puis un troisième, et tout le temps que dura la bataille ce poste dangereux demeura occupé.

Vercingétorix fit ordonner aux gens d'Avaricum d'évacuer la ville. Mais les femmes poussèrent des cris de désespoir et supplièrent les soldats de ne pas les abandonner. La garnison pensa que les Romains avaient été mis en éveil et renonça à évacuer la place. Le lendemain, les sentinelles se retirèrent des murailles par suite du mauvais temps. César profita de cette circon-

stance pour tenter un assaut général. Les Romains victorieux chargèrent les Gaulois qui s'étaient réfugiés à l'extrémité de la ville. De 40 000 individus, présents au début du siège, 800 seulement, sortis d'Avaricum avant la mêlée, rejoignirent Vercingétorix.

César envoya aussitôt son lieutenant Labiénus contre les Sénons, les Parisiens et les Belges, et alla lui-même mettre le siège devant Gergovie, ville des Arvernes, dont les troupes de Vercingétorix couvraient les approches. Des escarmouches, des luttes meurtrières, un échec des Romains, signalent le commencement du siège que César dut lever devant l'arrivée imprévue de Vercingétorix. La défaite du proconsul, qui coûta aux Romains 700 légionnaires et 46 centurions, entraîna la défection des Edues, et, à l'exception des Rèmes, des Lingons et des Trévires, tous les peuples de la Gaule entrèrent dans la ligue nationale. Malheureusement, César put rallier les légions de Labiénus et vainquit l'armée gauloise, forte de 90000 hommes, sur les bords de la Saône. Si l'on en croit le grammairien Servius, qui vivait au sixième siècle, un soldat fit César prisonnier. Il l'emportait déjà sur son cheval, lorsqu'un autre soldat, reconnaissant le Romain à son manteau de pourpre, s'écria :« Laisse César! ». Sans cette circonstance, peut-être la Gaule était-elle sauvée.

Les vaincus se réfugièrent aussitôt dans une ville des Mandubiens, appelée *Alesia*, et qui serait Alise-Sainte-Reine (Côte-d'Or) suivant les uns, Alaise (Doubs) suivant les autres. Alesia, nous dit César, « était un *oppidum* situé au sommet d'une colline tellement élevée qu'un siège était nécessaire pour la prendre. Deux rivières coulaient à ses pieds de deux côtés différents. Une

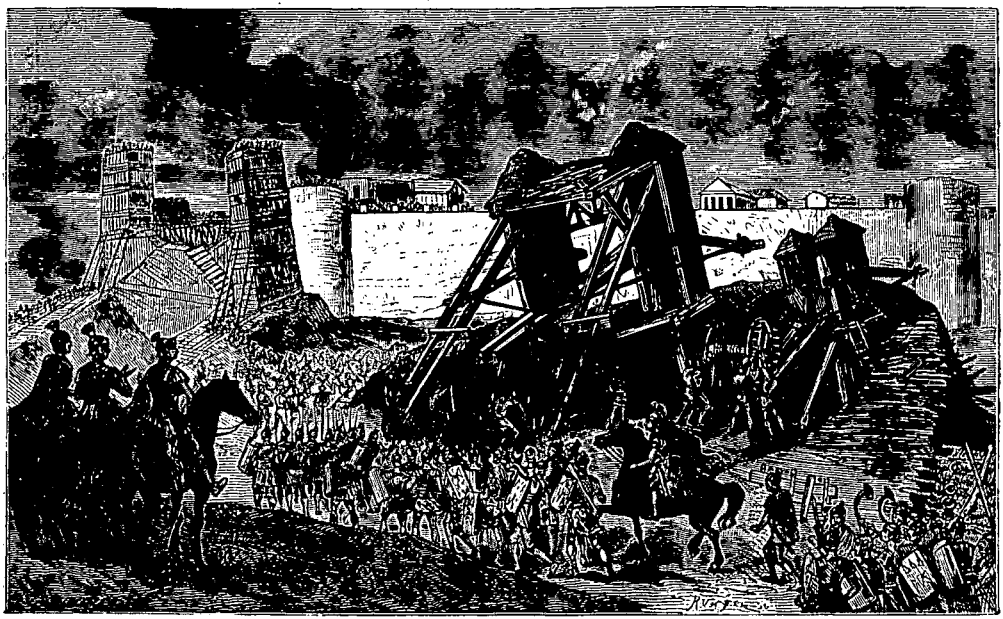


Fig. 7. — César surveillant les travaux du siège d'Avaricum.

plaine longue de 300 pas environ s'étendait devant la ville, entourée sur tous les autres points par des collines de hauteur égale; sous la muraille, la partie de la colline qui regardait le levant était complètement occupée par des troupes gauloises protégées par un fossé et un mur en pierres sèches, de six pieds de haut. Le circuit de la défense entreprise par les Romains était de 11 000 pas (16^{km}, 291). Le camp (*castra*) était dans une position avantageuse et défendu par vingt-trois redoutes palissadées (*castella*), où l'on plaçait des postes pour empêcher les attaques imprévues; la nuit, on y mettait des sentinelles et de forts détachements. »

Pour la circonvallation, César fit creuser un fossé (*fossa*) de 20 pieds, et à 400 pas (592 m.); de là, il établit des défenses. Deux autres fossés de 15 pieds furent construits entre le premier et les travaux, et dans le fossé du milieu on fit venir les eaux des deux rivières. Derrière ces trois tranchées, on éleva un *agger*, avec un *vallum* (palissade) de 12 pieds de haut, garni d'une cuirasse (*lorica*) et de créneaux (*pinnæ*). Enfin, on planta entre l'agger et les créneaux des branches émondées semblables aux bois de cerf (*cervi grandes*). M. Desjardins nous apprend en outre que pour empêcher les sorties des Gaulois on creusa des *cippi*, c'est-à-dire des fossés qui « figuraient cinq rangs de zigzags joints entre eux par les angles, ce qui devait représenter des losanges. » Dans les fossés, on planta des branches d'arbre dont les extrémités, taillées en pointes aiguës, rendaient le passage impossible. En avant des *cippi*, on creusa 8 rangées de trous disposés en quinconces et ayant la forme de cônes renversés, et l'on planta dans ces trous des pieux ronds durcis au feu

(*scrobes* ou *lilia*). Au devant des *scrobes* étaient des piquets d'un pied de long (*taleæ*), dans lesquels des hameçons de fer avaient été préalablement fichés. Ces piquets, plantés à des distances très rapprochées, portaient le nom de *stimuli*, lorsqu'ils avaient été garnis d'hameçons.

Les remarquables travaux de César devant Alésia, travaux dont nous ne pouvons donner qu'une idée imparfaite, furent entrepris avec tant de génie que le chef Gaulois, reconnu de nouveau comme généralissime à la récente assemblée de Bibracte (Autun), se sentit trop faible pour les arrêter. Pendant qu'il en était temps encore, il fit sortir de nuit toute sa cavalerie avec ordre de recruter et d'armer tous les hommes capables de supporter les fatigues de la guerre. A ceux qui restèrent dans la ville, il recommanda, sous peine de mort, la plus stricte obéissance à ses ordres; il leur donna une égale ration de blé et leur distribua le bétail fourni par les Mandubiens; puis il s'enferma dans la place, après avoir fait rentrer les soldats qui campaient hors des murs.

Un mois s'écoula. Déjà les légions et les auxiliaires germains avaient remporté un triomphe, déjà la famine sévissait d'une manière terrible, lorsqu'on vit apparaître une armée de secours forte de 248 000 hommes, dont 8000 cavaliers. Elle était commandée par l'Arverne Vergasillaunn, parent de Vercingétorix, par les Edues Virdumar et Eporedorigh, et par l'Atrébate Comm, et elle vint se placer à mille pas des travaux de César. Sans perdre un instant, les Romains commencèrent une lutte acharnée, qui dura depuis midi jusqu'au soir : d'abord indécise, la victoire resta aux assiégeants.

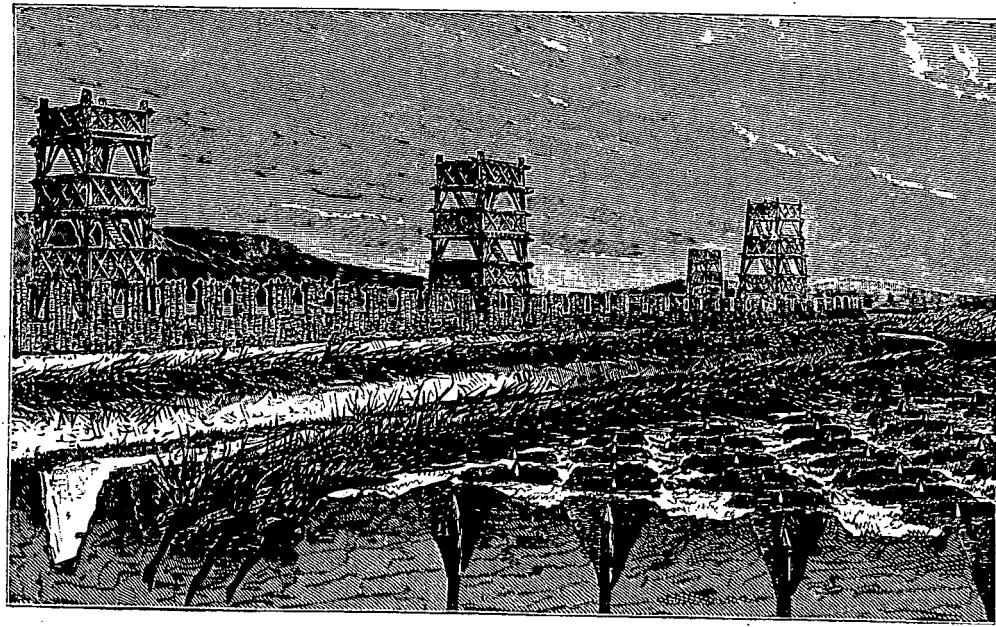


Fig. 8. — Travaux de César devant Alésia.

Pendant la nuit suivante, les troupes de secours, qui avaient déjà organisé la défense, tombèrent sur les ennemis, tandis que Vercingétorix opérait une sortie; mais on dut rentrer dans la ville en voyant les confédérés battre en retraite. Deux défaites successives

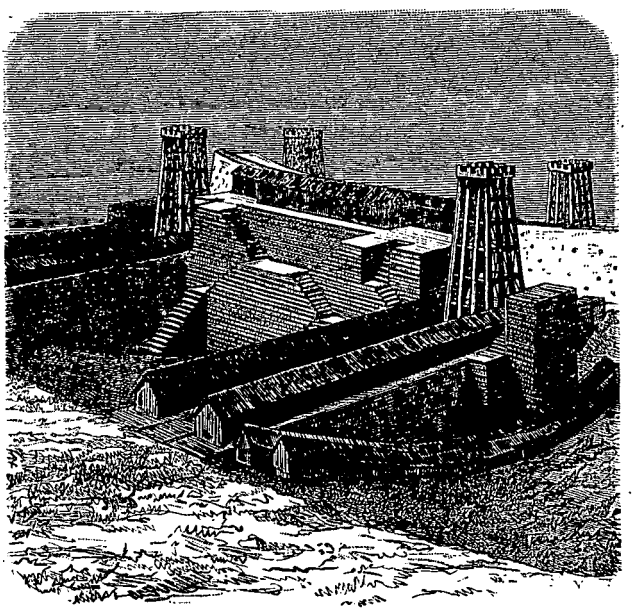


Fig. 9. — Ouvrages romains devant une ville assiégée.

n'abattirent pas le courage des Gaulois, et Vergasillaunn, à la tête de 60 000 hommes, prit possession d'une colline, proche du camp; puis il livra aux Romains une bataille générale. L'impétuosité et la bravoure de nos ancêtres ne purent triompher de troupes admirable-

ment disciplinées et qui avaient vieilli sous leur chef. Vercingétorix eut beau sortir et pénétrer dans le camp de ses adversaires, il ne parvint pas à couvrir la retraite de l'armée extérieure, qui fut presque anéantie.

Voyant tout espoir perdu, l'Arverne rassembla les défenseurs d'Alésia. Il leur représenta l'inutilité d'une

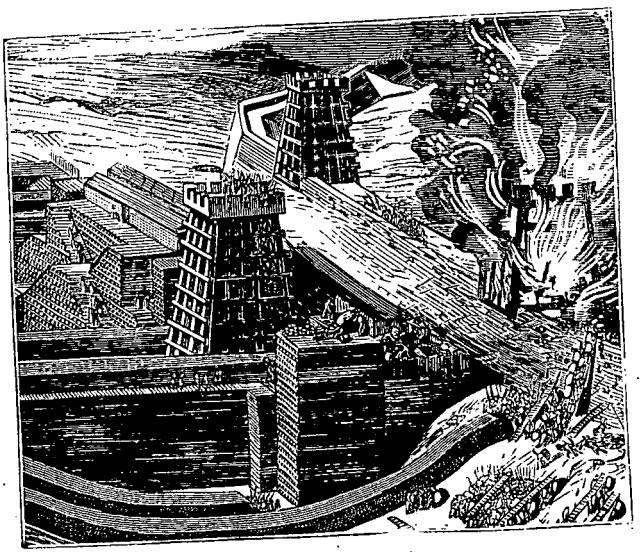


Fig. 10. — Incendie d'une ville assiégée par les Romains.

plus longue résistance; il leur dit que l'heure de la défaite était arrivée, mais « que, puisqu'il fallait céder à la fortune, il s'offrait à eux pour qu'ils pussent apaiser les Romains, soit en le mettant à mort, soit en le livrant vivant. » Des députés allèrent trouver César, qui réclama les armes des vaincus et fit demander les chefs

Gaulois. Alors, Vercingétorix, magnanime jusqu'à la fin, revêtit sa plus riche armure, monta à cheval et arriva devant son vainqueur : sans dire un mot, il se jeta à genoux et déposa ses armes aux pieds du proconsul. Celui-ci ne tint aucun compte d'une pareille grandeur d'âme : il accabla de reproches un héros désormais incapable de lutter contre lui, et il le fit couvrir de chaînes. Six ans plus tard, l'homme qui avait tant fait pour sa patrie sortait de cachot, pour servir au triomphe du maître de la Gaule, et mourait lâchement assassiné dans sa prison.

Une dernière campagne fut nécessaire pour la soumission définitive de la Transalpine. Depuis, la civilisation romaine s'implanta en Gaule; les mœurs de Rome adoucirent peu à peu la rudesse du caractère gaulois; et c'est de la fusion de ces deux races, à travers les vicissitudes du moyen âge, qu'est sortie la France moderne.

XII

Le siège de Jérusalem par Titus.

(70.)

Vespasien, appelé à l'Empire au moment où il achevait la soumission de la Judée, confia à son fils Titus le soin de prendre Jérusalem. Cette ville, bâtie sur les collines de Sion (haute ville) et d'Acra (basse ville), était entourée d'une triple muraille flanquée de cent soixante-quatorze tours, dont les principales étaient celles d'Hippicos, de Phazaël et de Mariamne. Le temple de Salomon constituait aussi une véritable forteresse avec ses galeries, ses tours et ses murs épais.

Lorsque Titus commença le siège, Jérusalem était partagée en trois factions rivales, dont les chefs, Éléazar, Jean de Giscale et Simon, se faisaient une guerre acharnée. Les séditieux oublièrent un instant leurs haines, en présence des travaux entrepris par les Romains, et dans quelques sorties furieuses firent reculer les légionnaires. Aussi fallut-il quinze jours à Titus pour prendre la première muraille et le quartier de Bezetha (avril 70), cinq pour s'emparer de la seconde. Jean, à la tour Antonia qui couvrait le temple, et Simon dans la haute ville, opposèrent une résistance assez vive pour retarder de quelques jours les travaux des assiégeants.

Le fils de Vespasien, désireux de prendre la ville sans

répandre le sang des milliers d'hommes qui se trouvaient à Jérusalem à l'occasion des fêtes de Pâques, envoya aux assiégés leur compatriote Josèphe pour les engager à se soumettre. Le discours pathétique du messager fut accueilli par des huées et des flèches, et il n'y eut que quelques hommes du peuple qui se rendirent dans le camp ennemi, après avoir vendu tout ce qu'ils possédaient. Ces malheureux, craignant d'être dépouillés de leur or par les factieux qui gardaient les portes, se décidèrent à l'avaler. Des soldats romains, poussés par une cupidité révoltante, éventrèrent deux mille transfuges pour leur voler leur fortune. Titus voulut punir les coupables, mais ceux-ci se trouvèrent si nombreux qu'il dut renoncer à ce projet et se contenter de presser les opérations du siège. Il environna la place d'une muraille flanquée de treize tours et mesurant trente-neuf stades de circuit; de cette manière toute communication fut interrompue entre les assiégés et l'extérieur. Une affreuse famine désola Jérusalem et poussa les Juifs aux plus déplorables excès. Les séditieux pénétraient dans les maisons, torturaient tous ceux qu'ils y trouvaient ou les accablaient de coups. Les mères ravissaient à leurs enfants les rares aliments qu'ils mangeaient; on vendait ce qu'on avait de biens pour une mesure d'orge ou de froment. Quelques-uns sortaient de la ville pour aller cueillir des herbes : ils tombaient entre les mains des soldats, et Josèphe affirme qu'on en crucifia jusqu'à cinq cents par jour.

Pendant ce temps, les Romains s'emparèrent de la forteresse Antonia, de laquelle dépendait le salut du temple (5 thammuz : juin-juillet 70). Le 17 du même mois, les Juifs cessèrent toute cérémonie religieuse,

mais ils ne voulurent pas sortir de l'enceinte sacrée pour livrer bataille, comme le leur proposa Josèphe au nom de Titus. Le lendemain, à trois heures du matin, les Romains se précipitèrent sur les postes juifs : le combat, commencé dans l'obscurité, dura jusqu'à midi, mais ne produisit aucun résultat.

Les horreurs de la famine se faisaient de plus en plus sentir. Une femme de Pérée, qui était venue avec tous ses biens s'établir à Jérusalem, fut dépouillée par les séditieux. Elle arracha son enfant de son sein, le tua, le coupa en morceaux, en fit cuire la moitié, et cacha le reste. L'odeur attira les factieux, qui demandèrent à Marie d'où provenait la viande qu'elle mangeait :

« C'est la chair de mon enfant, répondit-elle, et c'est moi qui l'ai tué. Mangez-en hardiment, car j'en ai mangé. Je ne veux point que vous soyez plus délicats qu'une femme ni plus sensibles qu'une mère! »

Le bruit de cette barbarie se répandit dans toute la ville et parvint jusqu'aux oreilles de Titus, qui résolut d'en finir sur-le-champ et convoqua son conseil (9 du mois d'Ab : juillet-août). La plupart des chefs opinèrent pour la destruction du temple, mais Titus leur représenta que ce serait un crime de détruire un si beau monument, et ils se rangèrent à l'avis du fils de Vespasien; seulement, il fut arrêté qu'on allait donner immédiatement un assaut général.

Le 10 du mois d'Ab, les Juifs, après avoir fait un moment plier les Romains, furent à leur tour repoussés par Titus, et alors commença l'attaque définitive du temple, dont les galeries extérieures avaient été déjà brûlées. Les soldats avaient l'ordre de ne pas l'incendier, mais l'un d'eux fit exprès de lancer une poutre

enflammée dans la partie du temple située au nord : le feu prit, Titus accourut en vain pour le faire éteindre. Quelques soldats, avides de butin, attisèrent les flammes, et alors périt le temple de Jérusalem, qui avait été construit par Salomon 1139 ans plus tôt et reconstruit depuis 639 ans. Les séditieux se réfugièrent dans les tours d'Hippicos, de Phazaël et de Mariamne, mais ils prirent la fuite en voyant qu'on allait les assiéger. La ville fut saccagée. Jean de Giscale, trouvé dans un égout, fut jeté en prison; Simon servit au triomphe du vainqueur et fut exécuté à Rome; Éléazar se tua pour ne pas tomber vivant entre les mains de ses ennemis.

Les Juifs se dispersèrent et commencèrent dès cette époque à se répandre dans le monde entier.

Il y avait près de six siècles et demi que Nabukudurussur (Nabuchodonosor) avait détruit le temple de Jérusalem.

XIII

Le siège de Rome par Alaric.

(410.)

Alaric, roi des Visigoths, qui s'était d'abord allié aux Romains pour arrêter l'invasion des Huns (394), était venu, à l'instigation du ministre Rufin, envahir à son tour l'empire d'Orient, à la mort de Théodose (395). Après avoir ravagé le pays au sud du Danube et menacé Constantinople, il avait été repoussé par Stilicon, et, se jetant sur l'empire d'Occident, il avait juré de prendre Rome. Honorius, fils de Théodose, se réfugia dans la ville d'Asti dès qu'il apprit cette nouvelle. Délivré des barbares par Stilicon, homme digne d'estime et loyal à une époque de corruption et de perfidie, il écouta les infâmes rapports, les odieuses calomnies de l'officier Olympius, et il fit mourir le seul ministre capable de retarder la chute de l'Empire.

Alaric se trouvait débarrassé de son ennemi le plus redoutable. Traversant les Alpes, il prit Aquilée, Crémone, passa le Pô et l'Apennin, et marcha sur Rome, dévastant tout sur son passage. Les écrivains contemporains, Sozomène et Socrate, racontent qu'un ermite, descendu des montagnes, vint au-devant du Visigoth et le supplia d'épargner la capitale du monde.

« Je marche malgré moi, répondit Alaric; chaque

jour quelqu'un me pousse, m'excite, me crie : « Va ravager la ville de Rome ! » Et il continua sa route. Arrivé devant cette capitale, « qui s'était vainement promis l'éternité », il campa dans une plaine située au nord et porta l'épouvante au cœur même du Sénat, qui ne croyait ni à tant d'audace ni à tant de bonheur. Pourtant, on organisa la défense. Des machines de guerre furent installées sur les remparts, le peuple reçut des armes ; mais l'étonnement de tous fut tel, qu'on soupçonna une trahison, et qu'on accusa Sérène, veuve de Stilicon. Jetée dans un cachot, étranglée par ordre du Sénat, cette femme mourut victime des superstitions populaires : elle avait autrefois froissé les vieilles croyances de Rome païenne, elle avait tourné en ridicule le culte de Vesta, et le peuple se souvint de ce qu'il considérait comme une impiété.

Sérène morte, la situation resta la même, ou plutôt devint pire. La famine se faisait sentir ; on venait de réduire à la moitié, puis au tiers, la ration de blé distribuée au peuple, qui se souleva, s'empara des maisons des riches, et tua le préfet Hilarius, dont le successeur fut un certain Pompéianus. Des maladies contagieuses infectèrent la ville. Lœta, veuve de l'empereur Gratien, transforma son palais en ambulance, et dépensa à soigner les malades la dotation que le fisc impérial lui avait assignée. On allait d'un moment à l'autre en être réduit aux dernières extrémités, lorsque des augures toscans vinrent trouver Pompéianus et lui proposèrent de *faire tomber le feu du ciel sur les Barbares*, à la condition qu'on leur laisserait la liberté d'accomplir certaines cérémonies publiques au Capitole, au Forum, sur les places, en présence du Sénat.

Le préfet consulta le pape Innocent sur la conduite qu'il devait tenir.

Il y avait dans le Sénat des amis et des ennemis de la religion chrétienne, et sans l'assentiment du pontife il n'était pas possible de faire assister les partisans du Christ à des solennités contraires de tout point à leurs croyances. Le pape répondit d'une manière évasive : il ne s'opposait pas à des cérémonies capables, aux yeux de quelques-uns, de sauver l'empire d'Occident, mais il ne consentirait jamais à reconnaître un caractère public à des superstitions qu'il regardait comme ridicules. On ignore si les Toscans furent autorisés à « jeter un sort » sur les Barbares ; Sozomène l'affirme, Zozime le nie absolument. Ce qu'il y a de sûr, c'est que *le feu du ciel* ne réduisit pas les envahisseurs en poussière, et qu'Alaric serra Rome de plus près. Bientôt, voyant qu'Honorius, réfugié à Ravenne, ne daignait pas même envoyer de secours à ses sujets abandonnés, les assiégés envoyèrent à Alaric deux messagers : Jean, ancien tribun des notaires, et connu du roi des Visigoths, si l'on en croit Zozime; — Basile, Espagnol d'origine, et préfet de la ville quelques années auparavant. D'un ton calme et fier, ceux-ci exposèrent leur requête. Le Sénat, dirent-ils, voulait la paix sans doute, mais la ville était remplie de défenseurs décidés à se défendre jusqu'au bout.

« Tant mieux ! reprit Alaric, le foin se fauche plus facilement; lorsqu'il est abondant que lorsqu'il est rare. » Et il demanda, pour faire la paix, tout l'or et tout l'argent, tous les meubles et tous les esclaves étrangers qui se trouvaient dans Rome.

« Que nous laisseras-tu donc? dit un des députés.

— La vie ! »

Cette fois, le Sénat eut peur, et la ville éternelle vit bien qu'elle n'avait plus de conditions à imposer, mais des grâces à demander. Après de nouvelles conférences, Alaric leva le siège, moyennant :

5 000 livres pesant d'or,
30 000 livres pesant d'argent,
4 000 tuniques de soie,
3 000 toisons teintes de pourpre,
3 000 livres d'épices.

A ces conditions, il s'éloigna de Rome et marcha contre l'empereur, qui n'avait pas voulu ratifier le traité.

XIV

Le siège de Paris par les Normands.

(885.)

Bien que les premières incursions des Normands sur les côtes de France remontent à Karl le Grand, c'est seulement à la faveur des dissensions survenues entre les fils de Louis le Débonnaire que les « hommes du Nord » purent ravager nos villes et leur imposer des tributs.

Au milieu de ces invasions sans cesse renouvelées, Paris fut assiégé pour la première fois en 885, à la suite de l'assassinat du chef normand Godefrid, trahi par Charles le Gros et Henri, duc de Saxe. Cette perfidie indigna les Normands qui, sous la conduite de Sigefrid, arrivèrent au nombre de 40 000 jusqu'à Pontoise, où une flotte de 700 bateaux vint les rejoindre. Ils remontèrent la Seine et, arrivés devant Paris, ils demandèrent qu'on leur laissât le passage libre. Mais l'évêque Gozlin, abbé de Saint-Germain des-Prés, répondit « qu'il ne pouvait livrer une capitale dont dépendait le sort du royaume. »

« Vous m'en refusez l'entrée? reprit Sigefrid, mon épée me frayera le chemin. Nous verrons si vos tours sont à l'épreuve de mes machines et de la vaillance de mes soldats; » et il se disposa à assiéger la ville, pen-

dant que, de leur côté, les Parisiens se préparaient à la résistance. Eudes ou Odon, fils de Robert le Fort et comte de Paris, s'entoura d'hommes énergiques, tels que son frère Robert, aïeul de Hugues Capet, le comte Ragenaire, Hugues l'abbé, marquis d'Anjou, Hascherie, frère du comte de Meaux, et surtout le brave Gozlin et son neveu Ebles, qui se conduisirent pendant le siège comme de véritables soldats. De bonnes garnisons furent placées sur les tours des ponts, ainsi qu'au Grand-Châtelet; Eudes et Robert organisèrent la résistance, assignant à chacun son poste, distribuant les armes, animant les assiégés et leur donnant l'exemple du courage, puis on attendit.

Ce fut le 25 novembre 885 que Sigefrid et Rollon donnèrent le premier assaut. Les brûlots furent lancés contre les ponts et sur les maisons baignées par la Seine. Une tour roulante, haute de trois étages et portée sur un bateau, s'avança près de la tour du Grand-Pont, sur laquelle elle abaissa un pont-levis. Parisiens et Normands se ruant les uns sur les autres, combattant corps à corps, se disputèrent vaillamment la victoire; Gozlin fut blessé d'une flèche. A la fin les assiégeants durent se retirer. Pendant la nuit, les Parisiens réparèrent le dommage causé par les Normands à la tour du Grand-Pont, ce qui obligea Sigefrid à recommencer l'assaut le lendemain.

Ce barbare fit avancer des *vignes* (vineæ) ou galeries couvertes, dont le bois était garni de peaux d'animaux. Dès que les *vignes* touchèrent le pied de la muraille, les Parisiens lancèrent sur elles des solives pointues qui les défoncèrent, et pratiquèrent dans les galeries de larges ouvertures, par où ils purent lancer sur les ennemis

de l'huile bouillante ou de la poix fondue. Les uns furent brûlés vifs ou se précipitèrent dans le fleuve, les autres prirent la fuite, malgré les vociférations de leurs femmes.

Sigefrid, voyant bien qu'il ne parviendrait pas à prendre la ville par surprise, transforma le siège en blocus, et pendant quelques jours, Eudes, Gozlin et Ebles, redoublant d'énergie, réorganisèrent la défense. Sigefrid, fatigué d'attendre et de fourrager dans les environs avec ses cavaliers, prit le parti d'attaquer la ville, pour la troisième fois. Il ordonna de fausses attaques dans différentes directions, mais ce fut contre la Grande-Tour qu'il concentra tous ses efforts ; il essaya d'y mettre le feu, espérant ainsi décourager les assiégés. Par bonheur pour ceux-ci, les flammes furent emportées par le vent sur les galeries, et les ouvrages des Normands y portèrent l'incendie et permirent aux Parisiens de faire une sortie, dont le résultat fut loin d'être à l'avantage des hommes du Nord.

Au mois de février, la Seine déborda par suite des grosses pluies. Comme le petit bras du fleuve avait été en partie comblé par les Normands, les eaux, gênées dans leur cours, renversèrent les piles du petit pont de bois qui joignait la cité à la rive gauche : de sorte que la tour du Petit-Châtelet, isolée de la ville, se trouva à la merci des Normands postés au bas de la montagne Sainte-Geneviève. Douze Parisiens étaient dans la tour : Ardrade, Eynard, Arnold, Ermenfride, Eriland, Hervé, Odoacre, Eriwig, Soliès, Gozbert, Guy, Goswin. Ces vaillants hommes accueillirent avec dédain ceux qui vinrent les sommer de se rendre. Irrités, les Normands apportèrent au pied de la tour du bois, de la paille et de

la résine, y mirent le feu et obligèrent ainsi les « Douze », après un combat de quelques heures, à se réfugier sur la première arche du pont, la seule que le courant n'avait pas entraînée. Onze de ces braves guerriers périrent; le douzième, Hervé, fut fait prisonnier par Sigefrid, qui le prit pour un grand seigneur et crut pouvoir en tirer une rançon considérable. Mais Hervé ne voulait pas survivre à ses compagnons : brandissant son épée, il se rua sur ceux qui l'entouraient et mourut en combattant. N'est-ce pas là une des plus belles pages de l'histoire parisienne, et le pont Saint-Michel ne devrait-il pas s'appeler le « Pont-des-Douze? »

Le siège durait déjà depuis six mois. Les Parisiens, dans de nombreuses sorties, avaient bien fait subir à l'ennemi des pertes importantes, mais ils commençaient à souffrir de la faim et de la maladie; Gozlin et Hugues l'abbé venaient de mourir. Eudes, voyant l'empereur occupé à de misérables intrigues au lieu de chercher à délivrer Paris, partit en secret pour Metz. A son retour, il apprend aux assiégés que Charles le Gros lui a promis des secours, et, effectivement, on voit bientôt arriver le duc Henri de Bavière avec une armée impériale. On fait sans attendre une sortie, à la faveur de laquelle les auxiliaires entrent dans la ville avec des munitions et des vivres.

Sigefrid, perdant courage, demande à traiter, et le comte de Paris lui accorde une entrevue. Les deux chefs se rendent sans escorte à un endroit désigné, également distant des avant-postes parisiens et normands. Mais pendant l'entretien Eudes croit que son rival l'a attiré dans un piège, et il ne termine pas les négociations. Toutefois, Sigefrid fit la paix avec l'abbé

de Saint-Germain, et, moyennant un lourd tribut, il se retira avec une partie de ses troupes du côté de la Lorraine.

Son départ n'empêcha pas le siège de continuer. D'autres chefs normands, trouvant sans doute avantageux de ravager les environs de Paris, refusèrent de cesser le blocus. Henri de Bavière reparut avec une nouvelle armée et réussit à traverser les bandes ennemies. Au moment d'arriver à la tour du Grand-Pont, son cheval disparut dans une fosse, dissimulée sous des branches et des feuilles; il tomba sous les coups des Normands, qui profitèrent de l'impression produite par sa mort sur les Parisiens pour entreprendre un nouvel assaut. Cette fois, ils placèrent leurs échelles le long de la muraille, et déjà quelques-uns d'entre eux étaient sur la plate-forme, lorsque Gerbold et cinq autres assiégés repoussèrent les envahisseurs et renversèrent les échelles. Les Normands furieux voulurent incendier la tour, mais, avant qu'ils eussent exécuté leur projet, les Parisiens sortirent et taillèrent en pièces les troupes ennemies qui perdirent deux de leurs chefs.

C'est à ce moment que Charles le Gros, informé de la mort du duc de Bavière, arriva sur les hauteurs de Montmartre (*mons Martyrum*); mais, au lieu de profiter d'une position aussi avantageuse, ce roi faible et pusillanime traita avec les barbares; il leur donna une forte somme d'argent et leur permit d'occuper la Bourgogne et la Champagne jusqu'à ce que ladite somme fût entièrement payée. Les Parisiens indignés poursuivirent les Normands dans leur retraite, et un an plus tard Eudes, rejoignant ces barbares, les écrasa

non loin des défilés de l'Argonne, dans les bois de Montfaucon. Charles le Gros, solennellement déposé à Tribur, mourut dans un couvent le 12 janvier 888. Les évêques et les grands l'avaient déclaré indigne de porter une épée.

XV

LES CROISADES.

Sièges de Nicée (1097), d'Antioche (1097-98), de Jérusalem (1099), de Ptolémaïs (1191).

Les croisades contribuèrent beaucoup au perfectionnement de l'art des sièges. Investir les places tant bien que mal, choisir le point faible des murailles pour y pratiquer une brèche, voilà le système très simple qu'on employait au début de l'époque féodale pour se rendre maître d'une ville fortifiée. Le morcellement du territoire et les escarmouches généralement insignifiantes qui en résultèrent étaient un obstacle à l'existence des sièges en règle, lesquels nécessitent de grandes armées, un nombre considérable de soldats. La lutte de l'Occident chrétien contre l'Orient musulman mit sur pied des milliers d'hommes, et les immenses travaux des légions romaines furent repris par les croisés. Des Byzantins, des Génois, des Pisans, prirent la direction des ouvrages, et nous voyons reparaître pendant les croisades les camps retranchés, la circonvallation, les tours, les galeries couvertes, etc. Les progrès accomplis à ce moment furent si considérables que la poliorcétique ne reçut aucune modifica-

tion sensible jusqu'à l'époque où l'artillerie apparut dans les sièges pour la première fois.

La querelle des investitures avait empêché Grégoire VII d'entreprendre les croisades. En 1094, Pierre l'Ermite, revenant de Palestine, communiqua au pape son enthousiasme, et Urbain II, au concile de Clermont, décréta la guerre contre les musulmans, maîtres des lieux saints. Une première armée, dirigée par Pierre l'Ermite et Gauthier sans Avoir, fut presque entièrement anéantie; une seconde, composée surtout de chevaliers, rejoignit en 1097 Pierre l'Ermite et ses rares compagnons. Elle avait pour chefs Hugues de Vermandois, Etienne de Blois, Robert de Flandre, Raymond de Toulouse, Bohémond de Tarente, Eustache et Baudoin de Boulogne, tous deux frères de Godefroy de Bouillon, qui descendait de Charlemagne par sa grand'mère, Mahaut de Louvain. La première ville que trouvèrent les croisés fut Nicée, capitale de la Bithynie, dont le siège fut immédiatement entrepris.

Les Turcs Seldjoukides avaient alors pour chef le fils de Soliman, David, surnommé Kilidj-Arslan (épée du lion), homme d'un grand génie et d'une bravoure exceptionnelle. A l'approche des croisés, il avait fait un appel suprême aux défenseurs de l'islamisme et mis garnison dans Nicée, que protégeaient de hautes montagnes, le lac Ascanius, des fossés remplis d'eau, et des murailles élevées, garnies de tours. L'armée chrétienne établit son camp à peu de distance de la ville : chaque corps de nation eut son quartier séparé. Des tentes magnifiquement décorées servaient d'églises, et on ne s'occupa des travaux du siège qu'après avoir assisté à des cérémonies religieuses. Pour les retranchements,

on employa les ossements des premiers croisés, restés sans sépulture aux alentours de Nicée. On se mit à l'œuvre avec une ardeur incroyable, et les Turcs campés sur les montagnes voisines furent effrayés de l'audace de tous ces guerriers armés de lances, d'arbalètes, d'épées, de poignards, de frondes et de massues.

Dans les premiers jours du siège, plusieurs assauts n'eurent aucun résultat. Le courage des Turcs était soutenu par les lettres de Kilidj-Arslan, qui leur représentait l'armée des Franks comme faible, désordonnée et sans expérience des choses de la guerre. Bientôt les musulmans, descendant des montagnes, se précipitèrent sur les quartiers de Godefroy et de Raymond de Toulouse. L'historien arménien, Matthieu d'Edesse, raconte ainsi le combat qui eut lieu : « L'action s'engagea, terrible des deux côtés ; les deux armées se précipitèrent avec rage l'une contre l'autre et se heurtèrent comme des bêtes féroces. Au milieu des éclairs que lançaient les casques reluisants, du craquement des cuirasses brisées et de la vibration des arcs, les infidèles resserrèrent leurs rangs avec une nouvelle ardeur. Les clameurs des combattants ébranlaient la terre, et le sifflement des flèches faisait tressaillir les chevaux. Les plus braves, les héros, se prenaient corps à corps, et, pareils à de jeunes lions, se frappaient à coups redoublés. Cette première journée fut grande et solennelle, car le sultan avait sous ses ordres 600 000 combattants. Mais les Franks triomphèrent, mirent leurs ennemis en déroute et les exterminèrent sans miséricorde sur tous les points. La plaine fut jonchée de cadavres, le butin immense, et les captifs se comptaient par milliers. Les dépouilles, en or et argent, dépassaient toute évaluation. »

Au bout de trois jours, le sultan réunit des forces considérables et recommença l'attaque. La bataille fut plus terrible encore que la précédente. Les infidèles hurlaient, lançaient des flèches, faisaient semblant de fuir et revenaient sur les Franks avec une plus grande impétuosité. Le combat dura jusqu'à la nuit; 2000 chrétiens périrent, mais 4000 musulmans restèrent sur le terrain. On envoya à l'empereur Alexis les têtes de 1000 Sarrasins, et à l'aide de machines on lança le reste dans la ville.

Les croisés profitèrent de leur victoire et de l'éloignement momentané de Kilidj pour activer les travaux du siège. Mais les musulmans se défendirent énergiquement. Parfois ils jetaient sur les travailleurs des corbeaux ou mains de fer, les enlevaient ainsi sur les remparts, les pendaient aux créneaux des tours et rejetaient les cadavres dans le camp des chrétiens. Guillaume de Tyr parle d'un géant qui lançait des quartiers de roche en guise de flèches et qui brava, du haut d'une tour, les efforts combinés des Franks. Loin de l'abattre, les traits, fichés dans son corps comme des épingles dans une pelote, ne faisaient qu'exciter sa colère. Seul Godefroy parvint à le tuer, et ce succès fut pompeusement célébré par les assiégeants.

Cette anecdote, qui nous a tout l'air d'une fable ou d'une légende, n'eut aucun résultat pour la prise de Nicée. Les Sarrasins, qui recevaient des vivres par le lac Ascanius, dont ils étaient maîtres, se sentaient forts, et les choses menaçaient de traîner en longueur, lorsque les croisés eurent l'idée de transporter par terre dans le lac des navires fournis par les Grecs. La ville se trouva donc bloquée de toute part. La femme du sultan,

qui avait essayé de fuir, tomba aux mains des chrétiens, et une tour, dont Raymond avait miné les fondements, s'écroula avec un fracas épouvantable. Au moment où les Turcs découragés allaient peut-être se rendre, un officier de l'empereur Alexis, nommé Butumite, pénétra dans la ville et engagea les assiégés à arborer sur les remparts l'étendard grec. Ce conseil fut écouté et les croisés, après sept semaines de fatigue, durent abandonner Nicée, désormais sous la protection de l'empereur (20 juin 1097). Indignés, ils s'enfoncèrent dans l'Asie Mineure, taillèrent en pièces Kilidj-Arslan à Dorylée ; mais, arrivés dans la *Phrygie brûlante*, ils eurent beaucoup à souffrir de la faim et de la chaleur. Des dissensions mettaient le désordre dans l'armée ; Baudoin, frère de Godefroy, et Bohémond, se disputaient Tarse, et ce fut dans un état misérable que l'on arriva devant Antioche, le 18 octobre 1097.

Antioche, située dans un pays gai et fertile, était entourée de trois montagnes et baignée à l'ouest par l'Oronte. Son territoire constituait le domaine du khan turc Akhy Syan. Le camp des croisés se déploya sous ses murs, et les bataillons chrétiens couvrirent l'immense plaine qu'elle domine. A la nouvelle du siège, les chefs musulmans du voisinage accoururent à marches forcées au secours de la ville. Mais Bohémond et Saint-Gilles s'élancent à la tête de 10 000 hommes dans la province, battent les Sarrasins et les mettent en fuite après un affreux carnage. Soukman, roi de Khelath, ville voisine du lac de Van, et Dhakir-eddin, seigneur de Damas, rassemblèrent les troupes turques de Mossoul et de toute la Babylonie pour venir se mesurer avec les Franks. Godefroy leur livra sur les confins d'Alep une bataille

dans laquelle il faillit périr, mais qui se termina à l'avantage des chrétiens.

Les Francks étaient tellement nombreux qu'une épizootie se déclara en même temps qu'une famine des plus rigoureuses. La plèbe en vint jusqu'au point de se repaître des cadavres des infidèles. Et s'ils rencontraient le corps d'un Sarrasin fraîchement tué, ils le dévoraient avidement, comme s'il se fût agi de la chair d'un animal » (Malmesbury, dans Saville, *Rerum anglicarum scriptores*). On trouve aussi dans la Chanson d'Antioche (ch. v) :

> Richement se conroie li rois et ses barnés,
> Des Turs que ils rotissent est grans li flavis montés ;
> Par la cit d'Antioche en est li cris levés,
> Qui li François menjuent les Turs qu'ils ont tués.

Malgré les vivres fournis aux assiégeants par les chefs arméniens du Taurus et les moines de la montagne Noire, une épidémie ne tarda pas à se faire sentir; sur sept hommes, dit un chroniqueur, il en mourait un. On perdait courage. Guillaume de Melun, las des privations qu'il endurait, et Pierre l'Ermite, se croyant abandonnés de Dieu, se désespérèrent et prirent la fuite. Ils furent rejoints par Tancrède, qui les ramena et fit jurer à Pierre, sur l'Évangile, de ne pas abandonner ceux qu'il avait lui-même entraînés en Orient. Dans ces circonstances critiques, Bohémond déclara que, si on voulait consentir à lui donner la principauté d'Antioche, il se faisait fort d'introduire les troupes dans la ville. Après bien des hésitations, tous, à l'exception de Raymond de Toulouse, finirent par se rendre à cet ambitieux désir. Bohémond avoua alors à

ses compagnons qu'il avait des intelligences avec un habitant d'Antioche, l'Arménien P'irous, fils d'un fabricant de cuirasses, musulman de religion, mais « chrétien de cœur ». P'irous livra en effet à Bohémond la tour dont il avait la garde, à la condition que ses biens paternels lui seraient conservés. Le matin, les Franks, qui avaient pénétré dans la ville, firent retentir leurs trompettes et massacrèrent les musulmans. Le khan Akhy-Syan parvint à s'échapper, mais il fut tué dans sa fuite par des paysans qui lui coupèrent la tête avec une faux. Les mosquées furent converties en églises, des réjouissances eurent lieu pendant quelques jours, et l'étendard rouge de Bohémond flotta sur la plus haute tour des murailles.

Cependant l'élite de la garnison s'était réfugiée dans la citadelle d'Antioche. D'autre part, l'armée de Kerboga, émir de Mossoul au service des sultans seldjoukides de Perse, vint se présenter devant l'armée Franke, suivi des sultans de Damas, d'Alep, de Nicée, et de vingt-huit émirs. Trois jours après la prise d'Antioche, elle arriva sur les bords de l'Oronte, et une avant-garde de 300 cavaliers s'avança pour reconnaître la place. Bientôt les chrétiens, qui assiégaient la citadelle, furent à leur tour assiégés par les Sarrasins. Beaucoup fuyaient loin de la ville, tombaient aux mains des musulmans et reniaient, pour manger, la religion de Jésus. Le comte de Flandre mendiait dans les rues. On n'entendait que des cris de douleur, et Bohémond dut incendier plusieurs quartiers pour faire sortir les soldats de leurs demeures. Kerboga, à qui les Franks avaient demandé la vie sauve et l'autorisation de re-

tourner en Europe, repoussa cette proposition, et la consternation devint générale.

C'est à ce moment que Barthélemi, prêtre du diocèse de Marseille, raconta que saint Pierre lui était apparu et lui avait dit : « Dans l'église, sur la gauche, est déposée la lance avec laquelle le Christ eut son côté immaculé percé par la nation athée des Juifs. Elle se trouve devant l'autel; allez l'en retirer, et, armés de ce signe sacré, marchez au combat. Par lui, vous triompherez des infidèles, comme le Christ de Satan. » Les chefs, Raymond surtout, feignirent de croire à ce miracle. Douze croisés se rendirent au lieu indiqué, dès le matin du troisième jour, et trouvèrent la lance à douze pieds de profondeur. Un enthousiasme inouï s'empara de ces moribonds, et un messager Sarrasin étant venu à cet instant provoquer les Franks au combat, Bohémond fit répondre à l'émir de Mossoul qu'il acceptait son défi pour le lendemain. L'armée fut divisée en douze corps, en mémoire des douze apôtres, et le 28 juin, elle s'avança précédée de Saint-Gilles, qui portait la lance comme un étendard sacré. Le clergé marchait en procession, chantant des psaumes; dans la ville, les femmes et les blessés priaient sur les remparts et les cris : « Dieu le veut! Dieu le veut! » retentissaient dans la plaine.

Kerboga, qui croyait voir venir à lui des suppliants, fut bien étonné de voir le comte de Vermandois tailler en pièces 2000 hommes préposés à la garde du pont d'Antioche. Il se prépara à la lutte en apercevant les troupes frankes se ranger en bataille. L'aile gauche était commandée par Tancrède, l'aile droite par Robert, comte de Normandie, le centre par Godefroy et

Bohémond. Les Sarrasins donnent l'attaque et font une décharge de flèches en poussant des cris sauvages; ils sont repoussés, mais le sultan de Nicée tombe sur les derrières de l'armée chrétienne, et Kerboga fait mettre le feu à des étoupes pour effrayer ses ennemis. Dans leur exaltation, les Francs croient voir un escadron précédé de trois cavaliers vêtus de blanc venir à leur secours : ils s'écrient que le ciel les protège et leur envoie des défenseurs, ils entonnent des cantiques, et fondent sur les infidèles. Kerboga prend la fuite, laissant aux chrétiens 15 000 chameaux, des chevaux, des pierreries et de l'or. Plusieurs musulmans furent tellement étonnés de cette victoire remportée par des hommes exténués sur des troupes fraîches et nombreuses, qu'ils se convertirent au christianisme. Ceux qui étaient dans la citadelle se rendirent à Raymond le jour même, et 500 d'entre eux abjurèrent le Coran.

Les Croisés ne surent pas mettre à profit un succès si remarquable. Au lieu de poursuivre leur marche, ils restèrent six mois à Antioche, où la peste les décima. Lorsqu'ils sortirent de cette ville, ils étaient à peine 50 000. Ils longèrent le rivage de la Méditerranée et passèrent à travers les vallées du Liban, où ils purent un peu réparer leurs forces. Le 10 juin 1099, ils arrivaient sur les hauteurs d'Emmaüs et Jérusalem, la ville sainte, apparaissait à leurs regards. Les cris « Jérusalem! » et « Dieu le veut! » retentissent sur les montagnes de Sion et des Oliviers. Les cavaliers descendent à terre, marchent pieds nus, et embrassent la terre sur laquelle Jésus porta ses pas. Pendant ce temps, Iftikhar-Eddaulah, lieutenant du khalife, approvisionne

la ville, ravage et incendie les villages ou les plaines voisines, fait empoisonner l'eau des citernes. Il envoie quelques détachements en observation, mais Baudoin du Bourg et Tancrède les repoussent et rejoignent le gros de l'armée qui descendait, en chantant un psaume, des hauteurs d'Emmaüs.

Dès le lendemain, les croisés commencèrent les travaux du siège. La vue des lieux saints les transportait de joie, et ils étaient poussés à prendre la ville par les chrétiens qui sortaient de Jérusalem, chassés de leurs maisons par les Sarrasins. Un solitaire du mont des Oliviers, se disant l'interprète de Jésus, enflamma tellement leur courage par ses discours, qu'ils tentèrent un assaut sans avoir à leur disposition la moindre machine de guerre. Au premier signal, on s'avance vers les remparts qu'on frappe à coups de piques ou de marteaux, on lance des flèches, on brave la poix et l'huile que jettent les assiégés. L'avant-mur s'écroule. La seule échelle que l'on possède est fixée à la muraille intérieure, et chacun se précipite pour y monter le premier. Le jour suivant, on se met à la recherche des matériaux nécessaires à la construction des ouvrages : on transporte sous les murs de Jérusalem des poutres découvertes par hasard au fond d'une caverne ; on démolit les maisons et les églises que les infidèles n'ont pas brûlées. Malheureusement un ennemi plus terrible que les Sarrasins exerçait sur les croisés les plus tristes ravages : c'était la chaleur, parvenue à son plus haut point et qui avait tari les sources et les torrents du voisinage. La soif fit presque oublier la faim. On se querellait pour une goutte d'eau croupissante, lorsqu'on rencontrait une flaque ; on creusait le sol pour porter

à ses lèvres une motte de terre fraîche ou humide. Beaucoup se sauvaient dans les ports de Syrie ou de Palestine et retournaient en Europe. Une flotte génoise, arrivée à Joppé, fut surprise par les infidèles, mais on eut le bonheur de sauver quelques munitions et quelques instruments pour construire des machines. Une forêt, découverte entre les vallées de Sichem et de Samarie, fournit des matériaux, et l'on posséda bientôt trois hautes tours à triple étage, des galeries couvertes, des catapultes, des béliers, des claies, des fascines. Gaston de Béarn dirigeait les travaux, et les soldats commencèrent bientôt à saper le pied des murailles.

Les prêtres parcouraient le camp, exhortant chacun à la patience et au courage. Le solitaire du mont des Oliviers conseilla aux croisés, avant de donner l'assaut, de faire une procession solennelle. On l'écouta. On jeûna durant trois jours, après quoi on fit le tour de la ville : les guerriers marchaient pieds nus, la tête découverte, chantant des psaumes ; ils étaient précédés des prêtres, qui portaient les images des saints. Arrivés sur le mont des Oliviers, d'où ils dominaient les plaines de Jéricho, les rives du Jourdain et de la mer Morte, Jérusalem en ruines, ils se sentirent plus que jamais pénétrés de la grandeur de leur mission. Arnoul, chapelain du duc de Normandie, leur adressa un discours ému et les engagea à la concorde. Ceux qui s'étaient brouillés se réconcilièrent et s'embrassèrent ; puis, on redescendit au camp en jurant la ruine des infidèles qui, du haut des murailles, outrageaient des croix qu'ils élevaient en l'air. La nuit se passa en prières, et les chefs décidèrent qu'on donnerait l'assaut dans trois jours.

Le 14 juillet 1099, au lever de l'aurore, les clairons sonnent, les croisés courent aux armes, les machines sont en mouvement, les galeries couvertes s'avancent, les échelles sont disposées le long des murailles. Les assiégés sortent par une brèche faite à leurs remparts, et cherchent à incendier les machines. Le combat dure

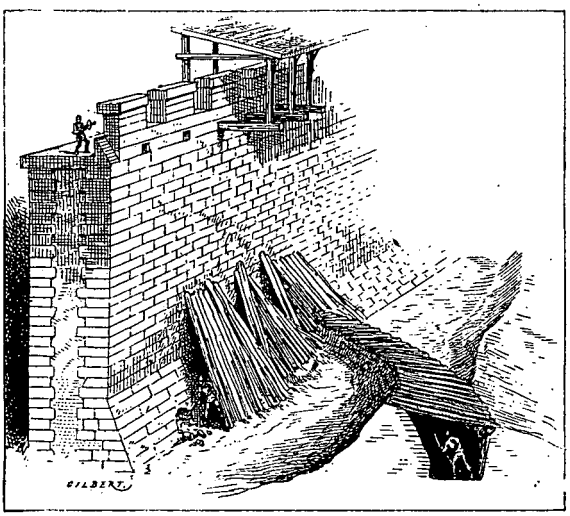


Fig. 11. — On commença à saper au pied des murailles.

jusqu'au soir. Les trois tours tombent en ruine, et après douze heures de lutte chrétiens et musulmans passent la nuit à réparer leurs pertes et les dégâts. Le lendemain, pendant que le clergé fait une procession autour de la ville, les croisés recommencent l'attaque. Une mêlée affreuse a lieu, et l'on rivalise d'ardeur de part et d'autre. A la fin les machines sont en feu ; les

musulmans activent l'incendie avec une substance enflammée que le vinaigre seul a la propriété

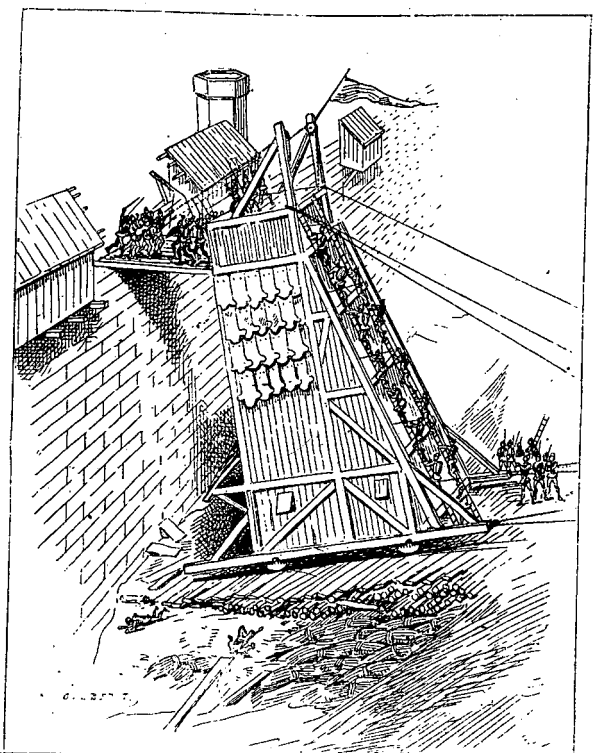


Fig. [illegible]. — Godefroy fit abaisser sur le rempart le pont-levis dont la tour était munie.

d'éteindre; on commence à perdre courage. Tout à coup, un cavalier, agitant un bouclier, apparaît sur le mont des Oliviers; Godefroy et Raymond s'écrient que

Fig. 13. — Les croisés entrent dans la ville par la porte Saint-Étienne.

saint Georges vient à leur aide, et le combat continue plus terrible que jamais. Au milieu d'une grêle de pierres, la tour de Godefroy s'avance près des murs : ce vaillant homme fait abaisser sur le rempart le pont-levis dont la tour était munie, et il se précipite dans la ville avec quelques soldats. Il est bientôt suivi de Tancrède, et tous deux vont ouvrir à leurs frères la porte de Saint-Étienne, qu'ils démolissent à coups de hache (15 juillet 1099).

Les croisés, fatigués de souffrir tant de misères, ne surent pas se contenir, et se livrèrent aux plus déplorables excès. Ils se ruèrent sur les Sarrasins comme un tigre sur sa proie, les massacrèrent et les poursuivirent jusque dans la mosquée d'Omar, où le sang des soldats, des enfants et des femmes, s'élevait, si l'on en croit Foulcher de Chartres, jusqu'aux genoux et aux freins des chevaux.

Ces scènes barbares, interrompues quelques jours, reprirent de plus belle, et tous ceux qui étaient encore dans la ville, qu'ils fussent musulmans ou juifs, furent victimes de la colère des chrétiens. Guillaume de Tyr et Foulcher de Chartres portent à 10 000 le nombre des Sarrasins massacrés dans le temple. Aboulfaradj (*Chron. Syr.*) et Aboulféda affirment que ce nombre fut de 70 000.

Lorsque les rues furent débarrassées des monceaux de cadavres qui les couvraient, la conquête fut organisée. Godefroy, proclamé roi, ne prit que le titre d'*avoué du Saint-Sépulcre*. Un royaume féodal se trouva constitué et soumis à un code de lois que l'on appelle les *Assises de Jérusalem*. D'autres seigneuries furent fondées dans les autres villes dont on s'était

rendu maître. Antioche, par exemple, eut son organisation et ses *assises*. Remarquons en passant que les *Assises d'Antioche*, document d'une grande utilité pour l'histoire de la féodalité et des croisades, ont été conservées en langue arménienne et publiées tout récemment pour la première fois par L. Alishan, Mèkhitariste de Venise.

Les sièges de Nicée, d'Antioche et de Jérusalem, sont les plus célèbres des Croisades. Nous ne pouvons nous occuper ici des sièges secondaires, tels que celui de Damas par Louis VII : outre qu'ils présentent un intérêt nécessairement restreint, nous ne devons pas leur sacrifier des événements plus considérables. Toutefois, nous ne laisserons pas les Croisades sans parler du siège de Ptolémaïs ou Saint-Jean-d'Acre, en 1191.

On sait que Jérusalem était retombée aux mains des infidèles en 1187. L'archevêque Guillaume de Tyr prêcha une nouvelle expédition, qui fut dirigée par Frédéric Barberousse, empereur d'Allemagne, le roi de France, et Richard Cœur de Lion. L'empereur étant mort dès le début de la croisade, Richard et Philippe la continuèrent seuls. Philippe arriva le premier devant Ptolémaïs (Saint-Jean-d'Acre), qui appartenait à Saladin depuis la bataille de Tibériade et que Guy de Lusignan assiégeait avec les débris de l'armée allemande. Au commencement du siège, le roi de Jérusalem n'avait que 9000 hommes, mais l'appel des croisés fut entendu dans toute l'Europe, et il y avait devant Ptolémaïs 80000 soldats, avant même que les trois chefs, alliés contre l'islamisme, eussent fini leurs préparatifs. De son côté, Saladin, rassemblant ses troupes à Damas, traversa l'Anti-Liban et les monts de Galilée, et vint se

placer près de la ville, entre la *mahumeria* (*colline de la mosquée*) et la rivière Bélus.

Les croisés, sans perdre un instant, creusent des fossés, élèvent des tours, préparent leurs machines. Dans un combat qu'ils livrèrent à Saladin, l'infidèle pénétra dans la place, où il laissa l'élite de sa garnison et les braves émirs Karacousch et Melchous, avant de revenir dans son camp. Mais une flotte chargée de chrétiens allemands, et une seconde portant des Danois et des Frisons, arrivèrent à ce moment en rade de Ptolémaïs, et d'autre part, Conrad, marquis de Tyr, fournit des renforts à l'armée assiégeante. Une bataille fut immédiatement décidée. L'aspect des troupes était si redoutable qu'un chevalier s'écria : « La victoire est à nous, si Dieu reste neutre! ». Saladin disposa ses bataillons de manière à enfermer les chrétiens entre le Bélus et la mer pour leur couper la retraite, dans le cas où il serait victorieux. Au premier choc, l'aile droite des musulmans, commandée par Tekki-eddin-Omar, fut enfoncée, et les croisés montèrent sur la mahumeria, où ils plantèrent les étendards chrétiens. Mais, pendant que les assiégeants courent au pillage, Saladin rallie les fuyards, fond sur l'armée chrétienne qu'il disperse, et soutient le choc jusqu'au soir. Le lendemain, effrayé de ses pertes et de l'approche de l'hiver, il se retira sur la montagne de Karouba. Il ne revint qu'au printemps suivant, accompagné des princes musulmans de Syrie et de Mésopotamie.

Son absence permit aux Européens de creuser des fossés, de construire des machines et de hâter les travaux du siège. L'archevêque de Ravenne et l'évêque de

Pise campèrent au nord de la ville ; les Génois occupèrent la colline actuellement appelée *Musard;* les Français et les Anglais se placèrent au centre, à côté des Flamands que commandaient l'évêque de Cambrai et Raymond II, vicomte de Turenne ; enfin Guy de Lusignan eut ses tentes sur la colline de Turon, quartier général de l'armée. De cette manière, la ligne des ondulations qui entourent Ptolémaïs se trouva occupée.

Las de se battre continuellement pour n'obtenir aucun résultat sensible, les chrétiens se présentèrent aux Sarrasins, bien résolus à en finir avec Saladin qui les empêchait de pousser vigoureusement les derniers travaux. Ils repoussèrent bien l'armée musulmane, mais cette fois encore ils volèrent au pillage et donnèrent à leurs ennemis le temps de se rallier et de les tailler en pièces. Sur ces entrefaites, Henri, comte de Champagne, arriva avec une nombreuse escorte. Il précédait Frédéric de Souabe, qui parut bientôt accompagné de 5000 croisés, et qui voulut signaler son arrivée par un combat contre les adversaires du Christ : on se défendit vaillamment de part et d'autre jusqu'au soir, mais personne n'eut l'avantage ; et cependant, la famine se faisait sentir dans le camp des chrétiens : après s'être nourri de chevaux, on mangeait maintenant les cuirs, les harnais, les vieilles peaux. Pour comble de malheur, la plaine était inondée, et l'odeur pestilentielle qu'exhalaient les cadavres restés sans sépulture engendra des maladies contagieuses. Frédéric de Souabe mourut ainsi que Sibylle, femme de Guy de Lusignan, et ses deux fils. Aussitôt Honfroi de Thoron, mari d'Isabelle, sœur de Sibylle, revendiqua ses droits au trône de Jérusalem,

et Conrad de Tyr, par une étrange ambition, résolut tout à coup de demander une couronne qui n'existait plus que de nom. Il fit casser par le conseil des évêques le mariage de Honfroi, qui renonça à ses prétentions, épousa Isabelle, et devint ainsi le rival de Guy de Lusignan, lequel était très disposé à faire valoir ses titres malgré la mort de sa femme. Les croisés, témoins de ces querelles, prirent parti les uns pour Conrad, les autres pour Guy; ils en vinrent bientôt à se détester, à se haïr, et leurs folles disputes permirent aux assiégés de se fortifier et de réparer leurs pertes. Les évêques intervinrent; ils rappelèrent aux chrétiens leur véritable mission, et décidèrent les adversaires à soumettre le différend au jugement de Philippe et de Richard.

Philippe, comme nous l'avons dit, arriva le premier devant Ptolémaïs (8 juin 1191). Il fut bientôt rejoint par Richard, qui venait d'épouser Bérengère de Navarre. Le roi de France se déclara pour Conrad, le roi d'Angleterre pour Guy de Lusignan. La discorde augmenta; les partisans de Richard déposaient leurs armes toutes les fois que Philippe dirigeait une attaque, et les musulmans n'eurent plus à combattre que la moitié des chrétiens au lieu d'avoir à soutenir le choc irrésistible de deux armées. Au milieu de ces rivalités, les chefs de la croisade tombèrent malades; tous deux reçurent de Saladin des rafraîchissements. Ce fait montre que la guerre entre chrétiens et musulmans était moins impitoyable qu'à l'époque de la première croisade; on n'avait plus l'un pour l'autre cette haine fanatique des anciens jours. Dans l'intervalle des combats on joutait ensemble; « les troubadours et les jongleurs mêlaient leurs *cançons*

aux *gazzels* des lauréats du Kaire, la métropole des lettres orientales ».

Pour faire cesser des discussions qui n'avaient d'autre résultat que de retarder l'issue du siège, on s'arrêta à un moyen terme; on décida que Guy jouirait de son titre jusqu'à sa mort, et que Conrad hériterait alors de la couronne. Puis on résolut d'oublier toutes ces haines si contraires à l'esprit de la religion chrétienne, et de n'avoir désormais qu'un but : la ruine des Sarrasins. Des assauts continuels furent donc tentés ; mais ils échouèrent tous, parce que Saladin profitait du moment où les croisés attaquaient la garnison pour se jeter sur le camp chrétien. Philippe, fatigué d'attendre et jaloux de Richard, dont la fougue contrastait si fort avec son caractère indolent, ne voulut pas attendre la fin du siège. Quelques jours avant son départ, qui eut lieu le 31 juillet, la garnison consentit à se rendre, si on garantissait la vie sauve aux assiégés, mais Philippe rejeta cette condition et demanda toutes les villes tombées au pouvoir des infidèles depuis la bataille de Tibériade.

Le désespoir donna des forces aux assiégés. Le chevalier de Bonaguisi prit bien un étendard musulman, Albéric Clément parvint à escalader les remparts, mais l'assaut fut repoussé. Bientôt la garnison, en proie à la plus horrible famine, désespérant d'être secourue, ouvrit ses portes aux croisés. Il fut stipulé que les assiégés demeureraient comme otages pendant quarante jours entre les mains des vainqueurs; que Saladin rendrait la vraie croix, prise à la bataille de Tibériade; donnerait aux chrétiens 1700 captifs et leur payerait 200 000 pesants d'or (1 800 000 francs). Si toutes ces condi-

tions n'étaient pas remplies à l'expiration des quarante jours, les captifs deviendraient l'absolue propriété des rois Philippe et Richard.

Le quarantième jour, le traité n'avait pas reçu sa complète exécution : Richard eut la barbarie de faire décapiter 2600 musulmans (20 août 1191).

XVI

Sièges de Béziers (1209) et de Toulouse (1211 et 1219).

Lorsque le pape Innocent vit les progrès de l'hérésie des Albigeois, il envoya à Raymond VI son légat Pierre de Castelnau pour prier le comte de Toulouse d'expulser les hérétiques. Raymond VI n'ayant fait aucun droit à la requête de Castelnau fut excommunié, mais un chevalier se mit à la poursuite du légat et l'égorgea au passage du Rhône. Vraisemblablement, le comte de Toulouse n'avait point ordonné ce meurtre. Néanmoins, les moines de Cîteaux prêchèrent une croisade d'extermination et trois armées, dirigées par Simon de Montfort, envahirent le Midi. Ce fut le 22 juillet 1209 que les croisés arrivèrent devant Béziers : cette ville contenait en ce moment 60 000 âmes, car les catholiques chassaient devant eux les paysans, qui se réfugiaient dans la ville. L'abbé de Cîteaux, remplissant les fonctions de légat, reçut presque en même temps des secours de la Guyenne, du Limousin, du Poitou, du Quercy, de l'Auvergne, de l'Agenais. Il réunit en assemblée les chefs de la croisade, et il fut décidé que les gens de Béziers seraient, sous peine d'excommunication, sommés de livrer tous les Albigeois réfugiés dans leur ville. L'évêque Réginald de Monpeyroux fut chargé de cette mission : on l'accueillit très respectueusement, mais on

s'indigna à la pensée de livrer les hérétiques à Simon de Montfort.

Les bourgeois de Béziers se réunirent immédiatement et délibérèrent sur les mesures à prendre pour sauver les Albigeois. Pendant qu'ils discutaient, quelques soldats de la garnison sortirent pour escarmoucher autour du camp ennemi; ils furent aperçus par les *goujats* et les *ribauds* de l'armée, qui les poursuivirent et donnèrent l'alarme. Les croisés attaquèrent la ville sur tous les points; bientôt ils franchirent le fossé et escaladèrent la muraille. Durant trois heures, les gens de Béziers se défendirent avec une rare énergie; à la fin, le nombre l'emporta et les catholiques, se répandant dans les rues, y commirent les plus tristes excès; les prêtres élevaient leurs croix en l'air pour exciter les fidèles au carnage. Personne ne fut épargné. Les uns se réfugièrent dans la cathédrale de Saint-Nazaire, dont les chanoines firent sonner les cloches pour rappeler les croisés à la clémence. Les autres se réfugièrent dans l'église de la Magdelaine; ils y furent, paraît-il, tous massacrés, au nombre de sept mille. Lorsque la ville fut littéralement inondée de sang, elle fut brûlée et réduite en cendres par ordre du légat: un cordon de troupes entoura Béziers pour que personne ne pût sortir. Guillaume le Breton raconte qu'avant le carnage les croisés, ne sachant comment distinguer les Albigeois des catholiques, demandèrent à l'abbé de Cîteaux quelle conduite ils devraient tenir, si la ville était prise d'assaut: « *Tuez-les tous*, répondit l'abbé; *Dieu connaît ceux qui sont à lui!* » Cette intolérance coûta la vie à 60 000 hommes, si l'on en croit la chronique d'Albéric.

De Béziers, on marcha sur Carcassonne, qui succomba à son tour. Mais bientôt Raymond VI, auquel les légats avaient fait des propositions de paix inacceptables, se mit en état de défense et forma une ligue dans laquelle entrèrent les seigneurs voisins. Simon de Montfort, maître de Lavaur, marcha à grandes journées sur Toulouse : il répondit aux députés de cette ville que les habitants auraient la paix, s'ils voulaient consentir à se délier du serment de fidélité à leur seigneur. Cette proposition fut repoussée avec indignation, et l'évêque Foulques ordonna au clergé de sortir d'une cité qui soutenait ouvertement les hérétiques.

Les croisés passèrent la petite rivière de l'Hers, à une demi-lieue au-dessous de Montaudran. Dès qu'ils furent arrivés devant les murailles, ils dirigèrent leurs attaques contre le faubourg situé près de l'abbaye Saint-Sernin. Mal leur en prit : Raymond Roger, comte de Foix, et beaucoup d'autres vaillants chevaliers, se mirent à la tête de la garnison, et dans de fréquentes sorties firent éprouver aux soldats du pape des pertes sérieuses. Bref, au bout d'un mois, Montfort, désespérant de prendre Toulouse, leva le siège le 29 juin 1211.

C'était là un beau succès. Malheureusement la bataille de Muret, où périt Pierre II d'Aragon (1213), décida du sort du midi de la France, et deux ans plus tard le concile de Latran confirma les décisions de Montfort. Raymond demanda une audience du pape, qui lui montra une vive sympathie, mais ne fit rien pour lui. Cependant, depuis le concile, les princes du nord n'envoyaient plus de secours à Simon, qui se trouva pour ainsi dire abandonné à ses propres ressources. Aussi, lorsque Raymond débarqua avec son fils sur les

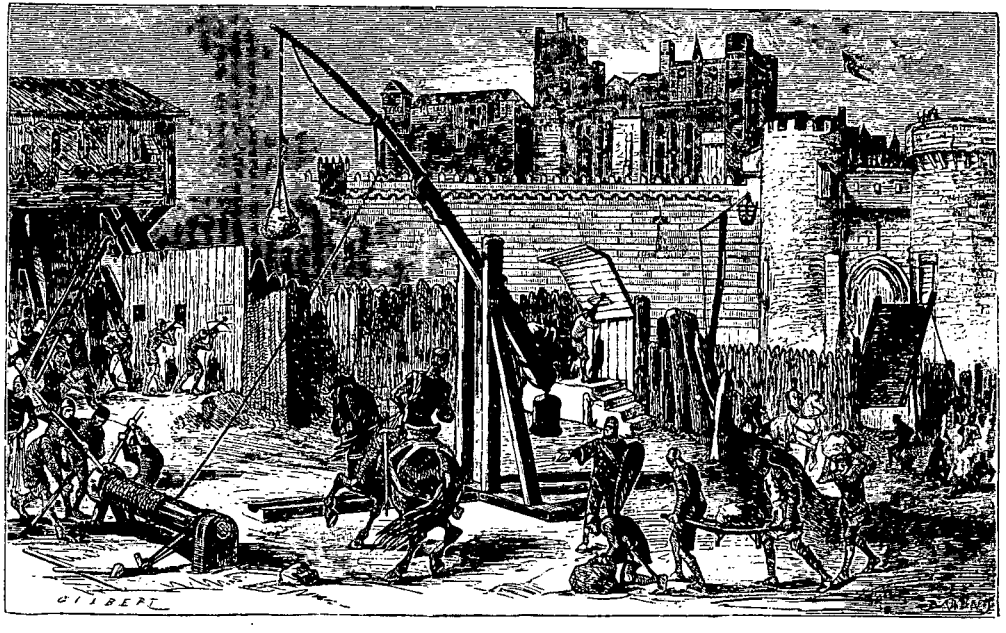


Fig. 14. — Les Croisés attaquèrent la ville de Béziers sur tous les points.

côtes de la Méditerranée, il fut accueilli avec enthousiasme par les gens de Marseille et d'Avignon. Les

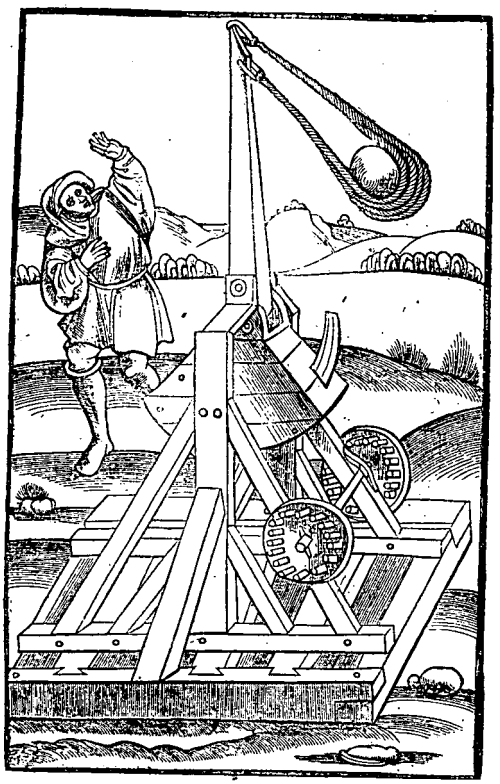


Fig. 15. — Machine de jet en exercice.

seigneurs provençaux vinrent en foule mettre leur épée au service du jeune Raymond (VII), et Beaucaire tomba aux mains du fils pendant que le père parcourait les

provinces et levait des troupes en Aragon. Peu à peu le comte de Toulouse recouvra ses domaines, et les croisés furent chassés de leur camp du Château-Narbonnais : ils avaient inutilement assiégé de nouveau Toulouse pendant neuf mois, et une pierre lancée d'un mangonneau avait mortellement blessé Simon de Montfort (1217). Le fils de ce dernier, Amaury, avait pris la fuite avec ses troupes, après avoir mis le feu à son camp.

Les Méridionaux triomphaient, lorsque dans les premiers jours du printemps de l'année 1219 Louis, fils aîné de Philippe-Auguste, vint secourir Amaury de Montfort et le rejoignit dans l'Agenais. Après la bataille de Basiège, Louis marcha vers Toulouse, où il arriva le 16 juin, et qu'il commença à assiéger. Il avait espéré prendre la ville d'assaut, mais quarante-cinq jours se passèrent en combats inutiles. Le prince, perdant patience, leva le siège le 1er août, abandonnant toutes ses machines et ne laissant à Amaury que deux cents chevaliers.

Philippe-Auguste refusa d'acheter à l'héritier de Simon de Montfort les conquêtes qu'il possédait dans le Midi. Louis VIII ne devait pas suivre la même politique, car il soumit à son autorité tout le pays situé à l'ouest du Rhône, à l'exception de Toulouse et de la Guyenne [1].

[1] V. Dom Claude de Vic et Dom Vaissette, *Histoire générale du Languedoc;* — Cayla et Perrin, — Paviot, *Histoire de Toulouse:* — d'Aldéguier, *Histoire de Toulouse.*

XVII

Le siège de Calais.

(1346-1347.)

Edouard III, vainqueur à Crécy, jugea prudent de s'assurer d'une ville sur la mer où il pourrait à son gré faire débarquer les troupes anglaises. Calais, à 28 kilo-

Fig. 16. — Sceau d'Édouard III.

mètres de Douvres, lui parut devoir remplir toutes les conditions désirables, et fut assiégée huit jours après la défaite de Philippe VI (3 septembre 1346).

Calais, qui avait alors pour gouverneur le chevalier

bourguignon Jean de Vienne, était défendue par une nombreuse garnison, bien décidée à lutter jusqu'au bout. En présence de cette détermination, Édouard pensa avec raison qu'il ne prendrait pas la ville par des assauts, mais par la famine, et il fit élever entre Calais, la Maye et le pont de Nieulay, une véritable ville en bois qu'il appela *Ville-neuve-la-Hardie :* hôtels, maisons, marchés, halles de draps ou de pain, merceries, boucheries, tout ce qui, en un mot, se trouve habituellement dans une ville, se rencontra dans le camp des Anglais, qui purent de cette manière attendre patiemment que la faim obligeât les Français à capituler.

Jean de Vienne fit aussitôt sortir de la ville environ 1700 bouches inutiles, mais, si l'on en croit Knighton, le roi d'Angleterre leur refusa le passage et les laissa mourir de faim entre Calais et son camp. Les assiégés, qui espéraient toujours voir arriver l'armée française, n'en continuèrent pas moins leur résistance durant l'hiver et le printemps; ils étaient secourus par les Picards des côtes et les marins normands, qui faisaient entrer par mer dans la place des vivres et des munitions. Édouard, pour priver les Calaisiens de cette dernière ressource, fit élever sur l'emplacement du fort moderne de Risbank un château en bois, muni d'artillerie : dès lors, aucun navire ne pénétra dans le port et la famine se fit sentir.

Jean de Vienne adressa à Philippe VI, au mois de juin, une lettre pressante : « Tout est mangé, lui disait-il, chiens et chats et chevaux, et de vivres nous ne pouvons plus trouver en la ville, si nous ne mangeons chair de gens..... Si nous mourons pour vous, tenez-en compte à nos enfants. » Philippe aurait bien voulu

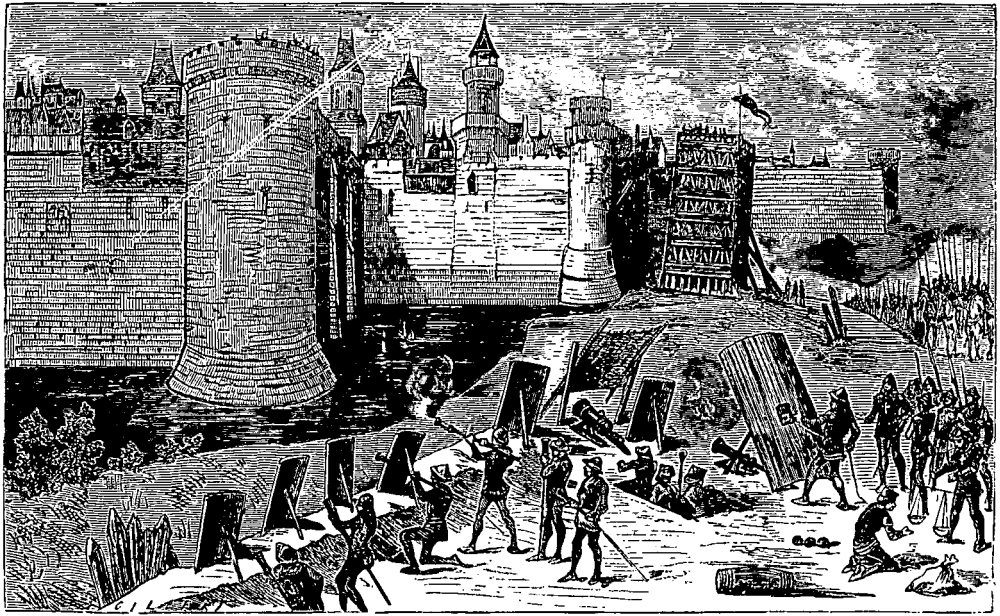


Fig. 17. — Les Anglais devant Calais.

secourir la place, mais il manquait d'argent pour subvenir aux besoins d'une armée. Les états généraux, réunis à Paris, lui accordèrent un subside, et l'armée, convoquée pour le 20 mai 1347, se mit en marche au milieu de juillet. Philippe trouva les Anglais protégés par une flotte du côté de la mer, par des marais du côté de la terre. Lorsqu'il vit que, malgré ses offres brillantes, les Flamands ne voulaient pas lui laisser prendre la route de Gravelines, il s'avança par le chemin de Boulogne jusqu'au mont de Sangatte, entre Calais et Wissant. Là, les deux maréchaux de France se trouvèrent trop faibles pour attaquer la *Ville-neuve-la-Hardie*, et Philippe congédia ses troupes (2 août 1347), après avoir inutilement proposé à Édouard III de lui restituer le Ponthieu et la partie de la Guyenne que possédait l'Angleterre avant Philippe le Bel.

Lorsque les Calaisiens virent s'éloigner cette armée, leur dernier espoir, ils comprirent qu'il ne leur restait plus qu'à se rendre. Le gouverneur Jean de Vienne monta sur les murs de la ville et fit signe aux Anglais qu'il voulait leur parler. Édouard envoya messire Gautier de Mauny, et Jean demanda à ce seigneur de laisser la vie sauve aux assiégés, moyennant quoi Calais capitulerait. Le roi d'Angleterre refusa tout d'abord de consentir à cette condition, mais, sur les instances de ses officiers, il finit par dire au sire de Mauny :

« Gautier, vous en irez à ceux de Calais, et direz au capitaine que la plus grande grâce qu'ils pourront trouver ni avoir en moi, c'est que ils partent de la ville de Calais six des plus notables bourgeois, en purs leurs chefs et tous déchaux, les harts au col, les clefs de la ville et du châtel en leurs mains; et de

ceux je ferai ma volonté; et le demeurant je prendrai à merci ».

Jean de Vienne fit sonner les cloches, rassembla les Calaisiens dans la halle et leur apprit la réponse d'Édouard. Au moment où la foule éclatait en sanglots, Eustache de Saint-Pierre, le plus riche bourgeois de la ville, s'écria : « Seigneurs, grand'pitié et grand meschef seroit de laisser mourir un tel peuple que ici a, par famine ou autrement, quand on y peut trouver aucun moyen; et si seroit grand'aumône et grand'grâce envers Notre-Seigneur, qui de tel meschef le pourroit garder. Je, en droit moi, ai si grand'espérance d'avoir grâce et pardon envers Notre-Seigneur, si je meurs pour ce peuple sauver, que je veux être le premier; et me mettrai volontiers en pur ma chemise, à nud chef, et la hart au col en la merci du roi d'Angleterre.» Aussitôt Jean d'Aire, Jacques et Pierre de Vissant et deux autres se présentèrent pour accompagner Eustache de Saint-Pierre. Le gouverneur les conduisit à Gautier de Mauny, qui attendait entre la porte et les barrières, et tous les six se présentèrent au roi d'Angleterre pour sauver leurs concitoyens. Ce dévouement toucha les chevaliers anglais qui prièrent Édouard, les larmes aux yeux, de ne pas ternir sa réputation en faisant mourir des hommes si généreux, mais le roi serait resté inflexible sans l'intervention de la reine. Philippine de Hainaut, sur le point de donner un héritier à Édouard, supplia son mari d'épargner les bourgeois « pour le fils de sainte Marie et pour l'amour d'elle. » Le roi céda aux prières de la reine, qui renvoya les Calaisiens après les avoir fait manger et leur avoir donné à chacun six pièces d'or.

Le lendemain Édouard entra dans la ville qu'il repeupla d'Anglais (6 août 1347). Jean de Vienne et les autres chevaliers furent envoyés en Angleterre ; le reste de la population fut chassé de Calais.

Le dévouement d'Eustache de Saint-Pierre ne se trouve mentionné ni dans la Chronique de Saint-Denis,

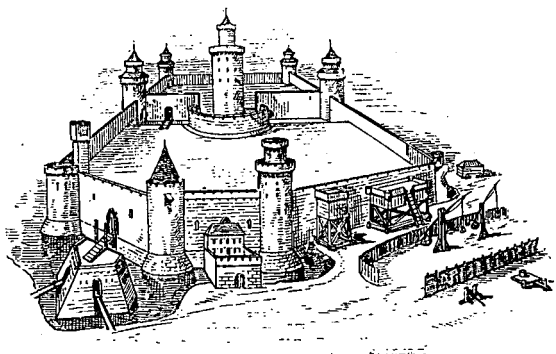


Fig. 18. — Fortification d'une place au XIVe siècle.

ni dans Villani, ni dans Avesbury. D'après le savant Bréquigny, Eustache aurait entretenu des relations avec les Anglais et déterminé ses concitoyens à se rendre. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'Eustache devint le fidèle sujet d'Édouard III, qui lui accorda une pension et lui rendit une partie de ses biens.

XVIII

Le siège de Melun.

(1420.)

Avant l'emploi de l'artillerie dans les sièges, les machines dont on se servait étaient au nombre de deux principales : le *trébuchet* et l'*arbalète à tour*.

Le *trébuchet* était composé d'une longue poutre, appelée *verge* ou *flèche*, tournant autour d'un axe horizontal porté par des montants. A l'une des extrémités de la verge on fixait un contre-poids; à l'autre, une fronde contenant le projectile à lancer (pierres, tonneaux remplis de feu grégeois, fer rouge, etc.).

L'*arbalète à tour* était une arbalète dont l'arc, fait de bois, de corne ou d'acier, mesurait environ 10 mètres, et qui, selon les calculs du colonel Dufour, pouvait lancer à 800 mètres des traits pesant un demi-kilogramme.

Au treizième siècle, l'usage de la poudre se répandit en Europe. Au quatorzième se produisit l'apparition des bouches à feu, et au commencement du quinzième, l'artillerie fut définitivement employée en Italie, en Angleterre, en France, en Flandre et en Allemagne. Les premiers canons en usage furent de très petit calibre : on voit, à l'arsenal de Venise, une bombarde attribuée à Victor Pisani et dont on se servit en 1385, au siège de Chioggia ;

elle est en tôle et recouverte de cordes goudronnées et de cuir.

En même temps que l'artillerie apparaissait dans les sièges, la poliorcétique se perfectionnait rapidement, et on employait un système d'investissement régulier. Ce système se trouve décrit par Juvénal des Ursins

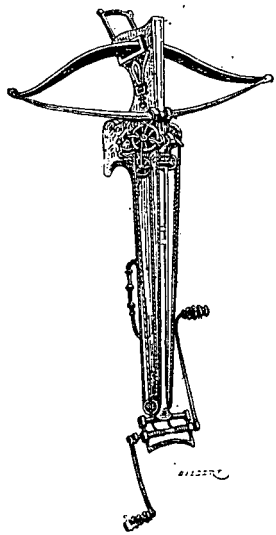


Fig. 19. — Arbalète à tour.

(*Histoire de Charles VI*) à propos du siège de Melun, et cela explique pourquoi nous mentionnons ce siège peu important au point de vue de l'histoire générale. On peut résumer en quelques mots la manière dont on se servit alors pour prendre une ville :

1° Tracer des fossés de contrevallation autour de la ville ;

2° Élever de distance en distance des *bastides* ou petits camps retranchés;

Fig. 20. — Canon à boîte.

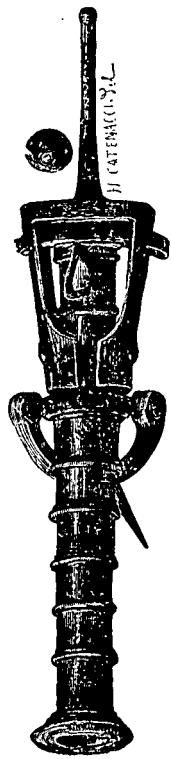


Fig. 21. — Canon d'une seule pièce.

3° Établir les canons sur des épaulements et pratiquer des brèches;

4° Ouvrir des boyaux de tranchée;

5° Faire jouer la mine.

Remarquons que les Anglais reprirent identiquement à Orléans (1428-29) les travaux exécutés au siège de Melun, en 1420, par le roi Henri V, un an après l'assassinat de Jean sans Peur. Les Anglais, qui s'étaient facilement emparés de Sens, de Montereau, ne s'attendaient pas à trouver tant de résistance devant Melun, dont les habitants s'avouaient fièrement « bons et loyaux Français, et au roi de France ». Le seigneur de Barbasan se signala surtout par son courage, et il fut admirablement secondé par Louis Juvénal des Ursins, par Nicole de Giresme, Gilles d'Escheviller, bailli de Chartres, Denys de Chailly, etc. Des deux côtés, on commença par tirer « des coups de canon et d'arbalète », et un religieux de Saint-Augustin, qui se trouvait dans la ville, « fit merveille contre les assiégeants et en tua un grand nombre ». Le Dauphin essaya bien de secourir la place, mais les prodigieux travaux accomplis par les Anglais et les Bourguignons l'effrayèrent tellement que les troupes revinrent sans avoir rien fait. Melun se défendait toujours avec la même énergie, bien qu'en plusieurs endroits les murs se fussent écroulés sous les coups des canons ennemis. Sur ces entrefaites, le *Duc Rouge de Bavière*, récemment arrivé devant la ville, persista, malgré les avis du roi d'Angleterre, à vouloir donner l'assaut aux gens de Melun; il fut repoussé et taillé en pièces par un détachement de la garnison, qui sortit tout à coup d'une poterne.

« Quand donc les Anglois et Bourguignons virent et cogneurent — nous dit des Ursins — que par assaut on ne les auroit pas, ils firent miner en divers lieux, de quoy se doutoient bien ceux de dedans : pour la-

quelle cause ils firent diligence d'écouter ès caves, s'ils oirroyent rien et s'ils n'entendroient point que on frappast sur pierres, ou quelque bruit, ou son ». Les assiégés se mirent aussitôt à contre-miner, on se rencontra, et on se battit à outrance dans les mines : Remond de Lore et Louis des Ursins y vainquirent deux Anglais.

Cependant les Français « estoient réduits à grandes detresses et extremitez de vivres... ; ils avoient bien esté un mois sans pain et ne mangeoient seulement que chair de cheval, qui est une chose peu ou point nourrissante ». Dans cette circonstance critique, ils demandèrent à capituler et il fut convenu « qu'ils s'en iroient sauves leurs vies et sans estre mis à aucune rançon ou finance ». Le seigneur de Barbasan et douze notables guerriers furent retenus comme otages, et les habitants se disposèrent à sortir de la ville. Mais le roi d'Angleterre, interprétant en mauvais sens les clauses de la capitulation, leur déclara « qu'ils s'en iroient sauves leurs vies, non mie où ils voudroient, mais aux prisons du Roy à Paris ».

Les otages et plusieurs soldats furent jetés dans des cachots et traités avec la dernière rigueur.

XIX

Siège d'Orléans.

(1428-1429.)

A la mort de Charles VI, deux princes furent appelés à lui succéder. Le premier, Henri VI d'Angleterre possédait en France les pays situés au nord de la Loire et au sud de la Garonne. Le second, le Dauphin Charles, ne conservait que la Touraine, l'Auvergne, l'Orléanais, le Berry, le Bourbonnais, le Languedoc, le Dauphiné et le Lyonnais.

Bedford, oncle et tuteur du roi d'Angleterre, fit alliance avec les ducs de Bretagne et de Bourgogne, et résolut d'achever la conquête de la France, épuisée par les désastres de Crécy, de Poitiers et d'Azincourt. Pour s'emparer aisément des pays du centre, il fallait tout d'abord songer à prendre Orléans, véritable chef-lieu de la France restée française, dernier obstacle qui pût arrêter l'envahissement des Anglais.

Dans l'été de 1428, le duc de Bedford confia donc dix mille hommes au général Salisbury, qui se mit aussitôt en campagne et se rendit maître des villes secondaires voisines d'Orléans : Rambouillet, Rochefort, le Puiset, Meung, Baugency, Jargeau, Châteauneuf. Puis, passant la Loire à Olivet, il arriva devant Orléans, le 12 octobre 1428.

Les Orléanais avaient prévu cette attaque. Ils avaient voté une taxe, rasé le faubourg du Portereau, détruit les arbres et les vignes à une lieue à la ronde, reçu des secours de Bourges, de Poitiers, de Blois, de La Rochelle. Enfin, les états généraux convoqués par Charles VII ordonnèrent à tous les Français de concourir à la défense de la patrie.

La tête du pont d'Orléans, du côté de la rive gauche,

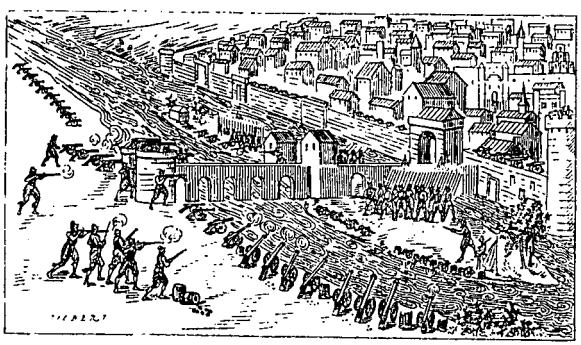


Fig. 22. — Siège d'Orléans.

était défendue par un fort élevé sur la culée même du pont, et dont les approches étaient couvertes par le boulevard des *Tournelles*. C'est sur ce point que Salisbury dirigea ses efforts. Il fit élever un retranchement sur les ruines du couvent des Augustins, bombarda les remparts et y pratiqua une brèche par laquelle les Anglais se précipitèrent pour donner un premier assaut. La résistance des assiégés fut admirable : une avalanche de pierres, de pots à feu, d'huile bouillante, de cendres chaudes, tomba sur les assaillants ; les femmes

mêmes prirent part à la lutte ou apportèrent aux combattants des vivres pour les réconforter. Salisbury fit sonner la retraite, mais il parvint, après de nouvelles attaques, à s'emparer du fort des Tournelles. Une fois maître de la tête du pont, il résolut de construire des forts tout autour de la ville pour intercepter les communications entre les assiégés et le reste de la France. Un jour qu'il examinait, du haut des Tournelles, les travaux des Orléanais, il fut atteint par un éclat de pierre qui lui fracassa le visage. Transporté à Meung, il expira quelques jours plus tard après avoir recommandé la continuation de ses plans aux officiers de l'armée anglaise.

Son successeur, le comte de Suffolk, laissa quelques détachements sur la rive gauche de la Loire et conduisit au nord du fleuve la plus grande partie de l'armée. Puis il fit bâtir en face des principales routes treize *bastides* (camps retranchés) reliées entre elles par soixante redoutes : de cette manière, Orléans, primitivement attaquée du seul côté de la Sologne, se trouva entièrement investie (décembre 1428). Les hostilités continuèrent pendant tout l'hiver. Des assauts et des sorties, voilà ce que l'on trouve, durant cette saison, dans le journal du siège, qui nous apprend aussi que les Orléanais, joyeux malgré leurs infortunes, envoyèrent aux Anglais des violons pour les distraire. Il est vrai que William Stuart, frère du connétable d'Écosse, le sire d'Albret, la Hire, Gilbert de la Fayette, étaient venus au secours de la ville, et que dans la nuit du 8 au 9 février (1429) 2000 soldats avaient traversé la ligne d'investissement et pénétré dans Orléans.

A ce moment, on apprit que le duc de Bedford en-

voyait de Paris à l'armée anglaise un convoi composé surtout de barils de harengs, à cause du carême. Le comte de Clermont partit aussitôt de Blois avec 3000 hommes pour enlever ce convoi et vaincre le capitaine Fastolf qui l'escortait, pendant qu'un détachement, sortant de la ville, allait prendre part à l'attaque. On atteignit les Anglais à Rouvray, entre Orléans et Etampes (12 février 1429). Fastolf éleva avec ses chariots une sorte de barricade, derrière laquelle il forma un retranchement au moyen de pieux aiguisés. Le manque de discipline coûta cher aux Français : plusieurs de leurs chefs restèrent sur le champ de bataille, et 500 hommes seulement revinrent dans la ville. On donna à cette défaite le nom significatif de *Détrousse des harengs*.

Comptant peu sur le roi, les Orléanais s'adressèrent au duc de Bourgogne Philippe. Ils lui offrirent « de remettre leur ville en séquestre dans ses mains, si le régent anglais voulait leur accorder trêve », et le supplièrent de ne pas abandonner à l'étranger l'héritage de son cousin le duc d'Orléans. Philippe reçut les messagers avec une grande déférence. Il se rendit avec eux à Paris, où il s'entretint verbalement avec Bedford, mais le régent accueillit fort mal cette proposition et répondit sèchement à Philippe qu'il n'entendait pas battre les buissons pour que d'autres mangeassent les oisillons. Le duc de Bourgogne froissé envoya avec les députés un trompette qui rappela ses vassaux et adhérents. L'armée ennemie se trouva diminuée de 1500 hommes environ, ce qui ne l'empêcha pas de repousser une furieuse sortie des Orléanais, le 18 avril 1429.

Dès lors, tout sembla perdu. La bourgeoisie, la noblesse, le clergé, étaient impuissants; le roi se deman-

dait s'il ne renoncerait pas à sa couronne pour aller vivre en Espagne ou en Écosse; la France allait devenir anglaise. A ce moment, la voix de Jeanne Darc se fit entendre, et la vierge de Lorraine communiqua à sa patrie expirante son souffle patriotique et revivifiant!

« En l'an dessus dit, vint devers le roi Charles de France, à Chinon (6 mars 1429), où il se tenoit, une pucelle, jeune fille âgée de vingt ans environ, nommée Jeanne, laquelle étoit vêtue et habillée en guise d'homme; et étoit née des parties entre Bourgogne et Lorraine, d'une ville nommée Droimy, assez près de Vaucoulour; laquelle pucelle Jeanne fut grand espace de temps chambrière en une hôtellerie, et étoit hardie de chevaucher chevaux et les mener boire, et aussi de faire appertises et autres habiletés que jeunes filles n'ont point accoutumé de faire. Et fut mise à voie et envoyée devers le roi par un chevalier nommé messire Robert de Baudricourt, capitaine, de par le roi, de Vaucoulour, lequel lui bailla chevaux et quatre ou six compagnons. Si se disoit être pucelle inspirée de la grâce divine, et qu'elle étoit envoyée devers icelui roi pour le remettre en la possession de son royaume, dont il étoit enchassé et débouté à tort, et si étoit en assez pauvre état. Si fut environ deux mois en l'hôtel du roi dessus dit, lequel par plusieurs fois elle admonestoit par ses paroles qu'il lui baillât gens et aide, et elle rebouteroit ses ennemis et exhausseroit sa seigneurie » (Monstrelet, ch. LVII).

M. de Richemond, archiviste de la Charente-Inférieure, a découvert dans un manuscrit de la bibliothèque de La Rochelle, le *Livre Noir*, un portrait contemporain de Jeanne Darc, qui a été reproduit dans la *Revue His-*

torique par M. Jules Quicherat. Le chroniqueur rochelais du quinzième siècle décrit ainsi la Pucelle lorsqu'elle arriva à la cour de Charles VII : *pourpoint noir, chausses estachées, robe courte de gros gris noir, cheveux ronds*[1] *et noirs, et un chapeau noir sur la tête.* D'après lui, l'étendard de Jeanne « portait un Saint-Esprit d'argent en champ d'azur, l'oiseau tenant en son bec une banderole avec ces mots : *De par le Roy du Ciel* ». M. Quicherat prétend que cette relation peut figurer comme la première en date dans la série des chroniques relatives à la Pucelle.

Charles VII, après quatre jours d'hésitation, avait consenti à recevoir Jeanne, qui lui dit : « Gentil Dauphin, le roy du ciel m'a envoyée pour vous secourir, s'il vous plaît me donner gens de guerre. Par grâce divine et force d'armes, je ferai lever le siège d'Orléans et vous mènerai sacrer à Reims. » Le roi et son conseil ne la croyaient guère et la considéraient « comme une folle dévoyée de sa santé » ; mais à la fin Charles envoya Jeanne à Poitiers, où une commission de théologiens et de magistrats interrogea la Pucelle pendant quinze jours et déclara que sa *charge* (mission) ne lui venait pas de Satan. Enfin, vers le milieu d'avril, Jeanne fut ramenée à Chinon. Le roi résolut de lui confier une troupe armée, lui donna un écuyer, un page, deux hérauts, un étendard, et la future libératrice d'Orléans se mit en route le 27 avril, avec 4 ou 5000 hommes, en même temps qu'elle envoyait aux Anglais une sommation datée du 22 mars :

[1] Suivant la coutume du temps, les cheveux de Jeanne étaient coupés *en rond*, c'est-à-dire de manière à former une sorte de calotte posée sur le crâne.

« Au duc de Bethfort, soi disant régent le royaume de France ou à ses lieutenans estans devant la ville d'Orléans :

« Roi d'Angleterre, et vous, duc de Bethfort qui vous dites régent le royaume de France, et vous, Guillaume, comte de Suffolk, rendez à la pucelle cy envoyée de par Dieu le roi du ciel les clefs de toutes les bonnes villes que vous avez prises ou violées en France. Elle est toute preste de faire paix, si vous lui voulez faire raison et quitter la France. Et vous, archers et compagnons de guerre, qui estes devant Orliens, allez-vous-en en votre pays, de par Dieu, et si ainsi ne le faites, attendez les nouvelles de la Pucelle qui vous ira voir brièvement à vostre bien grand dommage. Roi d'Angleterre, si ainsi ne le faites, ie suis chef de guerre, et en quelque lieu que ie atteindrai vos gens en France, ie les en ferai partir qu'ils veuillent ou non. Je suis envoyée de par Dieu pour vous mettre hors de toute la France. Si vous en voulez croire les nouvelles de par Dieu et Jeanne, aux coups verra-t-on qui aura meilleur droit de Dieu ou de vous. Et faites réponse si vous voulez paix dans la cité d'Orliens, et si ainsi ne le faites de vos grands dommages vous souvienne avant peu! ».

Les capitaines qui accompagnaient Jeanne Darc n'avaient en elle qu'une confiance limitée. Aussi la conduisirent-ils du côté de la Sologne, où les Anglais étaient en très petit nombre. Elle s'embarqua à Chessi, à deux lieues au-dessus d'Orléans, avec un convoi de vivres et 200 chevaux sur une flottille conduite par Dunois, et le soir à huit heures elle entra dans la ville, aux acclamations des assiégés. Elle voulut immédiatement commencer l'attaque,mais la garnison préféra attendre le

reste de l'armée venue pour accompagner Jeanne et redescendue à Blois pour traverser la Loire. Les Anglais, qui considéraient Jeanne comme une sorcière d'aussi bonne foi que les Français la croyaient inspirée « de par le Roy du ciel, » n'essayèrent même pas d'empêcher la petite troupe d'entrer dans Orléans. Quelques capitaines, profitant du sommeil de la Pucelle, attaquèrent aussitôt la bastide de Saint-Loup : ils furent repoussés, perdirent beaucoup de soldats, et ils allaient se retirer, lorsque Jeanne Darc, réveillée en sursaut, se montra en même temps que Dunois amenait un renfort de 1500 hommes. La bastide est emportée d'assaut (4 mai 1429). Deux jours après, les Anglais, chassés de la bastide du couvent des Augustins, se réfugiaient dans le fort des Tournelles, la position la mieux fortifiée de toutes et commandée par Glacidas.

Dès le lendemain matin, Jeanne fit ouvrir de force la porte de la ville et annonça que le soir même il n'y aurait plus un Anglais au midi de la Loire. Après trois heures de combat Jeanne, s'apercevant que les Français plient, se précipite dans le fossé et monte la première à une échelle qu'elle vient de placer contre le boulevard. Les Anglais veulent se jeter sur elle en la voyant tomber dans le fossé, percée à la gorge d'un trait d'arbalète, mais un capitaine frappe de sa hache tous ceux qui tentent de s'approcher. Pendant que Jeanne est emportée à l'écart et qu'on panse sa blessure, les Français perdent courage. Dunois déjà conseille la retraite, et on se dispose à l'écouter, lorsque la Pucelle, à cheval, reparaît en sécriant : « Tout est à nous ! Entrons ! ». On la suit, on s'élance de toute part, et au moment où les Orléanais prennent possession du fort des Tournelles, le

boulevard est emporté d'assaut. Le soir, cette victoire fut célébrée par un *Te Deum* solennel, dans l'église de Sainte-Croix.

Au midi, plus un seul Anglais ne se montra. Au nord, les vaincus se rangèrent en bataille du côté de la Beauce, mais la vierge de Lorraine, qui évitait le plus possible de faire répandre le sang, ne les attaqua même pas. Ils battirent en retraite, laissant 500 cadavres dans les retranchements, abandonnant leurs blessés, leurs bagages, leurs vivres et leur artillerie. Orléans reconnaissante célèbre encore de nos jours, le 8 mai, l'anniversaire de sa délivrance et l'héroïsme de Jeanne Darc.

XX

Le siège de Constantinople.

(1453.)

Le sultan Bayezid avait fait construire sur la rive asiatique du Bosphore le château fort de Guzelhissar; Mohammed II, monté sur le trône en 1451, voulant fermer le détroit aux vaisseaux grecs, entreprit la construction de la citadelle de Boghazkesen sur la rive opposée. L'empereur Constantin envoya aussitôt à Mohammed des ambassadeurs pour lui reprocher sa hardiesse, mais le musulman reçut les députés avec la dernière insolence. « Je ne forme pas, leur dit-il, d'entreprise contre votre ville. Pourvoir à la sûreté de mes États n'est pas enfreindre les traités.... Les deux rivages sont à moi : celui d'Asie parce qu'il est habité par des Ottomans, celui d'Europe parce que vous ne savez pas le défendre ! » Et sans se préoccuper davantage des réclamations de Constantin, il fit venir 6000 ouvriers pour bâtir la citadelle.

L'empereur effrayé passa de la menace à la prière. Il envoya à Mohammed les vins et les mets les plus exquis, et le supplia d'épargner les moissons des Grecs. Le sultan n'en fit rien; il ordonna même le massacre des habitants d'Epibatos, et les soldats turcs égorgèrent un jour des moissonneurs qui se rendaient aux champs

(juin 1452). Cette fois, Constantin perdit patience. Il fit jeter en prison tous les Turcs qui se trouvaient à Constantinople, et Mohammed saisit ce prétexte pour entamer les hostilités. Il confia la garde du fort de Boghazkesen, récemment achevé, à 400 janissaires commandés par Firouzaga; puis, le 28 août, il vint jusqu'aux fossés de Constantinople, examina les remparts, et revint à Andrinople, où il commença les préparatifs du siège. Pour empêcher Démétrius et Thomas, despotes du Péloponèse, de venir au secours de Byzance, il envoya le béglerbeg (gouverneur) Toumakhan ravager la péninsule.

Un fondeur de canons, le hongrois Orban, mécontent du maigre salaire que lui donnaient les ministres de Constantin, vint en ce moment trouver Mohammed et mettre au service du sultan les ressources de son art. Mohammed le combla de richesses ; il lui demanda de fondre une pièce d'artillerie capable d'ébranler les murs de Byzance, et Orban construisit en effet un canon que cent bœufs traînaient à peine et qui lançait à plus de 600 toises des boulets d'une circonférence de douze palmes (la palme valait 9 pouces environ). Cet engin gigantesque, transporté à Andrinople avec une extrême difficulté, fut chargé, et produisit une explosion assez forte pour être entendue de plusieurs lieues à la ronde. Mohammed rempli de joie continua ses préparatifs. Désormais, il employa son temps à tracer le plan des fortifications de Constantinople, à déterminer d'avance les endroits où il établirait ses machines; et, dans les premiers jours de février 1453, il fit partir d'Andrinople le canon d'Orban.

Que faisaient en ce moment les Byzantins? Au lieu

de se préparer à la lutte, ils s'occupaient de disputes théologiques ou s'effrayaient de misérables superstitions. Des visionnaires montraient un décret tombé du ciel, d'après lequel on devait laisser arriver les Turcs jusqu'à la colonne de Justinien : là, la justice divine les exterminerait. Seul, Constantin songeait à la défense, faisait réparer et garnir de canons les murs des deux enceintes, et tendre de la tour de la ville à celle de Galata une chaîne immense pour fermer le port aux musulmans. « Les murs devant le Turc — dit un Français qui se trouvait dans la place — sont très gros et hauts, et dessus y a barbacanes (meurtrières) et mâchicoulis, et en dehors faux murs et fossés ; et sont hauts les murs principaux de 20-22 brassées, et larges en aucun lieu 6, en aucuns lieux 8 brassées. » Parmi les défenseurs de Constantinople, il faut citer Nicéphore et Théophile, le grand-duc Lucas Notaras, Démétrius Cantacuzène, le prince mahométan Orcan Céléby, etc. Le recensement fait pendant le siège, par ordre de l'empereur, établit que 4973 Grecs seulement défendaient la ville : ils étaient secondés par 2000 étrangers et 4000 Génois commandés par Jean Longus Guistiniani. La flotte Grecque se composait de 3 bâtiments marchands vénitiens, de 3 vaisseaux génois, d'un navire espagnol, d'un français, de 4 bateaux de Candie et de 2 venus de la Canée (Cydon).

Mohammed parut devant Byzance le 6 avril 1453. Outre le grand canon, qui fut établi devant la porte Caligaria, quatorze batteries foudroyèrent les murs; des archers décochèrent sur les remparts une véritable grêle de flèches, et des mineurs creusèrent le sol jusqu'aux fossés. Quatre tours et une immense machine, appelée

Epepolin (qui prend les villes) par les Grecs, furent également dressées devant les fortifications. M. de Hammer estime à 25 000 le nombre des soldats turcs.

La flotte du sultan quitta la baie de Phidalia le 15 avril et vint jeter l'ancre près de Diploncion (Beschiktasch). Quelques jours après, cinq navires, dont quatre génois et un grec, arrivèrent dans la Propontide. Les cent cinquante vaisseaux que Mohammed envoya à leur rencontre étaient montés par des hommes sans expérience, qui ne purent empêcher les embarcations grecques d'entrer dans le port. Pour se consoler de cet insuccès, les Turcs s'écrièrent que « Dieu leur avait destiné l'empire de la terre et avait réservé aux infidèles la domination de la mer ». Mais Mohammed, ne sachant comment supprimer la chaîne tendue par Constantin entre Galata et la ville, fit couvrir le sol de planches graissées et transporter par terre une partie de ses navires. Le lendemain, les assiégés virent avec terreur soixante-dix bâtiments turcs dans le port. Jean Giustiniani fit une vaine tentative pour les brûler : son navire fut coulé par les Turcs qui se tenaient sur leur gardes, et Mohammed, maître du port, construisit un pont qui joignit les deux rives. Ce pont était fait de tonneaux liés les uns aux autres au moyen de crampons de fer, et sur lesquels des planches furent ensuite posées. Le Vénitien Jacques Kok essaya inutilement de mettre le feu au pont et à la flotte ; ses navires coulèrent sous le poids des pierres énormes lancées par les Turcs, son équipage fut égorgé, et les Byzantins se vengèrent en plantant sur les créneaux les têtes de 260 prisonniers musulmans. L'artillerie turque se mit alors à foudroyer la ville si violemment que quatre tours furent renver-

sées, et qu'une brèche fut ouverte à la porte Saint-Romain. Avant d'aller plus loin, Mohammed chargea son gendre Isfendiaroghli de sommer l'empereur de se rendre : Constantin répondit fièrement qu'il était tout disposé à se reconnaître tributaire du sultan, mais qu'il défendrait sa capitale jusqu'au bout.

Mohammed, irrité de cette réponse, déclara solennellement à ses troupes qu'un assaut général aurait lieu le 29 mai. Cette nouvelle fut accueillie par des cris de joie. Les derviches, parcourant le camp, exhortaient les soldats à défendre la cause du Prophète; les cris : « Il n'y a d'autre Dieu que Dieu, et Mohammed est son prophète! » sortaient de toutes les bouches; et une illumination générale porta au plus haut degré l'enthousiasme des musulmans. Les Grecs découragés se prosternaient devant la statue de la Vierge, confessaient leurs fautes comme si leur dernier jour était arrivé, et les mots « *Kyrie, eleison!* » montaient dans l'air ainsi qu'un chant lugubre.

Cependant Constantin avait rassemblé l'élite de la noblesse et l'avait excitée à la résistance. Il parcourait la ville, visitait les postes, distribuait des vivres, ranimait le courage de chacun. Jean Giustiniani fit réparer pendant la nuit qui précéda l'attaque les fortifications, et il se montra si brave que Mohammed chercha à le séduire : « Que ne donnerais-je pas, disait le sultan, pour m'attacher cet homme! » La veille, Constantin, suivi des grands, communia à l'église Sainte-Sophie; puis il monta à cheval, visita une dernière fois les postes et se rendit à la porte Saint-Romain. Le lendemain, à l'aube, chacun était sous les armes.

L'assaut commença au point du jour. Les invalides

et les recrues, que Mohammed faisait marcher devant pour protéger les meilleurs soldats, tombèrent bien vite sous les flèches des assiégés, qui déployèrent une énergie dont on ne les croyait guère capables. L'empereur, Théophile Paléologue et Démétrius Cantacuzène, encouragent les Grecs qui renversent les échelles des assaillants, et lancent du feu grégeois sur les navires. Giustiniani, légèrement blessé au bras ou à la jambe, se retire malgré les instances de Constantin; mais son absence ne ralentit qu'un moment le courage des Grecs. Ceux-ci reviennent bientôt à la charge, précipitent du haut des murs dix-huit janissaires et tuent leur chef, Hasan d'Ulubad. Malheureusement, cinquante Turcs s'élancent par la porte Cercoporta, ouverte pour une sortie : ils tuent sans pitié tous ceux qu'ils trouvent sur leur passage. Constantin se mêle aux combattants. « N'y aura-t-il pas un chrétien pour me tuer? » s'écrie-t-il; et au moment où il prononce ces paroles, il tombe frappé de deux coups de sabre. En même temps, les Turcs pénètrent dans la ville par la porte Caligaria. Ils poursuivent les habitants, qui se jettent dans l'église Sainte-Sophie, et se groupent autour de la colonne de Constantin le Grand, dans l'espoir qu'un ange va venir les délivrer. Les portes sont bientôt enfoncées à coups de hache; les autels sont profanés, les fuyards égorgés, le temple dépouillé de ses richesses. Tous ceux qui s'étaient retirés dans le port périrent, à l'exception des riches, que les Ottomans épargnèrent pour en retirer une forte rançon.

Ainsi se termina le siège de Constantinople, qui avait duré cinquante-trois jours (29 mai 1453). Mohammed entra dans la ville par la porte Saint-Romain, suivi de ses vizirs, de ses pachas et de ses

gardes; et l'église Sainte-Sophie, chef-d'œuvre de l'architecture chrétienne, devint un temple musulman. Le grand-duc Lucas Notaras trahit ses concitoyens et donna à Mohammed la liste des grands dignitaires, dont la tête fut mise à prix. Celle de l'empereur fut suspendue au sommet d'une colonne, sur la place Augusteon. Le lendemain (30 mai), Mohammed parcourut la ville à cheval et visita le palais de Constantin. Il ne put maîtriser son émotion devant l'aspect désolé de la demeure des Empereurs d'Orient, et il cita quelques vers de circonstance empruntés à un poète Persan :

Perdedari miküned ber Kassri kaïssar ankebut
Bumi nœbet mizened ber künbedi Efrasiab.

« L'araignée s'établit comme gardienne dans le palais des empereurs et tire un rideau sur la porte; la chouette fait retentir les voûtes royales d'Efrasiab de son chant lugubre ».

Près de là eut lieu un festin magnifique, à la suite duquel le sultan, dans un moment d'ivresse, fit décapiter un grand nombre de vaincus. Parmi ceux-là se trouvait Lucas Notaras : le châtiment suivait de près la trahison.

XXI

Le siège de Beauvais.

(1472.)

Le 24 mai 1472, Charles, duc de Guyenne et frère de Louis XI, mourut à Bordeaux au moment où il était question de le marier à l'héritière de Bourgogne. Immédiatement l'armée du roi occupa l'Aquitaine, qui fut incorporée sans résistance au domaine de la couronne.

Charles le Téméraire soupçonna Louis XI d'avoir empoisonné son frère et, après s'être assuré de l'alliance du duc de Bretagne, il passa la Somme, saccagea la petite ville de Nesle, et se dirigea vers la Normandie en passant par Beauvais, dont il comptait s'emparer sans la moindre difficulté. Bientôt, en effet, l'avant-garde de l'armée bourguignonne se présenta en toute confiance devant les portes de Bresle et du Limaçon, après avoir pris les faubourgs. Beauvais n'était pas fortifiée; elle n'avait même pas de garnison; mais les habitants, s'armant à la hâte, repoussèrent un premier assaut avec une énergie incroyable. Les femmes mêmes réunies autour de la châsse de sainte Angadresme, patronne de Beauvais, se mêlèrent aux combattants et lancèrent sur l'ennemi des pierres et de l'huile bouillante. Une jeune fille, Jeanne Laisné, surnommée Jeanne *Hachette*, à cause de la petite hache dont elle était armée, préci-

pita du haut de la muraille le porte-drapeau bourguignon et vint déposer l'étendard ennemi dans l'église des Jacobins, où se trouvait la chapelle de sainte Angadresme.

Cet étendard, fait de toile blanche damassée et fleuronnée, avait la forme d'un long pennon se terminant par une ou deux pointes effilées. Le mot « Burgundia » s'y lisait en caractères dorés. On y voyait : deux arque-

Fig. 23. — Étendard du duc de Bourgogne pris par Jeanne Hachette.

buses croisées et entourées de flammèches rouges, saint Laurent tenant son gril, la devise du Téméraire *je l'ay emprins* (je l'ai entrepris), enfin, près de la hampe, deux écussons : le premier, surmonté d'un bonnet ducal et entouré du collier de la Toison d'or, portait : *une aigle éployée de sable en champ d'argent, avec un écu écartelé de France et de Castille ;* le second portait : *d'argent au lion de gueules couronné d'or.*

Les Bourguignons, voyant leur étendard aux mains

des assiégés, brisèrent la porte de Bresle à coups de canon. Mais ils rencontrèrent derrière un amas de planches, de poutres et de chevrons, auquel les gens de Beauvais avaient mis le feu, et ils ne purent aller plus loin. Le soir, Charles arriva avec le reste de ses troupes; il eut l'imprudence de ne pas investir complètement la place, et cette négligence permit à 1200 cavaliers de la garnison de Noyon d'entrer dans Beauvais par la rive méridionale du Thérain. Bientôt le maréchal Rouault arriva avec cent lances, et tout un corps d'armée, venant de Paris, de Senlis, de la Normandie, seconda les assiégés. Pendant dix jours, le Téméraire fit battre Beauvais en brèche; puis il résolut de tenter un assaut général, le 9 juillet. Après un avantage de peu d'importance, il fut repoussé, et le lendemain les gens de Beauvais, prenant l'offensive, tuèrent le sire d'Orson, grand-maître de l'artillerie bourguignonne : ils revinrent dans la ville avec un certain nombre de canons ennemis. Malgré sa défaite, Charles s'obstina à assiéger la place jusqu'au 22 juillet. A ce moment, il se retira sous prétexte d'aller venger sans retard la mort du duc de Guyenne.

Louis XI, par une ordonnance du mois de juin 1473, récompensa Beauvais de son courage. Il permit aux habitants d'acheter des fiefs nobles sans payer de redevances; il les exempta d'impôts et leur donna le droit de s'administrer d'après les lois de communes; les femmes du peuple purent se vêtir comme les dames nobles; enfin, une procession solennelle, dans laquelle les femmes marcheraient devant les hommes, fut instituée, et eut lieu le 27 juin de chaque année.

Quant à Jeanne Hachette, elle reçut des preuves particulières de la reconnaissance du roi. Une ordonnance, donnée à Senlis le 22 février 1474, en fait foi :

« Pour la considération de la bonne et vertueuse résistance qui fut faite l'année dernière passée par notre chière et amée Jeanne Laisné, fille de Matthieu Laisné, demeurant en notre ville de Beauvais, à l'encontre des Bourguignons, tellement que elle gaigna et retira devant elle ung estendard ou bannière desdits Bourguignons, ainsy que nous, estant derrenièrement en nostre dicte ville avons esté informé, nous avons, pour ces causes, en faveur du mariage d'elle et de Colin Pilon, conclu et accordé que lesdits Colin Pilon et Jeanne sa femme soient, leur vie durant, francs, quictes et exempts de toutes les tailles qui sont et seront d'ores en avant mises en sus, et aussy de guet et de garde-portes.

« Donné à Senlis, le 22 février, l'an de grâce 1474. »

XXII

Le siège de Grenade.

(1491.)

C'est au onzième siècle que commença véritablement la décadence des Maures d'Espagne. En 1084, ils perdirent Tolède; plus tard, Cordoue leur échappa, et en 1491, le royaume de Grenade ne se composait plus que de la ville du même nom et de quelques cités voisines.

Le premier usage qu'Yzabel ou Isabelle, reine de Castille, crut devoir faire de sa puissance, fut d'effacer toute trace de domination musulmane, et l'épouse de Fernando ou Ferdinand le Catholique profita des troubles qui agitaient Grenade pour attaquer le dernier boulevard de l'islamisme en Espagne. La prise de Grenade et la mort de Boabdil ou Abu-Abullah marque la fin de l'autorité musulmane dans la Péninsule.

Grenade, bâtie près de l'antique Illiberis, s'élève sur deux collines entre lesquelles coule le Darro. La sierra Elvira, au nord, était défendue par l'Alhambra; la sierra Nevada, au sud, était protégée par l'Albaycin et séparait la ville de la mer. 30 000 défenseurs se trouvaient dans Grenade.

Fernando parut devant la capitale des rois maures le 9 mai 1491, à la tête de 50 000 hommes. Au lieu d'at-

taquer Grenade, il mit tous ses soins à fortifier son camp et à garder tous les passages. L'espace compris entre le camp et la ville devint un champ clos où Maures et chrétiens rompaient continuellement des lances. Un jour que le marquis de Cadix s'était avancé tout près des remparts, non point pour engager la lutte, mais par pure curiosité, les Maures, lui supposant des intentions hostiles, firent une sortie et perdirent 2000 hommes.

Sur ces entrefaites, une suivante d'Yzabel, surprise par le sommeil, s'endormit sans avoir eu le temps d'éteindre une lumière : un incendie se déclara; le feu se communiqua aux tentes voisines et une partie du camp brûla. Fernando, soupçonnant à tort une trahison, rangea ses troupes en bataille, mais les assiégés ne sortirent pas. Pour empêcher un pareil accident de se renouveler, Yzabel fit construire une véritable ville sur l'emplacement du camp. Tous les travaux de construction furent terminés en moins de trois mois, et la ville, bâtie en forme de croix, reçut le nom de *Santa-Fé* (*Sainte-Foi*).

Les Maures, qui avaient compté sur l'hiver pour lasser la patience des chrétiens, virent que dès lors tout espoir de succès était inutile. En proie aux horreurs de la famine, ils n'essayèrent même pas de sortir, et au mois d'octobre 1491, après six mois de siège, Abu-Abullah se décida à capituler. Il envoya secrètement son grand-vizir discuter les conditions du traité, et Fernando se fit représenter aux conférences par Gonzalo de Cordova, si célèbre dans les guerres d'Italie. Marmol, dans son ouvrage sur la *Révolte des Maures*, donne les clauses de la convention qui fut signée entre les deux rois le 25 novembre :

1° Les Grenadins conservent leurs mosquées et le libre exercice de leur culte;

2° Ils continueront à être jugés par leurs magistrats;

3° Ils seront exempts de toute espèce d'impôts pendant trois ans;

4° Leurs propriétés sont garanties;

5° Boabdil aura en apanage un district des Alpujarras.

Lorsque cette capitulation fut connue, des troubles éclatèrent à Grenade. « Citoyens — s'écria un fanatique — vous êtes trahis. Le roi et tous les grands sont chrétiens de cœur. Armez-vous de courage et d'espérance, Allah et Mohammed vous sauveront par mon bras. Égorgeons les traîtres! » A ces mots, la foule se précipite vers l'Alhambra. Boabdil paraît, harangue les rebelles et parvient à les calmer; mais, rempli de terreur, il offre à Fernando d'entrer dans la ville le 2 janvier 1492. Au jour fixé, le cardinal Mendoza vint prendre possession de l'Alhambra. Le roi d'Aragon ne voulut pas que le Maure lui baisât les mains; il le plaignit et l'embrassa en prenant les clefs de la ville, et les drapeaux chrétiens furent arborés sur les tours de la citadelle.

Boabdil sortit tristement de Grenade. Arrivé sur le mont Padul, d'où l'on découvre l'ancien séjour des rois maures, il s'écria : « O Dieu tout-puissant! » et se mit à pleurer. Mais la sultane Ayescha sa mère, qui l'accompagnait : « Tu fais bien — lui dit-elle — de pleurer comme une femme ce pays que tu n'as su défendre ni en homme ni en roi! ». — Cet endroit fut appelé le *Soupir du Maure*.

Maître de l'Alhambra, le cardinal entra dans Grenade.

L'armée s'agenouilla, chanta un hymne et fit une procession solennelle. Le 6 janvier 1492, Fernando et Yzabel entendirent la messe dans le palais de Boabdil. Celui-ci vendit bientôt à son vainqueur les biens qui lui avaient été donnés dans les Alpujarras; il passa en Afrique, et y mourut à la solde de l'émir de Fez.

XXIII

Le siège de Rhodes par Suleïman le Grand.

(1522.)

Suleïman le Grand, voulant établir un point de communication entre Constantinople et l'Égypte, résolut de faire la conquête de Rhodes. Avant de rien entreprendre, il adressa inutilement au grand-maître Villiers de l'Isle-Adam une lettre par laquelle il le sommait de se rendre, moyennant quoi les chevaliers de Saint-Jean conserveraient leurs biens et leur liberté.

Le 16 juin 1522, Suleïman se mit en route à la tête de 100 000 hommes, et deux jours après, la flotte Turque, forte de 300 voiles, appareilla de Constantinople pour Rhodes : elle débarqua dans l'île 10 000 soldats de marine sous les ordres de Mustapha-Pacha, qui attendit l'arrivée du sultan pour commencer les hostilités. Suleïman arriva le 28 juillet, et sa présence fut célébrée par une salve de l'artillerie ottomane, composée de 100 pièces de canon, dont 12 lancaient des boulets de onze palmes de circonférence. Il trouva les faubourgs incendiés, les constructions extérieures détruites, la campagne abandonnée par les paysans, qui étaient rentrés dans la ville pour travailler aux fortifications. Le port était barré par des chaînes. Les huit langues de l'Ordre (français, allemand, anglais, espagnol, portu-

gais, italien, auvergnat, provençal) se partageaient la défense des principaux postes, et Villiers de l'Isle-Adam se tenait à la *Porte des Vainqueurs*, non loin de l'église Sainte-Marie. L'ingénieur vénitien Gabriel Martinengo dirigeait les opérations.

Ayaz-Pacha, béglerbeg (gouverneur) de Roumilie, attaqua le bastion allemand, le 1er août. Tout le mois fut employé par les Turcs en travaux de mines, par les chevaliers en travaux de contre-mines, et ce fut seulement le 4 septembre que les assiégeants, faisant sauter une partie du bastion anglais, s'emparèrent de sept étendards chrétiens. L'assaut, repoussé par Villiers de l'Isle-Adam, fut repris deux fois de suite en moins de dix jours, et les Turcs plantèrent sur le bastion cinq de leurs drapeaux. Un assaut général eut lieu le 24 septembre. « Demain, criaient les hérauts du sultan, demain il y aura assaut; la pierre et le territoire sont au padischah, le sang et les biens des habitants sont le butin des vainqueurs ! » Dès le point du jour, l'attaque commença. Les assiégés firent preuve d'un rare courage ; les femmes apportaient aux combattants des rafraîchissements et de la nourriture ou lançaient sur les Turcs des pierres du haut du rempart. 15 000 assaillants perdirent la vie dans les fossés ou sur la brèche, et tous les étendards ennemis restèrent entre les mains des chevaliers.

Suleïman rejeta la faute de cet échec sur les officiers supérieurs, auxquels il enleva le commandement. Ahmed-Pacha obtint la direction des travaux du siège, et Behrambeg prit le commandement de la flotte. Mais les efforts d'Ahmed ne furent pas plus heureux que ceux de son prédécesseur. Le 10 décembre 1522, les Turcs, qui avaient subi des pertes considérables, arborèrent le

drapeau blanc et offrirent à Villiers de l'Isle-Adam une capitulation honorable, à la condition que la ville se rendrait huit jours après. Les chevaliers ayant demandé un plus long délai, Suleïman fit recommencer l'attaque et s'empara du bastion espagnol. Réduit à capituler, le

Fig. 24. — Rhodes à vol d'oiseau.

grand-maître envoya au sultan trois députés pour lui demander s'il voulait faire la paix. Dans un traité conclu le 21 décembre, il fut stipulé :

1° Que Villiers enverrait au camp, comme otages, vingt-cinq laïques et vingt cinq-chevaliers;

2° Que des navires seraient mis à la disposition des chevaliers pour évacuer l'île dans un délai de douze jours ;

3° Que les églises seraient respectées ;

4° Que l'armée ottomane se retirerait à un mille de Rhodes.

Mais le matin du jour de Noël, les janissaires, violant le traité, entrèrent dans la ville, dévastèrent les maisons, pillèrent l'église Saint-Jean et traînèrent dans la boue les objets sacrés. Le lendemain (26 décembre), Villiers de l'Isle-Adam eut une entrevue avec le sultan, qui le consola de son mieux et lui rendit sa visite deux jours après. Avant de quitter Rhodes, le 1er janvier 1523, le grand-maître vint baiser les mains de Suleïman et lui offrir quatre vases d'or. « Ce n'est pas sans en être peiné — disait le sultan à son favori — que je force ce chrétien à abandonner dans sa vieillesse sa maison et ses biens ! » A minuit, Villiers de l'Isle-Adam s'embarqua pour l'Europe.

XXIV

Le siège de Rome par Charles de Bourbon.

(1527.)

Le traité de Madrid, conclu en 1526 entre François Ier et Charles-Quint, avait réintégré dans ses biens le connétable de Bourbon. Mais les États de Bourgogne déclarèrent que le roi n'avait pas le droit d'aliéner cette province, la guerre recommença, et Bourbon conduisit en Italie une armée hispano-allemande. Il passa le Pô et les Apennins et marcha sur Rome à tire d'aile. Le pape n'était pas encore averti de l'approche des troupes ennemies, lorsque l'assaut fut donné à la ville éternelle. Voici comment le célèbre Benvenuto Cellini, qui combattait sur les remparts, raconte cet événement :

« Toute la ville prit les armes : nous nous dirigeâmes alors le long des murs du Campo-Santo et nous y vîmes cette prodigieuse armée qui faisait tous ses efforts pour entrer. A la partie de la muraille dont nous nous approchâmes, on rencontrait beaucoup de corps de jeunes gens tués par ceux du dehors. Il régnait un brouillard épais.... Ayant tourné mon arquebuse là où je distinguais un groupe de soldats plus serré, je visai un personnage qui était plus élevé que les autres. Le brouillard ne me permettait pas de m'assurer s'il était à cheval ou à pied. Ayant ensuite regardé Alexandre et Cecchino

(compagnons de Cellini), je leur dis de décharger leur arquebuse, et je leur enseignai la manière de se placer pour ne pas attraper un coup des ennemis. Ayant tous les trois tiré, chacun deux coups, je regardai au-dessus du mur avec précaution et je remarquai parmi les assaillants un grand tumulte, parce qu'un de nos coups avait tué Bourbon; et ce fut le premier que je vis relever par les autres, comme on le vit clairement ensuite. »

Le connétable avait en effet planté le premier une échelle contre les remparts, et une balle d'arquebuse lui avait fait une blessure dont il mourut (6 mai 1527). Philibert de Châlons, prince d'Orange, prit alors le commandement. Les soldats, irrités de la mort de leur chef, continuèrent l'assaut avec une incroyable énergie et ils se rendirent maîtres de la ville, où ils commirent les plus déplorables excès pendant huit jours. Les maisons furent brûlées, les églises violées, la chapelle du pape et les basiliques de Saint-Pierre et de Saint-Paul transformées en écuries; et pendant que les Espagnols tourmentaient la population romaine, les Allemands luthériens promenaient les prélats sur des ânes et tournaient en dérision les pratiques des catholiques. « Dans ce long pillage, dit M. Mignet, les soldats de chaque pays se comportèrent suivant les habitudes de leur race : les Espagnols se montrèrent avares et cruels; les Allemands avides et emportés, les Italiens cupides et raffinés. »

Le pape Clément VII s'était réfugié dans le château Saint-Ange. Le duc d'Urbin, général de la Ligue italienne, ne lui porta pas secours, et il fut obligé de se rendre au prince d'Orange. Il prit l'engagement de payer 400 000 ducats et de se conformer aux décisions

de l'empereur. Charles-Quint poussa la fourberie jusqu'à ordonner des prières pour la délivrance du pape, prisonnier de ses propres soldats !

Les historiens italiens racontent une curieuse légende à propos de la prise de Rome. Un vieil ermite, huit jours avant le siège, parcourut de nuit les rues en agitant une sonnette et en prédisant la ruine de la ville. Interrogé par le gouverneur et par le pape, il ne répondit que ces mots : « La colère de Dieu va bientôt s'abattre sur cette ville ! » Le prince d'Orange lui rendit la liberté, et il disparut sans qu'on pût jamais le retrouver.

XXV

Le siège de Metz par Charles-Quint.

(1552-1553.)

Henri II, voyant Charles-Quint occupé de querelles religieuses, avait saisi cette occasion pour s'emparer des évêchés lorrains de Metz, de Toul et de Verdun. Lorsqu'il sut que l'empereur se préparait à chasser les Français des *Trois-Évêchés*, il chargea le duc François de Guise de venir à Metz et d'y organiser la défense (17 août 1552).

Metz, protégée de trois côtés par la Moselle et la Seille, n'était nullement fortifiée du côté du sud. Pendant deux mois, le Florentin Pietro Strozzi, le Français Saint-Rémi et l'Italien Camillo Marini ouvrirent des tranchées, élevèrent des retranchements, rasèrent les faubourgs, et à l'approche de Charles-Quint, François de Guise fit sortir de la ville tous les habitants, à l'exception des prêtres et de 2000 ouvriers qu'il utilisa dans les travaux de défense. Le duc d'Albe et le marquis de Marignan, lieutenant de Charles-Quint, vinrent, le 19 octobre, camper à l'est, entre la Seille et la Moselle. Ils furent rejoints par les troupes des Pays-Bas, par les mercenaires de la basse Allemagne, et par le margrave Albert de Brandebourg, qui, d'abord ami du roi de France, venait

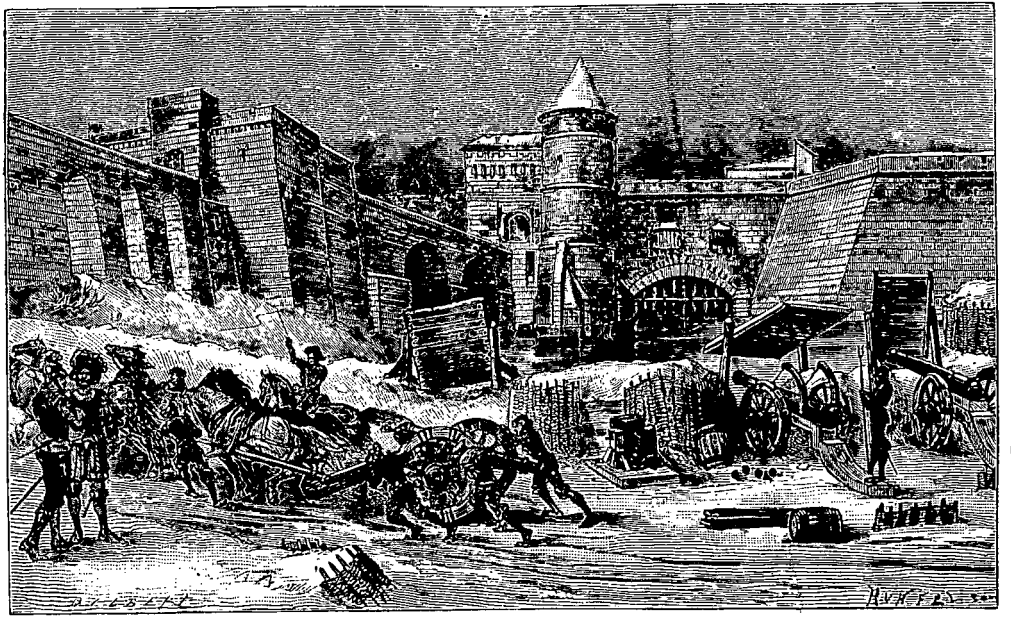


Fig. 25. — Le siège de Metz commença à traîner en longueur

de s'allier avec l'empereur, et qui se plaça à l'ouest de la ville. L'armée assiégeante comptait en tout 60 000 hommes.

Les officiers de Charles lui conseillaient de sommer Metz de se rendre avant de la bombarder : « François de Guise ne s'est pas enfermé dans la ville avec la fleur de la noblesse française pour capituler », leur répondit-il. Et les opérations du siège furent menées avec une ardeur incroyable; *on oyait le son* (du canon) *de quatre lieues par delà le Rhin*. Mais, quand une muraille était ruinée, un boulevard de terre ou de bois s'élevait derrière comme par enchantement ; les assiégés faisaient d'heureuses sorties ; Metz, en un mot, résistait vaillamment aux efforts des Impériaux. Toutefois, le duc de Guise pensa avec raison que les moyens de résistance dont il disposait n'étaient pas suffisants pour arrêter longtemps les progrès de l'ennemi. Il eut donc recours à la ruse et fit adroitement parvenir dans le camp de son rival une lettre, adressée à Henri II, dans laquelle il apprenait au roi qu'il ne craignait plus les Espagnols depuis que ceux-ci portaient tous leurs efforts du côté où la muraille était plus forte que partout ailleurs. Les assiégeants se laissèrent prendre au piège. Ils changèrent leur tir, croyant le rectifier, et traînèrent ainsi le siège en longueur. Charles-Quint, infirme, se fit porter sous les murs de la ville. «Comment, plaies de Dieu! s'écria-t-il bouillant de colère. N'entre-t-on point là-dedans? La brèche est si grande et si à fleur de fossé! Vertu de Dieu, à quoi tient-il? » Ses officiers lui répondirent qu'il ne suffisait pas de s'élancer par la brèche, mais qu'il y avait par derrière des retranchements garnis d'artillerie et défendus par 10 000 bra-

ves. « Ah! dit l'empereur, je vois bien que je n'ai plus d'hommes. Il me faut dire adieu à l'empire, à toutes mes entreprises et au monde, et me confiner en quelque monastère, car je suis vendu et trahi ou pour le moins aussi mal servi que monarque saurait être ; et par la mort Dieu! devant trois ans je me rendrai cordelier! » En outre les maladies, le froid, la fonte des neiges, décimaient l'armée assiégeante, qui se trouva réduite d'un bon tiers, et Charles-Quint désespéré leva

Fig. 26. — Médaille commémorative du siège de Metz.

le siège le 1er janvier 1553. Son armée le suivit de près, abandonnant son artillerie, ses munitions, ses tentes. François de Guise, humain et généreux, fit secourir les malades qui se trouvaient délaissés dans le parc de siège, et la « *Courtoisie de Metz* » passa en proverbe.

Parmi les médailles qui furent frappées à l'occasion du succès de l'armée française, l'une représentait la devise de l'empereur (les colonnes d'Hercule et le mot *ultra*). Mais on avait eu soin de graver un aigle en-

chaîné aux colonnes d'Hercule et l'inscription : *Non ultra metas*. Comme *Metas* désigne à la fois les colonnes et la ville de Metz, il résultait de là une équivoque humiliante pour Charles-Quint[1].

[1] Au lieu de reproduire cette médaille, qui est très connue, nous préférons en donner une autre, dont le dessin a été fait à la Bibliothèque Nationale.

XXVI

Les sièges de Paris par Henri IV.

(1589-1590.)

Henri III n'avait pas d'enfants. Le trône revenait donc de droit aux princes de la maison de Bourbon, qui avait alors pour chef Henri de Navarre. Par malheur, le prétendant était hérétique, et les ligueurs ne voulaient pas entendre parler d'un souverain protestant. Le roi proposa d'abord à Henri de Navarre de s'allier à lui, s'il voulait se faire catholique, mais, sur le refus du Béarnais, il se rapprocha d'Henri de Guise, qui venait de signer avec Philippe II d'Espagne le traité de Joinville (1584), par lequel les contractants s'engageaient à détruire l'hérésie de quelque manière que ce fût. La défaite de l'armée royale à Coutras (1586), les troubles soulevés à Paris par l'arrivée du duc de Guise (1588), lassèrent Henri III, qui se rendit à Blois, où il convoqua les états généraux et fit assassiner les Guises. Aussitôt les ligueurs donnèrent le commandement de la capitale au duc d'Aumale, et la Sorbonne délia le peuple de son serment de fidélité au roi de France. Ces mesures eurent pour effet de rapprocher Henri III du roi de Navarre, et le 30 juillet 1589 les alliés arrivèrent en vue de Paris, dont ils entreprirent le siège.

Mayenne, malgré ses qualités, n'avait pas l'impé-

tuosité, la fougue nécessaire pour entraîner une population abattue, découragée. Des moines gardaient presque seuls les remparts, mal défendus par 9000 soldats pour la plupart étrangers, et c'est seulement dans les cloîtres que l'on trouvait, sinon le courage, du moins une exaltation fanatique capable d'en tenir lieu. L'assaut, décidé pour le 2 août, devait donc vraisemblablement réussir. Mais le religieux Jacques Clément, encouragé par un songe et par les exhortations de ses supérieurs, se rendit le 31 juillet, muni d'une fausse lettre pour Henri III, au quartier général de l'armée assiégeante. Il prétendit avoir une communication secrète à faire au roi, et, lorsqu'il se trouva seul avec Henri III, il lui enfonça un couteau dans le ventre.

Le moribond fit promettre aux seigneurs catholiques de son armée d'obéir à son frère de Navarre. En dépit de leur serment, beaucoup s'enfuirent, et Henri IV, voyant ses forces considérablement diminuées, se retira en Normandie. Poursuivi par Mayenne, il vint s'établir sur la colline d'Arques, où le chef des ligueurs fut vaincu deux fois. Cette victoire lui assura la soumission d'un grand nombre de *politiques*. Aussi, lorsque Mayenne l'attaqua à Ivry (14 mars 1590), les ligueurs furent encore défaits et Henri IV se dirigea vers Paris, dont il entreprit le siège pour la seconde fois (7 mai 1590). Une fois maître des postes compris entre Saint-Cloud et Charenton, il essaya de prendre d'assaut les faubourgs Saint-Denis et Saint-Martin, mais il échoua dans cette tentative.

Paris avait pour gouverneur le duc de Nemours, frère de Mayenne, aussi habile dans les choses de la guerre que fier et ambitieux. La direction des affaires civiles avait été confiée à Pierre d'Espinac, archevêque

de Lyon. Les compagnies bourgeoises se préparaient bravement à la résistance; les prédicateurs et les *confrères du nom de Jésus* encourageaient les Parisiens à la lutte; 65 canons protégeaient les murailles, et la Seine avait été barrée par des chaînes au-dessus et au-dessous des ponts; le duc de Nemours avait pourvu la ville de vivres, réparé les points faibles des remparts, rasé les maisons trop voisines des fossés. Le 9 mai, Nemours apprit aux assiégés la mort du cardinal de Bourbon. A cette occasion eut lieu à Notre-Dame une cérémonie après laquelle on jura de ne pas traiter avec Henri de Navarre, et qui fut suivie d'une procession composée de 1300 moines ou écoliers. En tête marchaient Guillaume Rose, évêque de Senlis, et le prieur des Chartreux; ils portaient d'une main un crucifix, de l'autre une pique. Entre chaque ordre de religieux, on avait placé un corps d'écoliers. Lorsque cette procession arriva sur le Petit-Pont, elle rencontra Cajetan dans son carrosse et demanda au légat sa bénédiction. Quelques exaltés firent, en honneur de Cajetan, une décharge de mousqueterie : un officier du représentant du pape ayant été tué par maladresse, on eut l'air d'envier son sort et de trouver cet infortuné bien heureux d'être mort « dans une si sainte action. » Quelques jours après, Claude de Lorraine, chevalier d'Aumale, chassa les assiégeants de l'abbaye Saint-Antoine, et le 1er juin, Vitry les obligea à évacuer le faubourg Saint-Marceau.

Cependant, comme le cardinal de Bourbon était mort, on craignit que le roi d'Espagne ne revendiquât pour sa fille le trône de France. Pierre d'Espinac, soutenu ouvertement par les plus notables ligueurs, secrètement par la haute bourgeoisie et une partie du Parlement,

résolut donc de se rendre à Laon et d'y examiner avec Mayenne les possibilités d'un rapprochement; mais Henri IV, doutant de la bonne foi de l'archevêque de Lyon, révoqua le passeport qu'il lui avait primitivement accordé; et se mit à bombarder Paris du haut des buttes Montmartre.

Dans la ville, la famine commençait à se faire sentir. On n'avait plus ni pain ni avoine. Une perquisition faite dans les couvents amena la découverte d'une quantité de vivres assez forte pour subvenir aux besoins des assiégés pendant plus de quinze jours. « Ces quinze jours passèrent, dit M. Henri Martin. On touchait au milieu de juillet. Mayenne promettait secours pour la fin du mois; toutes céréales et toutes viandes avaient disparu des marchés; on avait mangé chevaux et mulets, chiens et chats; les légumes et les herbes des jardins et des faubourgs atteignirent à leur tour des prix exorbitants; des milliers de malheureux, hâves et décharnés, se traînaient le long des murailles pour arracher l'herbe d'entre les pavés, ou chercher dans les ruisseaux les débris les plus immondes. On en voyait tomber d'inanition et ne plus se relever. On imagina des aliments monstrueux, impossibles. On pila des ardoises délayées dans de l'eau. On broya les ossements humains des charniers pour les réduire en farine. Tous ceux qui en goûtèrent moururent. La famine entrait jusque dans les maisons des princes. Une dame fort riche essaya de manger ses deux petits enfants morts de faim; elle expira avant d'avoir achevé cet horrible repas.... On apercevait, des faubourgs, les blés mûrs dans la plaine de Paris. Une foule de pauvres gens, hommes, femmes et enfants, enragés de faim, sortirent désespérément

pour aller faucher, sous les balles des soldats du roi, des moissons arrosées de leur sang. »

Dans la nuit du 24 juillet, les troupes assiégeantes donnèrent un assaut général et prirent possession des faubourgs. Le désespoir fut grand dans la ville : les affamés demandaient « du pain ou la paix », et lorsqu'on sut que le duc de Parme ne pourrait réunir ses forces à celles de Mayenne pour secourir Paris, on fut bien obligé de cesser toute résistance. Pierre d'Espinac et l'évêque de Paris eurent, dans l'abbaye Saint-Antoine, une conférence avec Henri IV. Celui-ci ne voulut point leur accorder de passeport pour qu'ils se rendissent auprès de Mayenne, mais il leur proposa de signer une capitulation honorable « aux termes de laquelle Paris ouvrirait ses portes sous huit jours, si d'ici là il n'était secouru, ou si la paix n'était pas faite ». Les deux prêtres ne voulurent pas prendre sur eux une aussi lourde responsabilité : ils rentrèrent donc dans Paris qui, malgré une manifestation des *politiques*, ne se rendit pas et tint bon pendant tout le mois d'août. Il est vrai qu'Henri avait laissé sortir, le 20 août, les femmes, les écoliers et les enfants.

A ce moment, Henri IV apprit que le duc de Parme venait d'entrer en France. Il renoua avec la Ligue des négociations qui n'aboutirent pas ; et le 23 août, voyant que le duc avait opéré sa jonction avec Mayenne, il leva le siège et se replia sur la Normandie (30 août). Lorsque les sentinelles s'aperçurent que les assiégeants avaient disparu, une grande joie éclata dans la ville. On se précipita vers les murailles, on se jeta sur les premiers aliments qui se présentèrent, et beaucoup moururent en chemin.

Le dimanche suivant, quelques détachements des troupes royales, commandés par Châtillon, essayèrent d'escalader les murailles du côté du faubourg Saint-Marcel, mais ils furent repoussés par les jésuites. Enfin, le 20 janvier 1591, 60 capitaines, habillés en meuniers et suivis d'environ 2000 hommes, se présentèrent à la porte Saint-Honoré, dans l'espoir que les soldats pourraient entrer dans Paris à leur suite. Le roi lui-même se tenait à l'entrée du faubourg, avec les ducs d'Epernon, de Nevers et de Longueville. Malheureusement, le capitaine de Tremblecour, qui se tenait sur ses gardes, n'ouvrit pas la porte aux faux paysans, et le Béarnais revint à Senlis pendant que les Parisiens, en mémoire de cette journée, instituaient la *Fête des Farines*, qui fut célébrée effectivement jusqu'à l'avènement définitif d'Henri IV.

Pendant que l'armée ennemie s'emparait de Lagny et que Corbeil tombait aux mains du duc de Parme, le Béarnais allait assiéger Rouen. Si le siège de cette ville ne put être continué, Henri vainquit du moins son ennemi à Yvetot. Il tenait déjà les petites places voisines de la capitale, qu'il serrait aussi d'assez près : tous, dans Paris, étaient fatigués d'une situation pareille. Henri avait jusque-là éloigné l'idée de se convertir au catholicisme, mais, dans la crainte que l'on ne donnât la couronne au cardinal de Bourbon, il n'hésita plus et jura l'extermination des hérétiques (25 juillet 1593).

Enfin, le 22 mars 1594, Brissac livra Paris au Béarnais et reçut en récompense le bâton de maréchal et 200,000 livres.

XXVII

Le siège de La Rochelle.

(1627-1628.)

Le siège de La Rochelle est un des plus illustres que l'histoire ait enregistrés. Le but de Richelieu n'était pas seulement de prendre une ville à l'ennemi, comme dans une guerre étrangère; le cardinal-ministre voulait avant tout en finir avec le protestantisme et ruiner à jamais la vieille république rochelaise. Les Rochelais firent un effort suprême, sentant bien que, s'ils étaient vaincus, c'en était fait de leur liberté : aussi puisèrent-ils dans leur foi et dans leur amour de l'indépendance un héroïsme digne des temps antiques. Lorsque Buckingham, qui les poussait à la rébellion, les eut abandonnés à leurs propres ressources, loin de perdre courage, ils se relevèrent plus braves que jamais; et, de même que le serpent se tord sous le pied qui l'écrase, de même ils se débattirent avec l'énergie du désespoir sous le poids de forces tellement grandes que le succès n'était plus possible sans le secours de l'Angleterre. Ils savaient qu'ils étaient perdus, mais ils aimaient mieux mourir que de se rendre : ils avaient fait un pas en avant, ils ne se croyaient plus permis de reculer.

Le type de cet héroïsme, de cette résistance *quand*

même, fut le maire Jean Guiton, Sr de Repose-Pucelle, amiral de la flotte rochelaise en 1622 et en 1625. En acceptant la mairie, au moment le plus critique de la lutte, il s'était écrié, un poignard à la main : « J'en frapperai le premier qui parlera de se rendre! » et il avait demandé qu'on l'en frappât lui-même, s'il prononçait jamais le mot « capitulation ». On a dit que ces paroles ne sont pas authentiques, mais, à défaut d'autre preuve, la conduite de Guiton jusqu'à la fin du siège suffirait à les justifier.

Le 28 avril 1627, le roi d'Angleterre avait interdit toute transaction commerciale entre ses sujets et la France. Louis XIII avait riposté par une décision réciproque, et il avait donné à Toiras, gouverneur de l'Aunis, l'ordre de fortifier à la hâte l'île de Ré, pour tenir en respect La Rochelle, refuge des protestants. Buckingham arriva bientôt dans le pertuis Breton, pendant que Charles, duc d'Angoulême, se tenait près de Marans avec une armée royale. Les Rochelais, menacés dans leurs libertés, crurent pouvoir les sauver à l'aide de l'Angleterre, mais sans aliéner leur indépendance au profit des Anglais. Ils étaient en train de célébrer un jeûne solennel, lorsque le maire Godeffroy fut averti que Beker, secrétaire de Buckingham, demandait à l'entretenir. Pour ne pas interrompre la solennité religieuse, Godeffroy ne reçut le messager que le lendemain. Celui-ci exposa au maire les raisons qui avaient déterminé son maître à faire une descente sur les côtes de France : les Huguenots étaient froissés dans leur liberté de conscience. En dépit des traités, le Fort-Louis subsistait toujours, et il fallait sans retard exiger la démolition de cette citadelle qui dominait La Ro-

chelle et s'opposait à sa sécurité. Ces ouvertures furent froidement accueillies. Chacun savait que Buckingham agissait dans ses intérêts propres, qu'il voulait surtout se réhabiliter aux yeux de ses compatriotes, et qu'en somme les Anglais, maîtres de l'île de Ré, inquiéteraient La Rochelle tout autant que le roi de France. Il fut donc répondu à Beker que l'on ne pouvait prendre aucune résolution sans l'assentiment du parti huguenot tout entier. Bien plus, Soubise, qui avait quitté La Rochelle depuis trois ans, eut beaucoup de peine à se faire recevoir dans la ville : il fallut que madame de Rohan vînt prendre son fils par la main pour que Godeffroy consentît à lui laisser franchir les murs. Des députés furent immédiatement envoyés à Marans pour dire au duc d'Angoulême que, malgré l'arrivée de Soubise, les Rochelais continueraient d'être les fidèles sujets du roi. Mais, au lieu de se contenter de ces protestations de dévouement, Louis XIII, dans un manifeste, condamna aussitôt Soubise et ses amis. Le duc d'Angoulême s'approcha de La Rochelle et, sous le prétexte de repousser les Anglais, fit construire les forts de la Moulinette et de Coureilles. Immédiatement, les Rochelais répondirent à cet acte d'hostilité en élevant, près du faubourg actuel de Tasdon, le fort du Fourneau, et en décrétant que tous les citoyens absents qui ne seraient pas revenus dans huit jours auraient leurs maisons rasées ou vendues. La situation devenait donc de jour en jour plus critique. Il ne fallait désormais qu'une occasion pour faire éclater la guerre, et cette occasion, le duc d'Angoulême la fournit.

Un des officiers de Charles, Cominge, sieur de Guitaut, était venu faire des remontrances au maire. Le

corps de ville avait répondu qu'il était tout disposé à se déclarer contre l'Angleterre, mais à la condition que le Fort-Louis fût, en attendant sa démolition, confié à la garde de Laforce, de la Trémoïlle ou même de Châtillon, dont les sentiments amicaux et pacifiques ne pouvaient être mis en doute. Le duc, apprenant cette réponse, feignit une violente colère, et commença aussitôt un ouvrage entre le Fort-Louis et la Porte des Deux-Moulins. Ce fut le signal de la lutte : La Rochelle protesta et Tessereau fit tirer le canon sur les manœuvres.

Au début des hostilités, Monsieur, frère du roi, fut repoussé devant le fort de Tasdon. Des « boulets à feu » lancés sur la ville causèrent peu de dommage aux maisons, dont la toiture avait été dégarnie de matières inflammables, et couverte de peaux de bœuf mouillées ou de baquets remplis d'eau. Sur ces entrefaites, les Rochelais établirent une chambre haute pour juger les délits de guerre, prononcèrent l'interdiction du culte catholique, s'emparèrent des deniers ecclésiastiques, et firent fondre des coulevrines en toute hâte. Au milieu de ces préparatifs, ils apprirent que l'île de Ré était ravitaillée, que le roi venait d'arriver à Aytré (12 octobre 1827), mais aussi que Rohan était parvenu à former une armée de 7000 hommes dans le Languedoc. Ils décidèrent Buckingham à prendre le commandement en chef des troupes en campagne, s'engageant en retour à lui fournir des vivres et des hommes. Ces conditions furent stipulées dans un traité signé le 13 octobre, et en vertu duquel les Rochelais conservaient le droit d'avoir deux voix délibératives dans tous les conseils tenus par le favori du roi d'Angleterre. Puis, par un manifeste justificatif, les Rochelais déclarèrent qu'ils s'étaient donnés

à Charles V, que Louis XI à genoux devant leur maire avait juré de sauvegarder leurs privilèges, et que depuis toutes les promesses qu'on leur avait faites n'avaient jamais été tenues. Ils étaient donc en droit de se plaindre, et aujourd'hui ils devaient se défendre, puisqu'on en voulait à leurs libertés. Ils terminaient en s'avouant bien haut les fidèles sujets du roi.

Buckingham, ennuyé de la perspective d'un long siège, partit pour l'Angleterre, emmenant avec lui Soubise et quelques députés Rochelais (Vincent, David, Dehinsse). Pour les assiégés, la victoire était une question de temps; Buckingham, lié à eux par la convention du 13 octobre, viendrait aisément à bout de la flotte royale et des vaisseaux que le roi d'Espagne avait envoyés à Richelieu. Le cardinal, qui se savait des ennemis dans sa propre armée et qui prévoyait le départ de l'impatient Louis XIII, ne comptait que sur lui. Voyant les choses traîner en longueur, il se résigna aux lenteurs d'un blocus. Treize forts entourèrent la ville, et l'italien Pompée Targon commença la construction de la digue. Cet immense travail, dont les restes subsistent encore, fut achevé par Thériot, maître maçon de Paris, et Métezeau, architecte du roi. « De vieux navires chargés de pierres et de cailloux — dit un historien rochelais — furent coulés et servirent à élever, au milieu d'une mer souvent orageuse, ce rempart de quatre toises (7 m. 80) de large sur la plateforme, mais qui à cause des talus, beaucoup plus considérables du côté de la mer que du côté de la ville, en avait au fond de dix-sept à dix-huit (33 à 35 mètres). Ces matériaux informes étaient liés de deux en deux toises par des assemblages de poutres et de grosses sablières, entre-croisés en arcs-boutants et revêtus de parements en

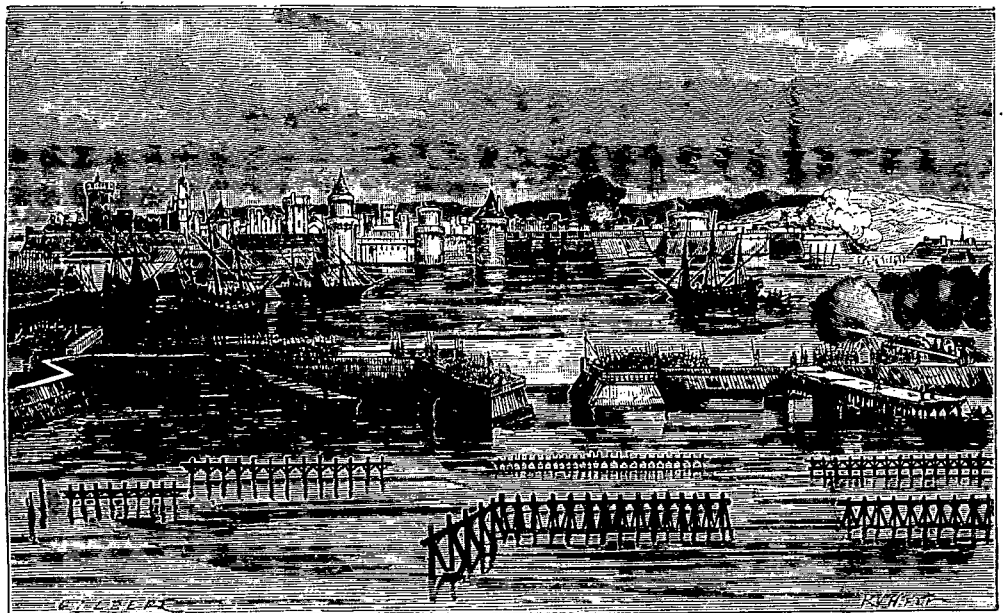


Fig. 27. — Siège de La Rochelle. — La digue.

grosses pierres de taille carrées. Deux masses ainsi formées s'avançaient l'une vers l'autre, ne laissant entre elles qu'un goulet oblique de trente toises (58 mètres), fermé par une chaîne, embarrassé par des pieux, des assemblages de pièces de bois nommés *chandeliers*, gardé par des bâtiments amarrés entre eux. Cette estacade était pour ainsi dire doublée par une rangée de navires flottant à l'ancre, armés d'éperons, munis de canons. »

Ces préparatifs n'effrayèrent point La Rochelle, et les chroniqueurs enregistrent chaque jour de nouveaux actes de bravoure. Le 30 décembre, une barque entre dans le port chargée de vin de Bordeaux; — le 12 janvier (1628), après une violente escarmouche, soixante bœufs sont introduits dans la ville; — le 28, des éclaireurs s'emparent du marquis de Feuquières, et peu s'en faut que le duc d'Angoulême ne soit pris avec Schomberg. Enfin, deux bateaux, revenant d'Angleterre, traversaient le goulet de la digue et, malgré les canons, arrivaient à La Rochelle : le premier, commandé par David, faillit être atteint par les galiotes du cardinal; le second, commandé par Sacremore, échoua entre les forts de Tasdon et de Coureilles; mais les quatorze matelots qui composaient l'équipage opposèrent à l'ennemi une vigoureuse résistance, pendant que les dépêches des alliés étaient portées au maire à travers les vases. On récompensa Sacremore et ses compagnons, et on donna à David une chaîne d'or aux armes du maire.

Tant d'enthousiasme aveugla les Rochelais. Leur fierté augmenta en même temps que leurs espérances, et, comptant sur la prochaine arrivée de Buckingham, ils repoussèrent dédaigneusement les propositions de

paix qui leur furent soumises le 25 avril 1628. Ils trouvèrent même que Godeffroy était un maire trop pacifique, et ce fut avec joie qu'ils confièrent l'administration de la ville au belliqueux Guiton. En prononçant les paroles héroïques que l'on connaît, l'ancien amiral frappa de son poignard la table de marbre qui se trouvait devant lui, et les Rochelais montrent encore avec orgueil la marque du poignard, dont la lame fit sauter un éclat du marbre. Le 11 mai, une flotte anglaise commandée par Dembigh, beau-frère de Buckingham, arriva en vue de la ville, mais elle repartit sans avoir attaqué les troupes françaises. Les Rochelais s'étonnèrent. La Grossetière et Gobert, franchissant la digue, arrivent près du roi Charles et obtiennent cette fois les promesses les plus brillantes. Bien souvent, des négociations entre les assiégés et les assiégeants avaient été entreprises, mais les huguenots voulaient traiter, non se soumettre, et les négociations avaient échoué. Le 7 juillet, Richelieu fit savoir aux Rochelais qu'ils auraient la vie sauve, s'ils se rendaient avant trois jours : la proposition fut aussi fièrement accueillie que les précédentes. En ce temps, il se passa un fait qui mérite les plus grands éloges. Un fanatique avait proposé au corps de ville d'assassiner Richelieu. Guiton refusa net ; le pasteur Salbert s'écria que, « si Dieu voulait les délivrer, ce ne serait pas par un crime ». Et pourtant les Rochelais ne comptaient plus sur l'Angleterre, et ils étaient entourés de traîtres, et ils n'avaient déjà plus de vivres, et les femmes allaient prendre des coquillages sous la digue, au risque d'être tuées par les soldats. On s'indigna à la pensée d'un crime, ce crime dût-il être le salut ; on continua de repousser les offres

de soumission qui furent faites en grand nombre pendant les mois d'août et de septembre 1638.

Il est impossible de lire sans émotion le récit des souffrances qu'éprouvèrent alors les assiégés. Chacun avait installé sur sa fenêtre une sorte de petit jardin et mangeait la verdure qu'il y faisait venir. On fit une gelée avec des peaux d'animaux, raclées et bouillies ; on se nourrit de cuirs, de parchemins. On but, en guise de vin, un mélange de sirop et de vinaigre que les contemporains appellent *tambonne*. La mortalité devenait de plus en plus considérable ; les cadavres jonchaient les rues, et plusieurs ne craignirent pas de s'en nourrir. Des plaintes commencèrent à s'élever; Guiton, l'inflexible marin, passa près de quelques jaloux pour vivre dans l'abondance ; le présidial ourdit même un complot contre lui. Cette conspiration fut découverte : le maire menaça encore de la mort ceux qui parleraient de se rendre; il interdit toute réunion, et ne sortit plus qu'armé et escorté. Le corps de ville fit garder les abords de sa maison.

Le meurtre de Buckingham ne découragea personne. On pensa qu'un amiral moins frivole rendrait plus de services, et la joie fut grande lorsque apparut la flotte anglaise. Lord Lindsey, qui la commandait, tira quelques coups de canon et lança quelques brûlots sur la flotte royale; mais ces attaques mal dirigées, volontairement sans doute, n'amenèrent aucun résultat. Grande fut la surprise des Rochelais, lorsqu'ils aperçurent du haut des tours des barques se rendant continuellement d'une flotte à l'autre, et lorsqu'ils surent que des négociations étaient entamées entre Richelieu et les Anglais. Cependant, la famine croissait toujours : « Par les rues —

dit le chroniqueur Mervault — on entendait à toute heure des cris et des gémissements effroyables : mais ce n'était que de ceux qui s'ôtaient le pain les uns aux autres; car pour les morts on ne s'amusait point à les pleurer. » On se plaignait auprès de Guiton ; on lui montrait les cadavres, mais il répondait : « Il faudra bien que vous et moi en venions là », ou bien : « Il suffit qu'il en reste un pour fermer les portes. » Pourtant, les assiégés n'avaient plus la force de porter les armes. Des lettres de Soubise, leur apprenant que l'Angleterre abandonnait leur cause, les anéantirent tout à fait, et le 25 octobre, à dix heures du soir, le sieur Seignette tirait sur les ennemis le dernier coup de fusil.

Guiton vit bien qu'on n'avait plus qu'à se soumettre. La défaite cette fois était inévitable ; il n'y avait plus rien à manger dans la ville ; de 28 000 individus, vivants au commencement du siège, il n'en restait plus que 6000, et plutôt que de continuer une inutile et puérile résistance, il engagea ses concitoyens à se résigner. Richelieu répondit aux envoyés qu'ils devraient demander pardon au roi de leur révolte, et le 30 octobre les troupes royales entrèrent dans la ville. Guiton voulut aller au-devant du cardinal avec le cortège ordinaire, mais on lui ordonna de laisser ses insignes et on lui dit que désormais il n'y aurait plus de maire à La Rochelle. Les rues furent débarrassées des cadavres qui les obstruaient, des vivres furent distribués aux affamés, et le lendemain, Louis XIII entendit les vêpres à l'église Sainte-Marguerite. Il fut reçu par les pères de l'Oratoire et par Henri d'*Escoubleau* de Sourdis, évêque de Maillezais.

Immédiatement, La Grossetière fut décapité ; mes-

dames de Rohan, enfermées au château de Niort; douze citoyens, entre autres Guiton, exilés pour six mois. Une déclaration du roi, relative à la situation future de la ville, se composait de 26 articles, dont voici quelques extraits :

— La religion catholique est rétablie; les églises seront réédifiées; .... il sera érigé sur la place du Château une croix, avec une inscription commémorative de la reddition de la ville, qui sera célébrée chaque année, le 1er novembre, par une grande procession (art. 1 — 8).

— Amnistie complète aux habitants et aux autres Français qui ont combattu avec eux (art. 10 — 12).

— La mairie, l'ordre des pairs, l'ordre des bourgeois, sont à jamais abolis; la cloche de l'échevinage sera fondue; tous les privilèges de la ville sont révoqués et abolis (art. 13 — 14).

— Nul ne pourra venir habiter La Rochelle sans une permission expresse du roi, et cette permission ne sera donnée à aucun homme étranger à la religion catholique, s'il n'a habité la ville avant la descente des Anglais (art. 23 — 24).

— Nul habitant de La Rochelle n'aura d'armes chez lui (art. 25).

. . . . . .

Le siège de La Rochelle eut un incroyable retentissement, et les écrivains, prosateurs ou poètes, le célébrèrent pendant deux ans dans toute la France. A bien réfléchir, cet événement avait une immense portée, à ce point que certains historiens ont affirmé qu'il constitue définitivement l'unité française. La chute de La

Rochelle, en effet, ne marquait pas seulement la mort des protestants en tant que parti politique : elle anéantissait aussi la dernière commune de France, la seule ville qui osât encore parler de ses privilèges et les invoquer quelquefois. Ces privilèges, exceptionnellement reconnus, gênaient Richelieu dans ses prétentions. En assiégeant La Rochelle, il songeait moins à débarrasser de ses adversaires le parti catholique qu'à sup-

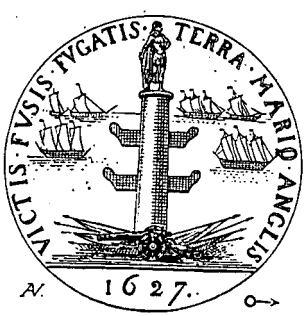


Fig 28. — Médaille commémorative du siège de La Rochelle.

primer un état de choses qui nuisait à la marche progressive du pouvoir.

Les Rochelais, eux, regardaient ces privilèges comme légitimes, croyant à juste titre les avoir dignement acquis. Et de fait, ils avaient plus d'une fois rendu de grands services à la France. Ils se rappelaient que pendant la guerre de Cent Ans leurs ancêtres avaient donné asile au Dauphin Charles, lui sacrifiant généreusement leur argent et leur vie. Grâce à leurs capitaines, Charles VII avait conservé le denier port qui restât à la monarchie, et c'est en échange de tant de services qu'ils

avaient si longtemps joui de ces franchises que Richelieu ne toléra plus.

Les rares assiégés qui survécurent à la catastrophe transmirent à leurs descendants cet amour de l'indépendance qui causa leur ruine, et l'on peut dire avec confiance qu'il n'est pas d'homme plus fier, plus jaloux de sa liberté, qu'un véritable descendant des Rochelais de 1628.

XXVIII

Le siège de Magdebourg par Tilly.

(1631.)

De bonne heure, Magdedourg montra un grand attachement à la Réforme. Wallenstein l'assiégea inutilement pendant sept mois, mais elle fut prise par Tilly, au début de la période suédoise de la guerre de Trente Ans.

Les bourgeois de cette ville, voulant à toute force maintenir les droits de Christian-Guillaume de Brandebourg, refusèrent en termes formels l'évêque nommé par l'empereur d'Allemagne Ferdinand II : le comte de Tilly concentra aussitôt ses forces derrière l'Elbe pour s'emparer de Magdebourg et triompher de la rébellion. Le roi de Suède, Gustave-Adolphe, était alors arrêté par l'électeur de Saxe, qui s'obstinait à vouloir garder la neutralité. Il ne put donc venir au secours des bourgeois, et se contenta de leur envoyer quelques troupes, commandées par Falkenberg.

Cet habile officier fit tous ses efforts pour sauver la ville et donna en maintes occasions des preuves non équivoques de sa bravoure, mais les forces réunies de Tilly devaient finir par triompher de soldats bien déterminés et auxquels il ne manquait que d'être plus nombreux. Les Impériaux prirent rapidement possession de tous les ouvrages extérieurs, malgré l'héroïque résis-

tance des assiégés, qui perdirent courage et commencèrent à désespérer, lorsqu'ils surent que ni le roi de Suède ni les confédérés de Leipzig ne pourraient leur porter secours. Pour comble de malheur, la disette se fit sentir et la désunion se mit parmi eux. Aussi se décida-t-on à traiter.

L'armée impériale, accoutumée au pillage, réfléchit qu'elle ne pourrait saccager Magdebourg, si une capitulation était signée. Le comte de Pappenheim profita donc, pour donner l'assaut, d'une nuit où les assiégés, fatigués et se reposant sur les négociations entamées, s'étaient retirés pour prendre du repos. Bien que pris à l'improviste, les défenseurs de Magdebourg repoussèrent énergiquement l'attaque, et ils étaient sur le point de chasser les Impériaux des ouvrages que ceux-ci avaient escaladés, lorsque Falkenberg fut tué. Pappenheim s'aperçut du découragement causé aux soldats par la perte de leur général. Il fit mettre le feu à une maison, l'incendie se communiqua rapidement à toute la ville, et à la faveur du désordre, les Impériaux entrèrent dans Magdebourg : ils s'y livrèrent aux plus déplorables excès, et le sac de Magdebourg est peut-être le plus terrible de ceux dont l'histoire a conservé le souvenir (10 mai 1631). Tilly fit massacrer ou brûler vifs 30 000 individus sans distinction d'âge ni de sexe. « Depuis la destruction de Jérusalem et de Troie — disait-il — on n'a pas vu une telle victoire ! » Ces scènes atroces se continuèrent pendant trois jours. Comme les officiers de Tilly l'engageaient à faire cesser le désordre : « Revenez demain, leur répondit-il, nous verrons ; au reste, il faut bien que le soldat s'amuse après tant de travaux et de fatigues ! »

XXIX

Le siège de Lérida.

(1647).

Fier de ses campagnes de Rocroi, de Fribourg, de Nordlingen, le prince de Condé passa en Catalogne et vint mettre le siège devant Lérida (1647). Cette ville, bâtie sur le roc vif, était défendue par des murs épais, de nombreux bastions, un large fossé, et possédait un château fort qui lui tenait lieu de citadelle. La garnison, s'élevant à 4000 soldats, était commandée par le Portugais Gregorio Britto, homme d'une grande valeur et d'un caractère généreux. L'armée française avait pour chef le maréchal de Grammont, sous les ordres du prince, et pour lieutenants généraux le comte Marsin et le duc de Châtillon. Elle occupa les lignes mêmes du comte d'Harcourt, qui avait échoué devant Lérida en 1646.

Condé ne voulut pas commencer l'attaque avant d'avoir reçu la grosse artillerie que Mazarin devait lui envoyer. Mais, dans l'intervalle, la fonte des neiges grossit le cours de la Sègre, qui déborda et entraîna tous les ponts de communication : Gregorio Britto profita de cette circonstance pour attaquer l'armée assiégeante. Le comte de Marsin se trouvait alors seul au camp, parce que Condé, pour tromper les ennuis d'un long siège, était allé prendre possession des châteaux voisins. Pendant

deux heures, il résista seul aux Espagnols, qu'il finit par repousser : 4000 cavaliers furent démontés, et le reste des ennemis, poussé dans la Sègre, dut regagner Lérida à la nage.

A son retour, le prince, « pour insulter la place et le gouverneur, nous dit Hamilton, fit monter la première tranchée en plein jour par son régiment, à la tête duquel marchoient vingt-quatre violons, comme si c'eût été pour une noce » (28 mai 1647). Cette fanfaronnade enthousiasma un instant les troupes, mais, en dépit des prières et des menaces de Condé, l'ardeur des soldats ne tarda pas à se refroidir en présence des obstacles. Britto dirigea sur les assaillants une décharge de mousqueterie et d'artillerie, et les repoussa avec perte. Continuellement les cris « *Alerte, à la muraille!* » partaient du rempart, et plus d'une fois les Espagnols, dans leur sorties, nettoyaient la tranchée comblaient les travaux et tuaient tout « ce que nous avions de meilleur en soldats et en officiers ». Britto parvint un jour à envahir la tranchée où se trouvait le prince ; il massacra les mineurs, encloua les canons et fit un grand nombre de prisonniers. Il fallut cinq jours pour réparer les ouvrages.

Le 11 juin, Condé dînait, au delà de la Sègre, chez le comte de Marsin, lorsque le gouverneur vint attaquer à l'improviste le régiment qui gardait les travaux. On se défend vaillamment; La Moussaie, l'épée à la main, couvre, presque seul, une batterie. Le prince, arrivant à ce moment, encourage les Suisses qui chargent les Espagnols, maîtres de la tranchée, et les forcent à rentrer dans la place. Pendant tout le temps que dura l'action, Britto blessé se fit porter en chaise sur le rempart pour exciter les combattants de la voix et du geste.

Le 17 juin, Condé, qui avait déjà battu en brèche la contrescarpe de la ville et du château, allait peut-être triompher de l'héroïque gouverneur, lorsqu'il apprit qu'une armée espagnole venait au secours de la place. Il leva donc le siège, essuyant un revers pour la première fois. A partir de ce moment, on regarda Lérida comme imprenable, mais le duc d'Orléans s'en empara en 1707.

XXX

Le siège de Vienne par Kara-Mustapha.

(1683.)

Après avoir signé avec l'hetman des Cosaques la paix de Radzin (1681), Kara-Mustapha, gendre du vizir Achmet, poussé par les Hongrois mécontents, se prépara à marcher contre l'Autriche. Il arriva à Belgrade avec 30 000 hommes, déclara aux Hongrois qu'il venait défendre leurs libertés, et marcha droit sur Vienne, devant laquelle il arriva le 14 juillet 1683. En apprenant l'arrivée des Turcs, Léopold effrayé s'enfuit avec sa famille, et 60 000 habitants suivirent l'exemple de l'empereur.

Le grand-vizir envoya d'abord au comte de Stahremberg, gouverneur de la capitale, deux lettres où il le sommait de se rendre. Mais le comte répondit aux sommations de Mustapha en faisant incendier les faubourgs et en donnant des armes aux écoliers et aux bourgeois. Il confia au colonel Christophe de Bœrner la direction de l'artillerie, et décida que, lorsque la grosse cloche de Saint-Étienne sonnerait, chacun devrait courir à son poste.

Dans la nuit du 14 au 15 juillet, Mustapha, qui avait sa tente dans le faubourg Saint-Ulrich (auj. *Maria Trost am Platzel*), fit ouvrir la tranchée de trois côtés

à la fois. Le duc de Lorraine, sortant aussitôt de l'île de Léopoldstadt, passa le Danube avec ses troupes : il fut rejoint par les Turcs, contre lesquels il combattit pendant deux heures, perdit 4000 soldats et, grâce au général Schultz qui coupa le grand pont du Danube, il vint couvrir la Hongrie, la Moravie, la Silésie et la Bohême, pour tenir tête à Tékéli, lieutenant du grand vizir, dont les troupes dévastaient le pays (16 juillet 1683). Mustapha fit descendre le long du canal du Danube toutes les embarcations qui se trouvaient à Klosterneubourg et à Nussdorf et établit ainsi un pont de bateaux destiné à remplacer celui qui venait d'être détruit.

De part et d'autre, on montra un égal courage. Du 25 juillet au 8 septembre, dix-huit assauts furent livrés, et du 16 juillet au 3 septembre, les Autrichiens exécutèrent vingt-quatre sorties. Les assiégés n'eurent que sept fois des nouvelles de l'armée impériale pendant toute la durée du siège. Parmi ceux qui risquèrent leur vie pour traverser le camp ottoman, il convient de citer le Polonais George-Francois Koltschitzky, interprète de la Compagnie orientale, qui passa au milieu des assiégeants avec son domestique, en chantant des refrains turcs, et qui revint sans accident trois jours plus tard. Après la guerre on lui permit, à titre de récompense, d'ouvrir à Vienne le premier établissement de café.

Les travaux des Turcs avançaient rapidement ; le 31 juillet, la tranchée atteignit la contrescarpe, et les musulmans frappèrent de leurs bâtons les Autrichiens postés derrière les palissades. Ceux-ci, sur le conseil du comte de Daun, prirent des faux à long manche, à l'aide desquelles ils écartèrent des palissades tous ceux qui venaient à leur portée. Mais, malgré cette résistance,

les Turcs occupèrent la contrescarpe, le trente-deuxième jour du siège (15 août). Le surlendemain, le sultan adressa à Mustapha une lettre d'éloges, un sabre orné de diamants, un poignard, un panache de héron et une pelisse de drap d'or doublée de zibeline. Le grand vizir redoubla d'ardeur, et tous les jours des mines éclatèrent sous les bastions.

Au moment où les assiégeants, qui savaient par des traîtres que les Autrichiens manquaient déjà de poudre et de munitions, comptaient bientôt prendre Vienne, les Polonais et les Bavarois, commandés par l'illustre Sobieski, roi de Pologne, arrivèrent à Klosterneubourg et opérèrent leur jonction avec les troupes impériales. Il était temps. « Il n'y a plus de temps à perdre, monseigneur, écrivait Stahremberg au duc de Lorraine; je vous en supplie, ne perdez plus de temps! » Les Turcs, en apprenant l'approche d'une armée de secours, se rangèrent en bataille en face du Calenberg, où vint se placer le roi de Pologne (11 septembre). Dans la nuit du 11 au 12, Sobieski écrivit à la reine : « Nos ennemis — lui disait-il — se sont bornés jusqu'à présent à lancer une cinquantaine de leurs escadrons, avec quelques mille janissaires, contre notre aile gauche commandée par le duc de Lorraine et le prince électoral de Saxe, qui occupent le couvent des Camaldules. Les Turcs semblent vouloir défendre le ravin; j'y cours en terminant cette lettre ».

L'armée de secours se composait de 50 000 hommes, en y comprenant les troupes polonaises. La cavalerie de Sobieski était équipée avec une magnificence incroyable, mais ses fantassins étaient littéralement déguenillés. Comme, pour ce motif, le prince

Lubomirski engageait le roi à faire défiler son infanterie pendant la nuit : « Regardez-la bien, répondit le monarque. C'est une troupe invincible qui a fait le serment de ne jamais porter que les uniformes de l'ennemi. Dans la dernière guerre, ils étaient tous vêtus à la turque. »

Le dimanche 12 septembre 1683, le prêtre Marco d'Aviano dit une messe qui fut servie par le roi de Pologne lui-même. Après la cérémonie, cinq coups de canon donnèrent le signal de la bataille. Jean Sobieski et le grand hetman Jablonowski commandaient l'aile droite, le duc de Lorraine dirigeait l'aile gauche. Au centre, se voyaient les électeurs de Saxe et de Bavière, et les frères de l'impératrice.

« Dès le premier choc, dit M. de Hammer, le duc de Croy fut blessé, et son frère Maurice tué. Voyant les janissaires faiblir, le grand vizir se porta au centre de l'armée ottomane.... Les Autrichiens et les Saxons gagnaient du terrain pied à pied dans le ravin de Heiligenstadt, et parvinrent ainsi à Dœbling, où le gros des janissaires s'était jeté avec dix pièces de canon.... A deux heures de l'après-midi les Polonais, débouchant de la forêt de Dornbach, fondirent sur l'ennemi.... A quatre heures, les Turcs avaient été repoussés jusque dans les faubourgs où était situé leur quartier général.... Le combat dura une heure dans les faubourgs, et, à sept heures du soir, Vienne était délivrée. » Le khan des Tartares avait été le premier à donner l'exemple de la fuite, et les spahis seuls opposèrent une sérieuse résistance à l'armée chrétienne. Mustapha, à la vue de Sobieski, était entré dans une violente colère et avait fait massacrer 30 000 prisonniers; mais plus

de 10 000 des siens restèrent sur le champ de bataille. Sobieski s'empara d'un butin considérable : 300 canons, 5000 tentes, 600 bourses pleines de piastres, l'armure et les équipements du grand vizir, un grand nombre de drapeaux, enrichirent les vainqueurs. Le lendemain le roi de Pologne parcourut à cheval les remparts et la ville, et entonna le *Te Deum* dans l'église des Augustins. Voici des extraits de la lettre qu'il écrivit le soir même à la reine :

« Je n'ai pas encore vu tout le butin, mais il peut se comparer à celui que nous avons recueilli à Chocim; quatre ou cinq carquois ornés de rubis et de saphirs valent seuls mille ducats. Tu ne me diras pas ce que les femmes tartares disent à leurs maris lorsqu'ils reviennent les mains vides : « Tu n'es pas un guerrier, puisque tu ne m'as rien apporté; car celui-là seul s'enrichit qui ne craint pas de marcher en avant.... Il m'est impossible de te faire concevoir le luxe raffiné qui régnait dans les tentes du vizir : on y voyait des bains, de petits jardins, des fontaines, des garennes, et jusqu'à un perroquet.... Je ne puis te décrire tout ce qui compose ma part de butin, mais les objets principaux sont : une ceinture et deux montres enrichies de diamants, quatre ou cinq coutelas très riches, cinq carquois ornés de rubis, de saphirs et de perles, des couvertures, des tapis et mille petits riens, les plus belles fourrures de zibeline qui soient au monde. Les soldats ont pris beaucoup de ceintures enrichies de diamants.... J'ai une cassette en or massif contenant trois plaques d'or de l'épaisseur d'un parchemin et couvertes de figures cabalistiques.... »

XXXI

Le siège de Mayence.

(1795.)

En 1792, les Autrichiens ayant envahi le territoire français, Custine vint investir Mayence, dont le gouverneur, le baron de Gimmnich, capitula après deux sommations. A la suite de nos revers dans le Nord, 60 000 Prussiens parurent, le 6 janvier 1793, devant le fort de Cassel, qui couvre la tête du pont de Mayence.

« Mayence, dit M. Thiers, placée sur la rive gauche du Rhin, du côté de la France et vis-à-vis de l'embouchure du Mein, forme un grand arc de cercle dont le Rhin peut être considéré comme la corde. Un faubourg considérable, celui de Cassel, jeté sur l'autre rive, communique avec la place par un pont de bateaux.... Du côté du fleuve, Mayence n'est protégée que par une muraille en briques, mais du côté de la terre elle est extrêmement fortifiée.... La garnison s'élevait à 20 000 hommes.... L'artillerie se composait de 130 pièces en bronze et de 60 en fer, qu'on avait trouvées et qui étaient fort mauvaises; les Français en avaient apporté 80 en bon état. »

La défense de Cassel et des postes de la rive droite fut confiée à Meunier. Doyré s'occupa des travaux dans la ville même; Aubert-Dubayet prit le commandement des

troupes, et les représentants du peuple, Merlin et Rewbell, animèrent la garnison de leur présence. — 10 000 Hessois, sous la conduite du général Schœnfeld, cernaient Cassel; les Autrichiens et les Prussiens assiégeaient Mayence; ils étaient commandés par le vieux maréchal Kalkreuth. L'investissement de la place fut formé en avril 1793.

L'armée assiégeante avait résolu, pour commencer l'attaque, d'attendre les canons que la Hollande devait lui envoyer. Mais la garnison, qui d'un bout à l'autre du siège fit des prodiges de valeur, s'empressa de prendre l'offensive. Le 11 avril, Meunier sortit de Cassel dans l'intention de surprendre les Hessois. Un coup de fusil, parti à l'improviste, donna l'éveil aux assiégeants, et les Français durent battre en retraite. Ils enlevèrent à l'ennemi 40 bœufs qui furent salés et mis en réserve.

Le 30 mai, il fut décidé qu'on ferait une sortie sur Marienbourg, où était le quartier général du roi de Prusse Frédéric Guillaume. Dans la nuit, 6000 hommes sortirent. Ils étaient déjà maîtres des retranchements ennemis et ils allaient surprendre Frédéric Guillaume, lorsque l'alarme fut donnée. Le roi fit aussitôt couvrir la place de feux, un tiers des maisons s'écroulèrent, les magasins furent détruits. Puis Meunier, qui attaquait la grande île du Mein, fut blessé au genou et expira le même jour, malgré les soins que Frédéric lui fit prodiguer (13 juin). « Il m'a fait bien du mal, mais l'univers n'a pas produit un plus grand homme! » disait le roi de Prusse, et pendant les funérailles, les assiégeants interrompant leurs opérations, saluèrent d'une salve d'artillerie le corps du brave général, qui fut déposé à la pointe du bastion de Cassel.

Lorsque les armées de la coalition eurent reçu de Hollande les convois qu'elles attendaient, elles poussèrent activement les opérations du siège. Un officier prussien conseillait de s'emparer de l'île de Petersau, dont la pointe remontait entre le faubourg et la ville, et de prendre ensuite Cassel. Mais on trouva l'entreprise trop difficile, et on ouvrit la tranchée vis-à-vis de la citadelle. Le 19 juillet, 200 pièces étaient dirigées sur la place, et des batteries flottantes, disposées sur le Rhin, incendiaient la ville par le côté le plus ouvert. La garnison n'avait plus d'aliments; elle se nourrissait de rats, de chair de cheval, et des soldats faisaient leur soupe avec de l'huile de poisson. Aubert-Dubayet convia un jour son état-major à un festin, se composant d'un chat flanqué de douze souris. Quelques soldats, ayant mangé la chair des chevaux morts qu'entraînait le fleuve, furent victimes de cette imprudence.

Les Prussiens avaient fait imprimer à Francfort de faux *Moniteurs*, où il était dit que Dumouriez avait renversé la Convention et que Louis XVII était sur le trône. Ils faisaient passer ces pièces mensongères à la garnison, qui, ne recevant aucune nouvelle de France, ne savait à quoi s'en tenir. Aubert-Dubayet laissa sortir 2000 habitants, mais ces malheureux périrent entre le camp ennemi et la ville : on refusa de les laisser passer.

A la fin, lorsqu'on sut qu'on n'avait rien à attendre des armées du Rhin et de la Moselle, comme on n'avait plus de vivres, on prit le parti de capituler. Le 25 juillet la garnison sortit de Mayence avec ses armes et ses bagages, à la seule condition qu'elle ne se battrait pas, pendant un an, contre les Coalisés. Les *Mayençais*,

après une aussi glorieuse défense, furent accueillis par leurs concitoyens avec la dernière rigueur, et les gendarmes s'emparèrent d'Aubert-Dubayet, accusé de trahison. Il fallut l'énergique intervention du commissaire-représentant Merlin pour dessiller les yeux de la Convention, qui déclara enfin que les défenseurs de Mayence avaient bien mérité de la patrie.

XXXII

Le siège de Toulon.

(1793.)

Au mois d'août 1793, Toulon se livra aux Anglais. La Convention ne tarda pas à ordonner le siège de cette ville, et vers la fin de la même année Carteaux s'établit avec 7 ou 8000 hommes au débouché des gorges d'Ollioules, tandis que le général Lapoype se rangeait du côté opposé, vers Lavalette. Bientôt Carteaux fut remplacé par le général Doppet, auquel succéda Dugommier. Des renforts arrivèrent, et 28 000 hommes se réunirent devant Toulon.

Le Comité de salut public envoya à Dugommier un plan d'attaque rédigé par le Comité des fortifications, et le général réunit un conseil de guerre pour l'examiner. Parmi ceux qui assistaient à la séance se trouvait un jeune officier d'artillerie, qui avait déjà servi dans l'armée d'Italie. Bonaparte — c'était son nom — proposa au conseil de prendre le fort de l'Éguillette, dit le *Petit-Gibraltar* et situé à l'extrémité du promontoire qui ferme la rade intérieure. Maître de cette position, ou bien on brûlerait les escadres, ou bien on verrait la flotte anglaise évacuer la rade sur-le-champ. Ce plan d'attaque était périlleux, mais il avait l'avantage d'abréger les opérations du siège, et il fut adopté.

Bonaparte fit alors dresser une batterie derrière des oliviers, près du fort Malbosquet. Le général O'Hara, chef de la garnison, surpris par les feux de cette batterie, sortit à l'improviste avec 6000 hommes et arriva jusqu'aux postes républicains. Il commençait à enclouer les canons, lorsque Bonaparte, s'élançant avec son bataillon dans un boyau qui conduisait à la batterie, tomba tout à coup sur les Anglais, qui s'enfuirent en

Fig. 29. — Médaille commémorative du siège de Toulon

voyant Dugommier accourir avec ses troupes (30 novembre).

Le 18 décembre, l'assaut fut donné au fort de l'Éguillette : le jeune capitaine d'artillerie Muiron se précipita avec ses soldats par une embrasure et enleva la position presque instantanément. En même temps, le général Lapoype emportait une des redoutes du fort Faron.

Lorsque les Anglais virent qu'on se disposait à foudroyer leur flotte, ils sortirent de la rade, après avoir incendié l'arsenal. Peu s'en fallut que l'amiral Hoop

n'abandonnât à l'armée victorieuse ceux qui avaient trahi leur patrie par sa faute ! Les républicains trouvèrent la ville presque déserte. De 56 bâtiments, il n'en restait que 18 : le reste avait été brûlé.

Néanmoins, la prise de Toulon, qui chassait les Anglais du midi de la France et les empêchait d'y fomenter la révolte, causa au peuple une vive satisfaction. A un autre point de vue, ce siège est très célèbre, car il commença la fortune de celui qui devait être Napoléon Ier.

XXXIII

Le siège de Saint-Jean-d'Acre.

(1799.)

Lorsque Bonaparte, alors en Égypte, apprit que les Turcs, soutenus par l'Angleterre, se préparaient à lui faire la guerre, il résolut, suivant son habitude, de déconcerter ses ennemis par la rapidité de ses opérations, et, traversant le désert, il marcha sur Saint-Jean-d'Acre avec les divisions Kléber, Reynier, Lannes, Bon et Murat (février 1799). En même temps, il donna au contre-amiral Perrée l'ordre de transporter d'Alexandrie sur les côtes syriennes de l'artillerie et des munitions. Après s'être emparé sans difficulté d'El Arisch, de Gaza et de Jaffa, il arriva devant l'ancienne Ptolémaïs, défendue par une nombreuse garnison, par le pacha Djezzar, par d'excellents pointeurs anglais et enfin par l'émigré Phélippeaux, officier de génie fort habile.

On ouvrit aussitôt la tranchée (20 mars), mais on manquait de boulets, car l'artillerie qu'on attendait d'Alexandrie avait été enlevée par le commodore anglais Sidney-Smith, qui croisait dans ces parages. Bonaparte imagina un stratagème. Il envoyait sur la plage quelques cavaliers, et Sidney-Smith, en les apercevant, faisait feu de toutes ses batteries; « les soldats, auxquels on donnait cinq sous par boulet, allaient les

ramasser au milieu de la canonnade et des rires universels[1]. »

Le général du génie Samson ayant déclaré qu'il n'existait ni contrescarpe ni fossé, on fit brèche et on voulut monter à l'assaut, mais on s'aperçut bien vite de l'inexactitude des renseignements donnés par Samson. On fit jouer la mine ; une partie de la contrescarpe fut emportée, mais l'assaut manqua et coûta la vie à l'officier Mailly et au commandant Laugier.

Pendant qu'on commençait à miner pour faire sauter la contrescarpe tout entière, on apprit l'approche de l'armée turque. La division Kléber marcha à sa rencontre et se mesura avec elle le 16 avril au pied du mont Thabor. Bonaparte vint en personne prendre part au combat, et l'armée turque fut anéantie.

« Pendant cet intervalle, dit M. Thiers, on n'avait cessé de miner, de contre-miner autour des murs de Saint-Jean-d'Acre.... Il y avait un mois et demi qu'on était devant la place; on avait tenté beaucoup d'assauts, repoussé beaucoup de sorties, tué beaucoup de monde à l'ennemi; mais, malgré de continuels avantages, on faisait d'irréparables pertes de temps et d'hommes. » Le 7 mai, un renfort de 12000 hommes arriva dans le port pour délivrer la place. Avant qu'il ait eu le temps de débarquer, on bat en brèche un pan de muraille, on monte à l'assaut, on encloue les canons, on égorge tout », en un mot, on est presque maître de la ville, lorsque les soldats fraîchement débarqués s'avancent en bataille. Au même instant les assiégés sortent, prennent la brèche à revers et coupent la retraite

[1] Thiers, *Histoire de la Révolution*, X, p. 292.

aux Français qui sont dans la ville. Bonaparte ordonne un nouvel assaut trois jours après, mais on ne peut même pas dépasser la brèche.

Le siège durait depuis deux mois. Le tiers de l'armée de Syrie, c'est-à-dire 4000 hommes, avait péri, et la peste venait joindre ses ravages à ceux de la guerre. Bonaparte leva donc le siège et se décida à revenir en Égypte (20 mai). Il s'éloigna à regret, mais non sans avoir réduit la plus grande partie de la ville en cendres. Il attachait à la prise de Saint-Jean-d'Acre une importance considérable, car il rêvait des conquêtes en Orient. Aussi disait-il souvent en parlant de Sidney-Smith :

« Cet homme m'a fait manquer ma fortune! »

XXXIV

Le siège de Dantzig.

(1807.)

Après la bataille d'Eylau, Napoléon poursuivit les Russes jusqu'à Kœnigsberg ; puis il vint s'établir en avant de la basse Vistule pour mieux couvrir le siège de Dantzig, dont il avait chargé le maréchal Lefebvre. Le roi de Prusse avait eu le temps d'envoyer dans cette ville une garnison de 18 000 hommes, à laquelle il donna pour chef le vaillant maréchal Kalkreuth. Dantzig, défendue par de solides ouvrages et par une enceinte bastionnée, est située sur le bras gauche de la Vistule ; les hauteurs qui la dominent sont également fortifiées. Au mois de mars 1807, époque à laquelle commencèrent définitivement les opérations du siège, elle renfermait une quantité de blés et de vins capable de subvenir aux besoins de la population pendant plus d'une année, et cette circonstance avait décidé Napoléon à prendre la ville.

Le maréchal Lefebvre fut secondé dans la direction du siège par l'ingénieur Chasseloup-Laubat et le général d'artillerie Lariboisière. Le corps chargé des opérations se composait de 18 000 hommes, dont 3000 Français et 15 000 auxiliaires Polonais, Badois ou Saxons. Le 19 mars, le général Schramm, à la tête d'un petit

corps de troupes, passa la Vistule à deux lieues au-dessus de Dantzig et débarqua dans le Nehrung, banc de sable compris entre Kœnigsberg et la place. Là, il repoussa une agression des Prussiens sortis du fort de Weichselmünde, et une attaque de 5000 assiégés qui, faisant tout à coup une sortie, avaient brusquement remonté la Vistule. De cette manière, nous étions déjà maîtres d'un passage sur le fleuve, et le Nehrung se trouvait intercepté malgré les efforts de l'ennemi qui tenta sept jours après deux sorties, l'une de Dantzig, l'autre des positions extérieures du fort de Weichselmünde. Sur les hauteurs qui dominent la place se trouvent deux ouvrages : le Bischofsberg et le Hagelsberg. Le général Chasseloup-Laubat résolut d'attaquer le dernier, beaucoup plus facile à prendre, et fit tracer la première parallèle[1].

[1] Voici quelques détails sur la manière dont on se présente devant les places : « C'est en s'enfonçant sous terre, en ouvrant des tranchées, et en jetant du côté de l'ennemi les déblais provenant de ces tranchées, qu'on avance sous le feu de la grosse artillerie. On trace ainsi des lignes qu'on appelle *parallèles*, parce qu'en effet elles sont parallèles au front qu'on attaque. On les arme ensuite de batteries, pour répondre au feu de l'assiégé. Après avoir tracé une première *parallèle*, on s'approche, en cheminant sous terre, par des *zigzags*, jusqu'à la distance où l'on veut tracer une seconde *parallèle*, qu'on arme de batteries comme la première. On arrive successivement à la troisième, d'où l'on s'élance au bord du fossé, qui s'appelle *chemin couvert*. Puis on descend dans ce fossé avec de nouvelles précautions, on renverse avec des batteries de brèche les murailles appelées *escarpes*, on remplit le fossé de leurs décombres et sur ces décombres on monte enfin à l'assaut. Des sorties de l'ennemi pour troubler ces travaux difficiles, des combats de grosse artillerie, des mines qui font sauter dans les airs assiégeants et assiégés, ajoutent des scènes animées et souvent terribles à cette affreuse lutte souterraine, dans laquelle la science le dispute à l'héroïsme, pour attaquer ou défendre les grandes cités » (Thiers, *Histoire du Consulat et de l'Empire*, tome VII, p. 506 et 507).

Dans la nuit du 10 au 11 avril, un violent combat fut livré aux Prussiens, qui avaient exécuté des travaux de contre-approche dans le but d'occuper un mamelon situé au-dessus de nos tranchées. Cette position ne nous resta qu'après un triple engagement, et le maréchal Lefebvre dut lui-même repousser en personne une furieuse sortie de la garnison. Le 15, le général Gardanne étant venu avec les troupes du Nehrung le long du canal de Laake, entre Dantzig et le fort de Weichselmünde, 3000 Russes sortirent du fort et attaquèrent les Français. Ils venaient d'être repoussés lorsque 2000 Prussiens tombèrent sur nos soldats. Ils furent également battus, et l'on s'occupa les jours suivants de consolider notre établissement dans le Nehrung et sur la basse Vistule.

L'ouverture du feu eut lieu dans la nuit du 23 avril. 58 pièces bombardèrent la ville et y allumèrent à deux reprises un incendie que les assiégés parvinrent à éteindre. La troisième parallèle fut alors entreprise, mais la garnison fit une vigoureuse sortie : on se battit à l'arme blanche dans les fossés et les pertes de l'ennemi furent si considérables que Kalkreuth demanda une suspension d'armes pour enlever ses morts. Pourtant, le maréchal Lefebvre, aussi ignorant en stratégie qu'intrépide devant la mitraille, s'impatientait et ne comprenait rien aux combinaisons des ingénieurs. Il voulait à toute force en finir par un assaut général, et il fallut une réprimande de l'Empereur pour décider ce vieux soldat à ne pas sacrifier, inutilement peut-être, « la poitrine de ses grenadiers ». Le siège fut donc continué conformément aux règles.

A ce moment, on apprit que le tzar et le roi de Prusse, réunis à Bartentstein, avaient résolu de secourir Dantzig. Effectivement, un corps d'infanterie russe, embarqué à Pillau, arrivait à Weichselmünde, tandis que le colonel Bulow marchait sur le Nehrung, avec un détachement de cavalerie. Lefebvre, effrayé d'abord à cette nouvelle, se rassura en voyant que Napoléon lui envoyait des renforts. Les Russes débarquèrent à Weichselmünde le 12 mai, et trois jours après ils vinrent nous attaquer dans le Nehrung. Ils furent repoussés plusieurs fois, perdirent 2000 hommes, et dans cette journée le général Schramm se couvrit de gloire. La tentative que firent les corvettes anglaises pour forcer la Vistule et ravitailler la place ne fut pas plus heureuse, Dantzig se trouva définitivement abandonnée à elle-même, et les derniers travaux d'approche furent dès lors poussés avec une grande vigueur. Les soldats du génie descendirent avec une peine inouïe au fond du fossé; ils coupèrent les palissades sur une largeur de 90 pieds. Aussi l'assaut fut-il résolu pour le 21 mai au soir.

Sur ces entrefaites, le colonel Lacoste se présenta en parlementaire à Dantzig pour remettre au général Kalkreuth des lettres à son adresse trouvées sur une corvette anglaise récemment prise. Kalkreuth profita de l'occasion pour demander à capituler, mais dans les conditions qu'avait jadis obtenues la garnison de Mayence. Lefebvre consulta Napoléon, qui se rendit au désir du général prussien, et la capitulation fut signée le 26 mai. L'Empereur publia immédiatement cet ordre du jour :

Finkenstein, 26 *mai* 1807.

« La place de Dantzig a capitulé et nos troupes y sont entrées « aujourd'hui à midi.

« Sa Majesté témoigne sa satisfaction aux troupes assiégeantes. « Les sapeurs se sont couverts de gloire. »

Lefebvre entra dans la ville, suivi d'un détachement de chacun des corps qui avaient fait le siège. Le génie marchait en tête.

Quarante-huit heures après, le fort de Weichselmünde se rendit.

XXXV

Les sièges de Saragosse.

(1808 et 1809.)

Une junte convoquée à Bayonne avait proclamé roi d'Espagne Joseph Bonaparte (1808). La publication officielle des abdications arrachées à Ferdinand VII et à Charles IV et l'application des principes révolutionnaires en Espagne, eurent pour effet immédiat de soulever les Asturies, la Galice, la Vieille-Castille, l'Estramadure, l'Andalousie, Murcie, Valence, la Catalogne et l'Aragon. Saragosse fut une des premières villes qui s'insurgèrent (24 mai 1808). Après avoir successivement destitué le capitaine don Juan de Guillermi et le général Mari qu'elle trouva trop timide, la population donna le commandement au jeune Joseph Palafox de Melzi, partisan dévoué de Ferdinand VII. Palafox convoqua les Cortès de la province, organisa la résistance et communiqua à la population un tel enthousiasme que Logroño, située à six lieues des troupes françaises, prit part à l'insurrection. « Napoléon, dit M. Thiers, ordonna sur-le-champ au général Verdier de courir à Logrono avec 1500 hommes d'infanterie, 300 chevaux et 4 bouches à feu pour faire de cette ville un exemple sévère. Il ordonna au général Lefebvre-Desnouettes, brillant officier commandant les chasseurs à cheval de la

garde impériale, de se transporter à Pampelune avec les lanciers polonais, quelques bataillons d'infanterie provisoire et 6 bouches à feu, de ramasser en outre dans cette place quelques troisièmes bataillons qui en formaient la garnison, le tout présentant un total d'environ 4000 hommes, et de se rendre à tire d'aile sur Saragosse, pour faire rentrer dans l'ordre cette « capitale de l'Aragon ». Lefebvre partit de Pampelune le 6 juin, passa l'Èbre en face de Valtierra, prit Tudela, battit le marquis de Lassan et les insurgés à Mallen, et arriva le 15 juin devant Saragosse, remplie juqu'aux toits de soldats, de fanatiques, de paysans pillards, qui firent feu sur la petite troupe de Lefebvre dès qu'elle se présenta. La ville était entourée d'une muraille aboutissant à l'Èbre par ses deux extrémités.

Le général français établit son camp à gauche, près de l'Èbre, et fit demander des secours à l'Empereur, qui avait son quartier général à Bayonne. Napoléon lui envoya aussitôt trois régiments d'infanterie de la Vistule, un détachement de gardes nationaux levés dans les Pyrénées et une partie de la division Verdier, le tout formant une armée de 10 à 11 000 hommes. Arrivé devant Saragosse, Verdier, bientôt maître des positions extérieures, tenta un assaut le 1er juillet, sur les instances de l'Empereur. Vingt pièces de gros calibre et toute l'artillerie de campagne ouvrirent donc le feu sur la ville, incendiant les maisons et pratiquant de larges brèches, surtout au château de l'Inquisition. Mais, quand les soldats voulurent s'élancer, ils furent arrêtés par une grêle de balles sortant des maisons, et ils se retirèrent (2 juillet). De même, le général Habert, maître du couvent Saint-Joseph, ne put pénétrer dans la

ville, dont les rues étaient barricadées et les maisons changées en véritables forteresses. Verdier fit donc rentrer les troupes dans leurs quartiers et avertit de cet échec Napoléon, qui lui envoya immédiatement de la grosse artillerie et deux régiments de ligne. Les moyens d'attaque furent alors considérablement augmentés, et le colonel du génie Lacoste disposa tout pour un nouvel assaut, qui fut donné le 4 août.

« 60 bouches à feu, dit l'historien du *Consulat et de l'Empire*, mortiers, obusiers, pièces de 16, vomirent leur feu sur la ville et sur le couvent de Santa-Engracia, qui est au centre de la muraille d'enceinte. A gauche et à droite de ce couvent se trouvaient deux portes par lesquelles on voulait pénétrer pour se porter rapidement par une rue assez large vers le *Cosso*, espèce de boulevard intérieur qui traverse dans toute sa longueur la ville de Saragosse et duquel une fois maître on pouvait se croire en possession de la ville tout entière ». Vers midi, notre artillerie ouvrit de larges brèches dans la muraille d'enceinte, et l'on put former deux colonnes d'assaut. Celle de droite, sous le général Habert, bravant le feu des maisons, enleva d'assaut trois barricades dans la rue Santa-Engracia, et arriva sur le *Cosso*. Puis elle revint sur ses pas pour débusquer les insurgés retranchés dans les habitations. La colonne de gauche, commandée par Grandjean, prit le couvent des Carmes et s'avança dans la ville, « se battant de maison à maison, perdant du monde pour les prendre, et se vengeant quand on les avait prises par la mort de ceux dont on avait essuyé le feu ». Cette lutte meurtrière se prolongea jusqu'au soir. Alors les soldats se répandirent dans les maisons pour y cher-

cher des vivres. Le lendemain, Lefebvre remplaça dans le commandement Verdier, qui avait été blessé. Il fit barricader les rues aboutissant au *Cosso*, et prit le parti d'employer la sape et la mine pour éviter les sanglants combats de la veille. A ce moment, on apprit la capitulation de Baylen, l'évacuation de Madrid, la retraite des Français sur le haut Èbre, et on dut abandonner Saragosse, si péniblement prise, pour se replier sur Tudela (août 1808).

Napoléon, après avoir renouvelé à Erfurt avec Alexandre l'alliance de Tilsitt, et fait reconnaître par l'empereur de Russie Joseph comme roi d'Espagne, revint au delà des Pyrénées avec 150 000 hommes et remporta une série de victoires qui lui ouvrirent les portes de Madrid. L'affaire de Tudela supprima tout obstacle entre Pampelune et Saragosse (23 novembre) et le siège de cette dernière ville fut bientôt entrepris pour la seconde fois.

Le 10 décembre 1808, le maréchal Moncey parut devant Saragosse et, grâce à l'arrivée du maréchal Mortier, il emporta le 19 les positions extérieures. Deux jours après, Suchet s'empara des hauteurs de Saint-Lambert, Gazan enleva la position San-Gregorio, et Grandjean occupa le Monte-Torrero, qui domine la ville. Ces succès permirent de commencer les opérations du siège dans les premiers jours de janvier 1809.

Il y avait alors à Saragosse 40 000 hommes armés, des vivres et des munitions en abondance, et de nombreux édifices, châteaux ou couvents, lui servaient de forts. Enfin, les ingénieurs espagnols avaient entouré les murailles d'une foule d'ouvrages importants. Le général Junot, qui dirigeait le siège, fit ouvrir la première

tranchée dans la nuit du 29 au 30 décembre. La première parallèle ouverte, on confectionna la seconde, malgré une vigoureuse sortie des troupes régulières. Le 11 janvier 1809, les batteries ayant fait une brèche assez large, on donna l'assaut au couvent Saint-Joseph, qui tomba en notre pouvoir au bout d'une demi-heure. Enfin le 16 du même mois, après un second assaut, nos soldats étaient maîtres d'une bonne moitié de la ligne des ouvrages extérieurs.

Pendant ce temps, l'armée assiégeante endurait de terribles souffrances. Les deux frères de Joseph Palafox, sortis de la ville, soulevaient les paysans et interceptaient les convois de vivres. « Malgré les efforts de notre cavalerie, la viande n'arrivait pas, vu que les moutons acheminés sur notre camp étaient arrêtés en route. Nos soldats, manquant de viande pour faire la soupe, n'ayant souvent qu'une ration incomplète de pain, supportaient de cruelles privations sans murmurer et entrevoyaient sans fléchir un ou deux mois encore d'un siège atroce ». La situation des assiégés n'était pas meilleure. « La masse des habitants réfugiés dans la ville, les blessés, les malades accumulés, y avaient fait naître une épidémie. Tous les jours une grêle de projectiles augmentait le nombre des victimes du siège, même parmi ceux qui ne prenaient point part à la défense. Mais une populace furieuse, fanatisée par les moines, comprimait les habitants paisibles aux yeux desquels cette résistance sans espoir n'était qu'une barbarie inutile. Les potences dressées dans les principales rues prévenaient tout murmure. »

A ce moment, le maréchal Lannes arriva au camp. Modifiant de son chef le plan de l'Empereur, il ordonna

au général Gazan d'attaquer le faubourg de la rive gauche, et il envoya Mortier anéantir une armée espagnole de 15 000 hommes qui venait au secours de Saragosse. Puis, il fit préparer un assaut général pour le 26 janvier. Au bout de deux jours de bombardement, trois brèches furent ouvertes (27 février). Sur l'ordre de Lannes, les voltigeurs des 14e et 44e régiments, dirigés par le chef de bataillon Stahl, s'emparèrent de la première, à droite; Guettemann et 36 grenadiers enlevèrent la seconde; au centre, les voltigeurs de la Vistule prirent la troisième brèche et le couvent de Santa-Engracia. Dans cette affaire, les Espagnols perdirent 600 hommes; les Français eurent 186 morts et 593 blessés.

Alors commença une guerre terrible, une guerre de maison à maison. A ce sujet, Lannes écrivait ce qui suit à l'Empereur :

« Jamais, Sire, je n'ai vu autant d'acharnement comme en mettent nos ennemis à la défense de cette place. J'ai vu des femmes venir se faire tuer devant la brèche. Il faut faire le siège de chaque maison. Si on ne prenait pas de grandes précautions, nous y perdrions beaucoup de monde, l'ennemi ayant dans la ville 30 à 40 000 hommes. »

Et une autre fois :

« .... Le siège de Saragosse ne ressemble en rien à la guerre que nous avons faite jusqu'à présent. C'est un métier où il faut une grande prudence et une grande vigueur. Nous sommes obligés de prendre avec la mine, ou d'assaut, toutes les maisons. Ces malheureux s'y défendent avec un acharnement dont on ne peut se faire une idée. Enfin, Sire, c'est une guerre qui fait horreur.

Fig. 50. — La ville de Saragosse prise, on fit le siège des maisons

Le feu est en ce moment sur trois ou quatre points de la ville, elle est écrasée de bombes; mais tout cela n'intimide pas nos ennemis. »

En effet, comme dit le poète :

> La ville prise, on fit le siège des maisons,
> Qui, bien closes, avec des airs de trahisons,
> Faisaient pleuvoir les coups de feu par leurs fenêtres.

Nous empruntons encore à M. Thiers quelques détails sur cette lutte atroce : « Quand on entrait dans une maison, on courait sur les défenseurs à la baïonnette, on les passait par les armes, si on pouvait les atteindre, ou bien on se bornait à les expulser. Mais souvent on laissait derrière soi, au fond des caves ou au haut des greniers, des obstinés restés dans les maisons dont un ou deux étages étaient déjà conquis. On se mêlait ainsi les uns les autres et on avait sous ses pieds ou sur sa tête, tirant à travers les planchers, des combattants qui, habitués à ce genre de guerre, y déployaient une intelligence et un courage qu'on ne leur avait jamais vus..... L'épidémie sévissait dans les murs de Saragosse. Plus de 15 000 hommes, sur 40 000 contribuant à la défense, étaient morts déjà dans les hôpitaux. La population inactive mourait sans qu'on prît garde à elle. On n'avait plus le temps ni d'enterrer les cadavres ni de recueillir les blessés. On les laissait au milieu des décombres, d'où ils répandaient une horrible infection. »

Le 18 février, nos soldats, qui commençaient à murmurer, étaient arrivés sur le *Cosso*, et le faubourg de la rive gauche tombait entre nos mains. Cette fois, la ville épuisée, privée des deux tiers de ses défenseurs, demanda à capituler, et un parlementaire vint

trouver Lannes, qui fit savoir à la junte qu'il fallait se soumettre le lendemain, sous peine de voir sauter tout le centre de la ville. Le 20, la junte se rendit au camp, et il fut stipulé que tous les Espagnols qui ne voudraient pas se mettre au service du roi Joseph seraient prisonniers de guerre. Le 22, 12 000 hommes « pâles, maigres, défilèrent devant nos soldats saisis de pitié », et l'armée française prit possession de la ville.

La prise de Saragosse termina la deuxième campagne d'Espagne et permit à Joseph de régner sur un peuple soumis en apparence, mais qui devait, quelques années plus tard, se révolter contre son vainqueur.

XXXVI

Le siège de Missolonghi.

(1825-1826.)

Au mois d'avril 1825, Reschid-Pacha, voyant que le grec Mavrocordatos cherchait à placer sa patrie sous la protection de la Grande-Bretagne, vint mettre le siège devant Missolonghi, ville de l'Étolie, célèbre par la résistance qu'elle avait, deux ans plus tôt, opposée aux Ottomans. Le 27 avril, dans la matinée, les Grecs virent les détachements ennemis s'avancer sous les oliviers qui couvrent la plaine. Ils se précipitèrent sans attendre sur l'avant-garde, tuèrent un porte-étendard, et ramenèrent quelques captifs dans la ville. Reschïd-Pacha, à cette nouvelle, passe l'Achéloüs, arrive en toute hâte devant Missolonghi et, sur le conseil de quelques ingénieurs autrichiens qui l'accompagnaient, fait immédiatement ouvrir la tranchée.

Les assiégés n'étaient pas nombreux, mais ils avaient pour eux le courage et un patriotisme sans bornes. Les chefs de la garnison s'appelaient Stournaris, Macris, Tsongas, Liakatas, Noti Botzaris; en outre, Mitsos Contoghiannis, Giannis Rangos et Lampros Véïcos, venus du Péloponèse, avaient pénétré dans la ville depuis l'arrivée de Reschid. Pendant que les uns entouraient les murs d'un chemin couvert, les autres tiraient

des coups de fusil sur les travailleurs ottomans, et pendant la nuit du 2 au 3 juillet, dans une sortie, les Grecs dispersèrent les gardes des tranchées, tuèrent deux cents Turcs, firent cinq prisonniers et enlevèrent cinq drapeaux : quatre d'entre eux furent blessés, trois seulement périrent dans la lutte.

Vers la fin de juillet, trente-six chaloupes ennemies entrèrent dans le bassin de la ville, qui fut dès lors bombardée par terre et par mer. Avant d'entreprendre l'attaque définitive de la place, Reschid-Pacha envoya aux Missolonghiotes une députation chargée de leur proposer une capitulation. On répondit par un seul mot : « *Guerre !* ». Reschid, irrité de cet accueil, fit combler les fossés des bastions Botzaris et Franklin, et donna un premier assaut après lequel il renouvela ses propositions. « Les clefs de la ville sont suspendues à nos canons ! », répondirent les assiégés. Un second assaut fut aussitôt ordonné, et les Turcs s'emparèrent du bastion Botzaris, mais ce succès n'eut d'autre effet que d'exaspérer les Hellènes, qui s'élancèrent avec fureur sur les soldats ottomans et les chassèrent de la position qu'ils venaient de conquérir. Reschid jugea plus sage de traîner désormais les opérations en longueur, et, dans l'espoir de venir à bout des Grecs par la famine, il employa les mois qui suivirent à faire exécuter des travaux d'approche. Mais bientôt, las d'attendre, il combina une double attaque par terre et par mer. Pour être plus sûr de réussir, il eut recours à la ruse : les paysans hellènes furent chassés à coups de fouet devant les troupes turques qui se trouvèrent ainsi cachées et s'emparèrent des premiers bastions. Au moment où ils allaient pénétrer dans

la ville, on entendit une formidable détonation ; c'étaient les Grecs qui venaient de faire sauter les ouvrages d'approche, construits à grand'peine par les Ottomans. Des débris d'hommes calcinés tombèrent sur Reschid, qui se retira épouvanté dans sa tente, désespérant de prendre une ville si bien défendue et n'osant pourtant lever le siège. « Il me faut Missolonghi ou ta tête », lui avait dit le sultan. Ne sachant plus que faire, il appela à son secours Ibrahim-Pacha, dont les bataillons arrivèrent au mois de janvier 1826.

Au lieu d'exposer ses 20,000 soldats aux chances d'un assaut, Ibrahim résolut de prendre les Missolonghiotes par la famine. Il commença donc par explorer les environs de la ville ; puis, il s'empara des positions et des villages d'alentour. De cette manière, il fut impossible aux assiégés d'être ravitaillés, et les malheureux se nourrirent pendant vingt jours des herbes apportées par les flots sur la plage. Lorsqu'ils virent qu'ils n'avaient plus de secours à attendre, plus d'aliments pour subsister, ils prirent une résolution extrême. Le 22 avril 1826, on fit le recensement de la population : 3,000 soldats vivaient encore, 5,000 femmes ou enfants, et 1,000 hommes invalides avaient aussi survécu aux souffrances et à la famine. Mus par un indicible sentiment de patriotisme, les braves défenseurs de Missolonghi se partagèrent en deux camps : les uns se préparèrent silencieusement à faire une dernière sortie ; les autres à se faire sauter avec la ville pour ne pas tomber vivants entre les mains de leurs ennemis. Un vieillard, dangereusement blessé, se traîna près de la mèche d'une mine creusée sous le bastion Botzaris ; il s'assit et attendit, pour mettre le feu à la

mèche, que ce côté des remparts fût couvert d'Ottomans. Au milieu de la nuit, on ouvrit sans bruit les portes et 3,000 hommes, suivis de femmes armées, sortirent après avoir fait à leurs frères de touchants adieux. Ibrahim, qui avait prévu cette sortie désespérée et s'était tenu sur ses gardes, opposa aux Missolonghiotes ses soldats forts et disciplinés, et pendant quelques heures, au milieu des ténèbres, ce fut un affreux carnage. Ceux qui étaient restés dans la ville, voyant leurs compagnons vaincus, se firent sauter avec 2,000 Ottomans.

XXXVII

Le siège de Constantine.[1]

(1836 et 1837.)

Avant de songer à coloniser l'Algérie, il fallait en finir avec la domination turque et surtout avec la domination arabe, défendue par Abd-el-Kader. Les beys de Titery et d'Oran furent soumis bien vite, mais il n'en fut pas de même de Constantine, dont le bey Ahmed résista d'une manière énergique. Le maréchal Clausel, gouverneur de l'Algérie de 1835 à 1837, comptait prendre cette ville sans difficulté; il confia aux généraux Trézel et de Rigny une armée de 7000 hommes, et ne fit transporter devant Constantine que 4 obusiers, 6 pièces de montagne et 4 de campagne. Les soldats emportaient seulement des vivres pour une quinzaine de jours.

Constantine est séparée de Mansourah par un ravin. Elle est assise sur un plateau près duquel coule le Rummel et qui est incliné dans la direction de celui de Mansourah. Au-delà du Rummel est le plateau de Coudiat-Ati.

L'armée expéditionnaire partit de Bone le 13 novem-

[1] Consulter : Mont Rond, *Histoire de la conquête de l'Algérie*, de 1830 à 1847 (Paris, 1842, 2 vol. in-8), — *les Annales algériennes*, — Fillias, *Histoire de la conquête et de la colonisation de l'Algérie.*

bre 1836 et arriva le 15 aux ruines de Guelma, sur les bords de la Seybouse. L'enceinte d'une forteresse située en cet endroit se trouva suffisamment fortifiée pour qu'on y établit une garnison, composée en partie de soldats fatigués par une marche difficile. Le 19, on rencontra les plateaux occupés par les Zénatis, tribu hostile que la peur fit taire. Jusque-là on n'avait éprouvé aucune résistance sérieuse, mais on avait souffert énormément de la pluie, de la neige et de la grêle, et l'on eut beaucoup de peine à traverser un affluent du Rummel grossi par les pluies. Enfin, on arriva le 21 sur le plateau de Mansourah, d'où l'on domine Constantine.

Yousouf, rallié à notre cause à la vue de nos premiers succès, avait assuré à Clausel qu'on n'aurait qu'à se montrer pour prendre la ville, mais il fallut au contraire canonner Constantine pendant deux jours et repousser quelques sorties. Ahmed, absent, avait confié la défense à son lieutenant, Ben-Aïssa, homme d'une grande énergie et d'un caractère résolu. Dans la nuit du 23 au 24 novembre, le général Trézel et le lieutenant-colonel Duvivier attaquèrent chacun une des portes de Constantine : cette tentative échoua et coûta la vie à plusieurs officiers.

Alors il fallut songer à la retraite et renoncer, pour le moment du moins, à s'emparer d'une place qu'on s'imaginait enlever sans combat. L'armée se concentra sur le plateau de Mansourah et s'ébranla dans la matinée du 24. « Des nuées d'Arabes, semblables à des essaims de guêpes », fondirent sur la colonne quand le mouvement commença et se ruèrent sur les bagages dans l'espoir d'un butin considérable. Le commandant Changarnier fut chargé avec un bataillon du 2e léger de

protéger la retraite. Il rangea ses hommes en carré et se laissa entourer par les Arabes sans tirer un coup de fusil. « Allons, mes amis, dit-il à ses soldats, vous voyez ces gens-là; ils sont 6000, vous n'êtes que 300 : la partie est donc égale. » Lorsque les Arabes ne furent plus qu'à une distance de vingt pas, le bataillon ouvrit, aux cris de *Vive le Roi!* un feu de deux rangs, qui joncha le sol de cadavres : le reste des ennemis recula épouvanté. Au bout de huit jours, l'armée se trouvait revenue à son point de départ.

Il était à craindre que les Arabes ne se soulevassent. Clausel rappelé fut remplacé par le général Damrémont (février 1837), et cette fois une véritable campagne se prépara contre Constantine. Le corps expéditionnaire se composait de 13 000 hommes, répartis en quatre brigades : la première était commandée par le duc de Nemours, la seconde par le général Trézel, la troisième par le général Rulhières, la quatrième par le colonel Combes. Dix compagnies du génie furent placées sous la direction de Rohault de Fleury, et le lieutenant-général Valée reçut le commandement de l'artillerie. On emportait 17 pièces de siège et 16 pièces de campagne.

L'armée partit de Medjez-Hammar le 1er octobre 1837 et arriva le 6 devant Constantine. Des pavillons rouges flottaient sur les maisons; les femmes et les hommes criaient et poussaient des exclamations bruyantes. La batterie de brèche fut établie sur le plateau de Coudiat-Ati, et l'on put, le 11 octobre, se préparer à l'assaut, malgré plusieurs sorties impétueuses qui furent d'ailleurs repoussées et donnèrent au chef de bataillon Bedeau l'occasion de se faire remarquer. Avant de faire monter les troupes à l'assaut, Damrémont somma les assiégés de

se rendre, mais il reçut cette fière réponse : « Il y a à Constantine beaucoup de munitions de guerre et de bouche; si les Français en manquent, nous leur en enverrons. Nous ne savons pas ce que c'est qu'une brèche ni une capitulation, nous défendrons à outrance notre ville et nos maisons. Les Français ne seront maîtres de Constantine qu'après avoir égorgé le dernier de ses défenseurs. » — Eh bien, s'écria Damrémont, ce sont des gens de cœur, mais l'affaire n'en sera que plus glorieuse pour nous. Puis il s'en alla avec le duc de Nemours examiner une dernière fois les travaux de brèche; mais un boulet le renversa, au moment même où le général Rulhières lui conseillait de s'éloigner en prévision d'un malheur.

Le général Valée prit alors le commandement en chef. Dans la nuit du 12 au 13, il assigna à chacune des trois colonnes d'assaut le poste qu'elle occuperait : la première eut pour chef le lieutenant-colonel Lamoricière; la seconde, le colonel Combes; la troisième, le colonel Corbin.

A sept heures du matin, le duc de Nemours donna le signal. A l'instant où s'élancent les zouaves de Lamoricière, un éboulement se produit, mais ces braves soldats finissent par trouver une issue conduisant à une porte intérieure. Tout à coup une explosion épouvantable se fait entendre : la caisse qui renfermait les réserves de poudre des assiégés avait pris feu. Les soldats de Lamoricière sont presque tous atteints, beaucoup même se trouvent engloutis sous les débris de muraille, mais ils se dégagent bientôt et reviennent à la charge. La première section de la deuxième colonne arrive à leur secours. Le chef de bataillon Bedeau qui la comman-

dait voit un homme noirci par la poudre, aux vêtements calcinés, se lever brusquement et s'écrier : « *En avant! en avant!* » Il reconnaît dans ce courageux compagnon d'armes l'intrépide Le Flô, capitaine au 2e léger. Quant au colonel Combes, il reçut trois blessures, dont la dernière fut mortelle. On ne put cependant l'amener à l'ambulance que lorsque l'affaire eut été tout à fait décidée; il rencontra alors le duc de Nemours auquel, avec une fermeté qui défiait la souffrance, il rendit compte de sa mission : « Ceux qui vivront — ajoute-t-il — jouiront de la victoire; pour moi, je vais mourir à quelques pas d'ici; je vous recommande les officiers de mon régiment. » Le héros ne disait que trop vrai : quelques heures après il n'existait plus.

Lorsque les troupes furent entrées dans la ville, elles durent emporter et les maisons et des barricades très nombreuses. Enfin, les sapeurs du génie purent pratiquer des percées dans les murs mitoyens et communiquer d'une maison à l'autre : de cette manière, on tourna les assiégés, qui battirent en retraite. Le général Rulhières, qui venait d'arriver, vit un Maure courir vers lui avec précipitation; le pli blanc que cet homme tenait à la main était une offre de capitulation du pouvoir municipal de la cité arabe.

Bedeau, sur les ordres de Valée, se rendit chez le cheik El-Beled, avec une note par laquelle la France garantissait aux vaincus leur religion, leurs propriétés, leurs usages, leurs maisons, et la participation des principaux habitants soumis à l'administration de la ville. L'aga en chef de la place, présent à l'entrevue, se leva et dit à Bedeau : « Si tu me promets de pareilles conditions pour les habitants de la plaine et si elles

sont exécutées, j'affirme qu'avant huit jours le marché de Constantine sera mieux approvisionné qu'il ne l'a jamais été au temps du bey ».

Ainsi fut prise la ville de Constantine. La victoire avait été chèrement achetée. Damrémont, Perregaux, Combes, Vieux, de Sérigny et beaucoup d'autres officiers d'une grande bravoure, moururent vaillamment sur la brèche.

XXXVIII

Le siège de Sébastopol.

(1855-1856.)

Après la bataille de l'Alma (20 septembre 1854), le maréchal de Saint-Arnaud, atteint d'une maladie mortelle, remit le commandement en chef au général Canrobert, et l'armée franco-anglaise marcha sur Sébastopol. Deux projets se présentaient aux généraux :

1° Attaquer Sébastopol par la mer, et par conséquent faire bombarder les forts par la flotte;

2° Attaquer la ville par terre, et par conséquent établir l'armée assiégeante entre Sébastopol et Balaklava.

Le premier de ces projets était certainement préférable, mais le prince Menchikof avait eu l'ingénieuse idée de faire obstruer l'entrée de la rade en submergeant sept vaisseaux. On fut donc obligé d'entreprendre le siège par terre, et dès le 27 septembre, deux divisions françaises et deux divisions anglaises vinrent reconnaître, par les routes de Voronzof et de Balaklava, le plateau de Chersonèse. Les Russes, qui avaient mis tous leurs soins à fortifier la rade, furent bien surpris de se voir attaqués par le sud; mais sans perdre un instant ils élevèrent des épaulements et se préparèrent à défendre avec énergie la muraille de Sébastopol, le

bastion central, le bastion du Mât, la baie du sud, la tour Malakoff et les retranchements de Redan. En présence de ces obstacles, on n'essaya pas de prendre la ville d'assaut. On préféra avec raison faire un siège en règle, et l'on ouvrit la tranchée dans la nuit du 9 octobre. Les Anglais eurent la droite des attaques, les Français la gauche, et un corps mixte fut chargé de surveiller les sorties et les tentatives extérieures des assiégés. Pendant tout le temps que durèrent les travaux, les Russes dirigèrent sur les alliés le feu de leurs batteries; toutefois, en dépit de leurs efforts, tout se trouva prêt pour l'attaque le 16 octobre, et les deux amiraux et les deux généraux en chef décidèrent que l'ouverture générale de la canonnade aurait lieu le lendemain.

Le 17 octobre, à six heures et demie, trois bombes, tirées de la troisième batterie française, donnèrent le signal de l'attaque. Les assiégés ripostèrent immédiatement, et on tira de part et d'autre bordées sur bordées sans voir pour ainsi dire ce que l'on faisait, car la fumée de trois cents canons formait un nuage impénétrable. Vers huit heures, le feu se ralentit; nos généraux purent constater que le bastion central et les terrassements avaient déjà reçu de graves atteintes, et la canonnade recommença. « Le bombardement, dit M. Camille Rousset, durait ainsi sans évènement décisif depuis plus de trois heures, lorsque, de l'observatoire français, on vit tout à coup jaillir, bien au-dessus du nuage bas qui couvrait les batteries, un jet énorme de flamme et de fumée; un moment après, la terre trembla sous les pieds des spectateurs; puis, à travers le fracas de la canonnade, le choc d'une détonation plus violente

frappa douloureusement leurs oreilles. Écrasé par une bombe russe, un magasin à poudre venait de sauter dans la batterie n° 4; seize cadavres affreusement mutilés, la plupart engagés sous les décombres, deux officiers grièvement atteints, trente-sept hommes blessés, gisant parmi des pièces renversées, des affûts brisés, des débris fumants, des pans de gabionnade en flammes, tel fut le spectacle qui saisit d'horreur les premiers témoins accourus. Une demi-heure après, l'explosion d'une caisse à gargousses ensanglantait, bouleversait pareillement la batterie n° 1 servie par la marine ». En présence de ces accidents, le général Thiry fit interrompre le tir des batteries. Les flottes vinrent alors prendre part à la lutte, et de une heure à cinq heures elles bombardèrent Sébastopol. A la tombée de la nuit, le combat fut interrompu. Les Français avaient perdu trente hommes, les Anglais quarante-quatre. Malgré le succès des batteries anglaises, du côté de Karabelnaïa le résultat de la journée restait aux assiégés, qui perdirent bien leur vice-amiral Kornilof et quatre cents soldats, mais qui donnèrent à entendre aux alliés que la prise de Sébastopol ne serait pas chose facile.

Le surlendemain, le bombardement recommença. En même temps, les Russes, commandés par le capitaine du génie Todleben, poussaient avec vigueur les opérations de défense et faisaient de nuit des sorties dans le but d'enclouer nos canons. De leur côté, les Français continuaient leur travaux d'approche : le 1er novembre, 47 nouveaux canons se mirent à tonner; le 5, jour de la bataille d'Inkermann, une sortie du major Timoféiff fut repoussée par les généraux la Motterouge, d'Aurelle et de Lourmel. Malheureusement un ennemi

cent ois plus redoutable vint seconder les efforts des Russes : le mauvais temps. Le 14 novembre, un épouvantable ouragan se déchaîna sur la Crimée. « Du fond de l'horizon, dit l'auteur cité plus haut, les nuages bas, rasant presque le sol, passaient d'un bord à l'autre avec la vitesse de la foudre. Emportés par une force irrésistible, on voyait voler des pans de baraquements et des lambeaux de tentes... Dans Sébastopol, presque toutes les toitures avaient disparu et les grands magasins de la marine étaient à découvert. Sur les remparts comme dans les tranchées de siège, les batteries envahies par des eaux stagnantes ou ravinées par des torrents étaient inaccessibles..... Le danger était plus grand sur mer. Les lames accouraient du Sud-Ouest, monstrueuses, et leur creux profond disparaissait sous l'embrun que le souffle de l'ouragan arrachait incessamment de leur crête. A travers le mugissement de ces masses d'eau soulevées et le sifflement de ce vent rapide, on entendait les sourdes détonations du canon d'alarme ; c'était l'appel réitéré d'une foule de navires en détresse..... »

Les soldats fatigués demandaient l'assaut, mais le général Canrobert ne trouvait pas le moment favorable. Sur ces entrefaites, le général Niel arriva sous les murs de Sébastopol. Il déclara que l'on devait avant tout s'emparer de la tour Malakoff et il fit entreprendre sur-le-champ des travaux dans cette direction. Le 17 mars 1855, nous avions à notre disposition cinq cents bouches à feu. Ces préparatifs ne parurent pas effrayer les Russes, qui exécutèrent dans la nuit du 22 au 23 mars la plus vigoureuse sortie qu'ils aient faite pendant le siège. Malgré les efforts des zouaves et des chasseurs,

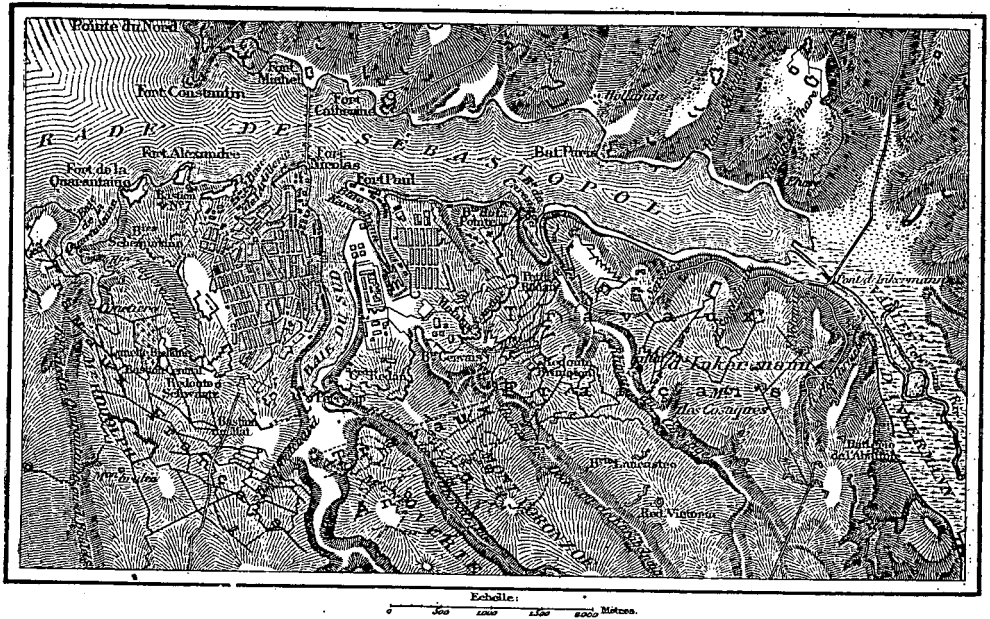


Fig. 31. — Carte pour suivre les opérations du siège de Sébastopol.

ils arrivèrent jusqu'aux parallèles et ne se retirèrent qu'après avoir mis 600 hommes hors de combat. Dans le courant du mois d'avril, notre armée s'empara d'un certain nombre d'embuscades et de positions extérieures, mais bientôt le général Canrobert, ne s'entendant pas avec Lord Raglan, donna sa démission et revint en France (mai 1855).

Le général Pélissier lui succéda dans le commandement en chef. Il fut décidé que le 7 juin l'assaut serait donné à la redoute du *Mamelon-Vert* et à l'*Ouvrage des Carrières*, au sud-est et au sud de Malakoff. Au signal donné, les troupes françaises s'élancent contre le Mamelon : le colonel de Brancion plante le drapeau du 50e régiment sur le parapet, pendant que le colonel Rose et les tirailleurs algériens s'emparent d'une batterie auxiliaire ; que le 3e zouaves, sous le colonel Polhes, occupe la gauche du mamelon, et que les généraux de Failly et de Lavarande envahissent le côté gauche. En outre, les Anglais s'emparent de l'*Ouvrage des Carrières*, et au bout de quelques heures de combat notre ligne d'attaque se trouve avancée d'environ 400 mètres. Alors, on entreprend l'attaque de la tour Malakoff. Le 18 juin, à trois heures du matin, notre armée, divisée en trois colonnes, se précipite vers le redoutable bastion ; mais une grêle de balles et de mitraille éclaircit les rangs, et les soldats voient successivement tomber à leurs côtés les généraux Brunet et Mayran, les lieutenants-colonels La Boussinière et Paulze-d'Ivoy, les colonels Boudville et Manèque. Pendant ce temps, les Anglais échouent au Grand-Redan, et Pélissier fait sonner la retraite. Les travaux d'approche sont alors repris avec vigueur jusqu'au 3 sep-

tembre, jour où la tour Malakoff fut assaillie pour la seconde fois.

L'attaque fut dirigée par le général Bosquet. Celui-ci avait sous ses ordres le général de Mac-Mahon, qui devait marcher sur Malakoff, et les généraux Dulac et La Motterouge, qui devaient s'emparer du Petit-Redan et de la Grande-Courtine. L'attaque du Grand-Redan fut réservée à l'armée anglaise. Enfin, on convint qu'à midi précis les trois colonnes monteraient à l'assaut.

Le jour dit, à l'heure indiquée, les généraux montent les premiers sur la crête des parapets, et, agitant leurs chapeaux en guise de signal, donnent l'exemple aux soldats. La colonne dirigée par Mac-Mahon, que 25 mètres seulement séparent de la tour, se précipite avec fureur, brave tous les obstacles, et plante le drapeau français sur le bastion. Les premiers Russes qui se présentent tombent foudroyés. Les autres se mêlent aux assiégeants, et pendant quelques instants on se bat à coups de crosses ou à coups de pierres; à la fin, les Russes se replient. Cependant, la division La Motte-rouge occupe la Grande-Courtine, la division Dulac s'empare du Petit-Redan, et bien que les Anglais échouent au Grand-Redan, la victoire est proche, car, comme le disait le général Niel, Malakoff est la clef de Sébastopol.

Dans la nuit du 8 au 9, les Russes, dont on se préparait à soutenir encore une fois l'attaque, évacuèrent la place sur l'ordre du prince Gortchakof. Avant de partir, ils firent sauter les batteries, les bastions, les redoutes et les magasins. Les vaisseaux mêmes furent coulés ou brûlés. Le 10, le général Pélissier parcourut Sébastopol et ses lignes de défense, et il fut presque étonné de l'importance des travaux accomplis par les

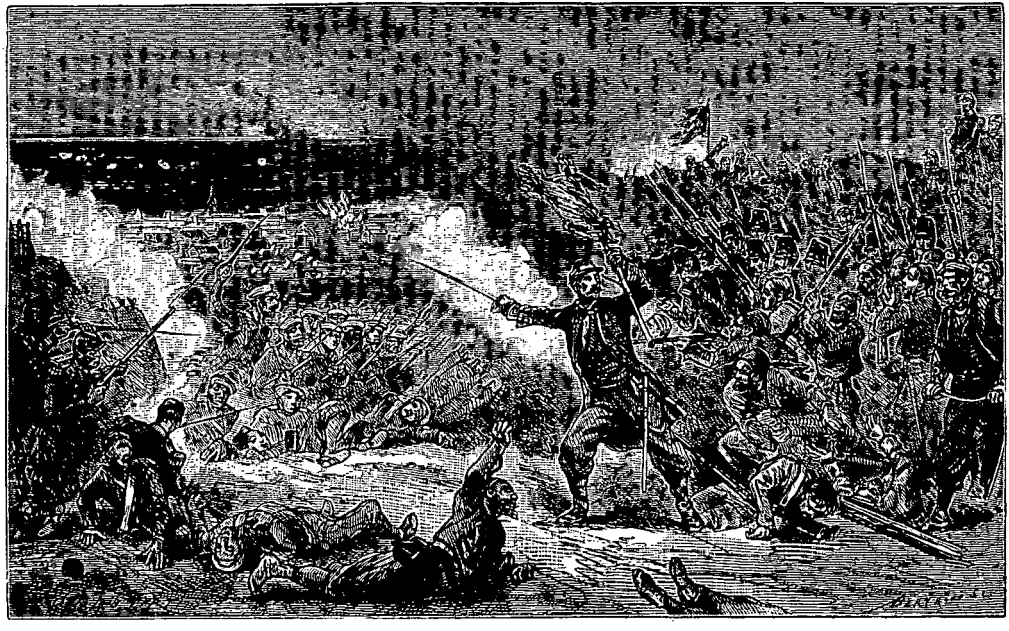


Fig. 23. — Épisode du siège de Sébastopol.

Russes. Enfin, le jour suivant, les alliés occupèrent Karabelnaïa et la ville, et le 12, « un ordre général annonçait à l'armée française que depuis la veille le chef qui l'avait conduite à la victoire était un maréchal de France[1] ».

[1] V. le savant ouvrage de M. Camille Rousset : *Histoire de la guerre de Crimée* (Hachette, éditeur).

XXXIX

Le siège de Strasbourg[1].

(1870.)

Dans les premiers jours du mois d'août 1870, le prince Frédéric-Charles, commandant en chef de la troisième armée prussienne, détacha sur Strasbourg une division badoise. La possession de Strasbourg, située sur la ligne de communication de l'Allemagne du Sud avec la France, était ardemment convoitée par nos ennemis, qui se rappelaient que cette place leur avait jadis appartenu. « O Strasbourg! — dit une chanson allemande — ô Strasbourg! ô cité admirablement belle, où sont enfermés tant de soldats, où sont emprisonnés aussi depuis plus de cent ans ma gloire et mon orgueil! Depuis plus de cent ans, fille de mon cœur, tu te consumes dans les bras du larron Welche, mais ta douleur cessera bientôt. O Strasbourg! ô Strasbourg! la fille de mon cœur! éveille-toi de tes rêves sombres; ô Strasbourg, tu vas être sauvée! »

Strasbourg était entourée d'ouvrages dessinant assez

[1] Nous avons consulté, pour les sièges mémorables de notre dernière guerre, outre la plupart des ouvrages publiés en France: *La guerre Franco-Allemande de* 1870-71, rédigée par la section historique du grand état-major Prussien, et les *Opérations des armées allemandes*, par le colonel Borbstaedt et par le major Blume (trad. Costa de Serda).

bien un triangle isocèle, dont le sommet se trouvait occupé par la citadelle et dont la base faisait face aux hauteurs de Hausbergen. Les dehors, partagés en plusieurs zones par l'Ill et la Bruche, constituaient, au dire même des Prussiens, la principale force de la place. « La place frontière de Strasbourg avait été négligée de la manière la plus inexcusable, bien qu'appelée à jouer un rôle important dans une guerre, soit offensive, soit défensive avec l'Allemagne.... Il était trop tard maintenant pour remédier à cette négligence; depuis que la dernière guerre était commencée, on avait également peu prévu et peu fait pour tout ce qui concernait la mise en état, l'armement des ouvrages très étendus qui entouraient la ville et la garnison nécessaire pour les défendre. Le 6 août, le jour de Wœrth, l'armement de Strasbourg n'était pas encore terminé, les glacis n'étaient pas dégagés, les remparts n'avaient pas de canons; on venait seulement d'ouvrir les écluses pour remplir les fossés. La confusion, la précipitation, étaient encore augmentées par l'arrivée, dans la soirée même, des fuyards de Wœrth qui se précipitaient dans la ville, où ils répandaient les plus effrayantes nouvelles[1].... »

Le général Uhrich, âgé de 68 ans et commandant la division territoriale des deux départements alsaciens, avait été nommé gouverneur de Strasbourg. Lorsqu'il vint prendre possession de son poste (21 juillet), l'état de siège était déclaré depuis six jours. Au 4 août, la garnison se trouvait ainsi composée :

Infanterie { 87e de ligne, colonel *Blot*.
4es bataillons et dépôts du 18e et du 96e de ligne.
Dépôts des 10e et 13e bataillons de chasseurs.

[1] Borbstaedt, *Opérations des armées allemandes*.

Cavalerie Dépôt du 6e lanciers.

Artillerie { 11 compagnies du 16e d'artillerie (pontonniers), colonel *Fiévet*.
Dépôt du 5e régiment d'artillerie.
Dépôt du 20e régiment d'artillerie.

Il y avait en outre dans la ville 458 ouvriers d'artillerie et train, des soldats du génie, des gendarmes, des douaniers, 3000 gardes mobiles et trois bataillons de garde nationale sédentaire. Pendant la seconde quinzaine d'août, la garnison comptait 23 000 hommes, commandés par le contre-amiral Exelmans, le colonel Blot, le général Joly-Frigola et le général Moreno. Le colonel Sabatier dirigeait le service du génie dans la ville même, et le commandant Ducrot remplissait les mêmes fonctions dans la citadelle. Le lieutenant-colonel Maritz s'occupait des travaux de défense, et l'artillerie fut confiée au général Barral, qui était parvenu à entrer dans Strasbourg, déguisé en paysan, depuis l'investissement de la place.

Après la bataille de Woerth, le général Uhrich constitua immédiatement un conseil de défense, qui s'occupa de placer des troupes dans les ouvrages extérieurs, de palissader le front le plus menacé et de faire transporter les approvisionnements qui se trouvaient encore dans les environs. L'intendant militaire déclara, le 7 août, « qu'en prenant pour base l'effectif actuel de la garnison, il avait du pain pour trois mois, de la viande pour deux mois et des campements pour dix mille hommes ». Enfin, quelques jours après, une proclamation du gouverneur annonça sa résolution de résister jusqu'au bout; elle se terminait ainsi : « Strasbourg se défendra tant qu'il restera un soldat, un biscuit, une cartouche! »

La division Badoise chargée des opérations du siège

partit de Brumath le 11 août, à midi. Elle se composait de 12 bataillons, 12 escadrons, et 9 batteries de campagne. Après avoir pris ses positions, elle se mit à bombarder la gare et le faubourg de Kronenbourg, situé au bord de l'ancienne route de Saverne; puis, après une reconnaissance de l'ingénieur-général Schulz et du lieutenant-colonel de Leszczynski, l'ennemi s'occupa de prendre Schiltigheim, au nord de la ville. Malgré l'énergique fusillade d'un détachement français, des pionniers Badois parvinrent à établir un passage dans l'île de Robertsau, formée par l'Ill et le Rhin. Sur ces entrefaites, un arrêté du roi Guillaume, daté du 13 août, ordonna la formation d'un corps de siège placé sous les ordres du lieutenant-général de Werder. Ces renforts, joints à la division Badoise, allaient former un total de 46 bataillons, de 24 escadrons et de 18 batteries, à savoir :

Division badoise.	16 bat.	12 esc.	9 batt.
Division de landwehr de la garde.	12 bat.	4 esc.	3 batt.
Ire div. de réserve.	18 bat.	8 esc.	6 batt.
	46 bat.	24 esc.	18 batt.

En outre, 6000 artilleurs et 10 compagnies de pionniers de place devaient être envoyés, avec 200 canons rayés, 88 mortiers et 50 fusils de rempart à aiguille.

Le général de Werder arriva le 15 août à Mundolsheim, où il établit son quartier général. Il constata que les projectiles dont disposaient les assiégés n'arrivaient pas jusqu'au cordon d'investissement, ce qui lui permit de faire avancer ses soldats près des murailles. Le 16 août, le colonel Fiévet tenta d'arrêter les progrès de l'ennemi et sortit avec deux bataillons d'infanterie,

400 cavaliers et 4 canons. Un violent engagement eut lieu au sud de Strasbourg, mais les Français, écrasés par le nombre, durent regagner la place. Trois jours après, le général Uhrich, voyant les batteries Badoises établies au nord et au sud de Kehl, fit bombarder cette ville : Werder se vengea en frappant l'Alsace d'une contribution, et le 21 août il fit commencer la canonnade, après avoir en vain sommé le gouverneur de se rendre.

L'évêque de Strasbourg se rendit aussitôt aux avant-postes de Schiltigheim et demanda au lieutenant-colonel de Leszczynski de laisser sortir les vieillards, les femmes et les enfants. Cette demande fut impitoyablement repoussée. « A la guerre, a écrit depuis un Allemand, les considérations d'humanité doivent céder le pas aux grands intérêts militaires, et c'est d'ailleurs faire acte d'humanité envers l'un et l'autre des partis en présence que de chercher à abréger la durée de la lutte. » Les Prussiens dirigèrent leurs projectiles sur les casernes et les magasins de l'État. Des incendies s'allumèrent dans plusieurs quartiers; la cathédrale ne fut pas même épargnée, et les hordes allemandes poussèrent le vandalisme jusqu'à brûler de fond en comble la bibliothèque, avec ses 300 000 volumes, ses précieux documents, ses manuscrits et une foule d'incunables d'une rare valeur. Huit cents familles virent leurs maisons dévorées par les flammes, et des magasins à poudre ne tardèrent pas à sauter. La conduite des Strasbourgeois fut alors admirable, de l'aveu même des barbares qui faisaient tant d'odieux ravages dans l'unique but d'*intimider* la population. « La population, dit Borbstaedt, continuait à supporter énergiquement ces dures

épreuves, et les assiégeants attendaient vainement cette pression de l'opinion publique qui devait amener le commandant à se rendre plutôt que de vouer la ville à une ruine complète. Tout au contraire, ces quelques jours de bombardement avaient déjà provoqué un mouvement puissant de patriotisme local, qui se soutint avec le même dévouement pendant toute la suite du siège. Un corps de pompiers volontaires s'était formé, qui, bravant tout danger, déployait une infatigable activité partout où le feu se manifestait. Des cuisines populaires avaient été établies et nourrissaient journellement des milliers d'indigents; des abris blindés avaient été construits le long des talus intérieurs des remparts au moyen de poutres posées obliquement et recouvertes de terre; les familles sans abri, celles dont les habitations étaient menacées, y trouvaient un refuge assuré contre les bombes .... *Dans la nuit, la ville ne paraissant plus former qu'une mer de flammes, le général de Werder se décide à rendre le pas aux sentiments d'humanité et à ne pas abandonner la malheureuse cité à une entière destruction.* Ce général si humain ne fit interrompre le feu qu'à quatre heures du matin. A ce moment, il somma une seconde fois le gouverneur de se rendre, et avant même d'avoir la réponse, qui fut d'ailleurs négative, il fit recommencer la canonnade. Ce ne fut qu'après le 27 que le bombardement se ralentit peu à peu : alors commença l'attaque régulière de Strasbourg. Les Allemands avaient eu bien des égards pour une ville qu'ils appelaient *la fille de leur cœur!*

Les assiégeants choisirent comme point d'attaque le front nord-ouest de la place, entre la porte des Pierres

et celle de Saverne. De ce côté, le terrain ne présentait aucun obstacle, et la nature du sol facilitait l'établissement des batteries et l'ouverture des tranchées. Dès le 29 août, 24 bataillons se mirent à l'œuvre et creusèrent près de 8 kilomètres de tranchées ; le lendemain, dans la matinée, les Strasbourgeois, qui ne croyaient pas l'ennemi si près, essayèrent d'arrêter les travaux, mais leur artillerie était tellement inférieure que les pièces furent immédiatement démontées par les batteries prussiennes. La deuxième parallèle se trouva achevée le 6 septembre, malgré le mauvais temps et la rigoureuse canonnade des assiégés. Dès lors, l'armée assiégeante renforça son feu, arma de nouvelles batteries, reçut de nouvelles pièces, et les 19 batteries d'attaque réduisirent au silence l'artillerie de la place ; on dut se servir presque exclusivement, pour résister aux Prussiens, de mortiers à tir recourbé établis dans des abris blindés.

Le général Uhrich, informé par Werder de la capitulation de Sedan, laissa ignorer cette triste nouvelle à la garnison, qui ne fut renseignée que le 12 septembre. Ce jour-là, l'association internationale de Genève, émue des souffrances des assiégés, fit demander au général allemand, par une députation spéciale, de laisser venir en Suisse les malades, les vieillards, les femmes, les enfants : Werder consentit à cette demande et 800 personnes sortirent de la ville. En même temps, la République fut proclamée à Strasbourg ; le préfet Pron fut destitué, et la Commission municipale choisit pour maire le brave et savant M. Kuss. Bientôt arriva à Strasbourg un homme qui donna l'exemple d'un patriotisme admirable ; nous avons nommé M. Valentin. « Déguisé en

paysan, dit M. Jules Claretie, il était parvenu à Schiltigheim; là, à travers les soldats prussiens, sautant dans la tranchée, il arriva, recevant par derrière le feu des Allemands, par devant celui des Français, jusqu'aux remparts, se jeta dans l'eau des fossés, aborda sous les balles et dit : « Je suis votre prisonnier, menez-moi des uite à votre général ». Une fois en présence du général Uhrich, M. Valentin découd la manche de son habit, en retire le décret officiel qui le nomme préfet de Strasbourg, et est installé à la préfecture. La légende s'emparera de ce trait d'un courage civique bien rare, et le nom de M. Valentin sera, malgré son court passage dans l'administration du département envahi et de la ville à demi ruinée, inséparable de celui de Strasbourg.

Bien que Werder eût laissé sortir les bouches inutiles, la famine n'allait pas tarder à sévir : on abattait déjà les chevaux, et depuis plus d'un mois les légumes frais étaient épuisés. A mesure que les munitions manquaient dans la place, les Prussiens redoublaient leurs feux et le bombardement continuait ses ravages. Le 24 septembre, le grand-duc de Bade écrivit au général Uhrich de ne pas continuer une lutte devenue inutile, mais le gouverneur refusa de capituler, et Werder décida qu'un assaut définitif aurait lieu dans la nuit du 28 septembre. La veille du jour fixé, 200 pièces couvrirent la ville de leurs feux. Le général Uhrich réunit le conseil de défense et lui demanda son avis. A l'unanimité, le conseil déclara qu'il était impossible de repousser l'assaut, et le drapeau blanc s'éleva sur la tour de la cathédrale. Dans la nuit, les négociateurs se rencontrèrent sous une tente à Königshoffen : les Français étaient représentés par le lieutenant-colonel Mangin et par le colonel Ducasse, les

Allemands par le lieutenant-colonel de Leszczynski et par le comte Henckel de Donnermsark. A deux heures, fut signée la capitulation suivante :

CAPITULATION DE STRASBOURG.

Le lieutenant général de Werder, commandant le corps de siège de Strasbourg, sollicité par le général de division Uhrich, gouverneur de Strasbourg, de mettre fin aux hostilités, est convenu avec lui, eu égard à la belle défense de la place, d'arrêter ainsi qu'il suit les termes de la capitulution :

« ARTICLE PREMIER. Le 28 septembre 1870, à huit heures du matin, le général Uhrich évacuera la citadelle, les portes d'Austerlitz, des Pêcheurs et Nationale.

« Ces points seront aussitôt occupés par des troupes allemandes.

« ART. 2. Le même jour à onze heures, la garnison française — y compris la garde mobile et la garde nationale — sortira de la place par la Porte Nationale, s'établira entre la lunette 44 et la redoute 37, et y déposera ses armes.

« ART. 3. Les troupes de la ligne et la garde mobile seront prisonnières de guerre et partiront immédiatement avec leurs sacs. Les gardes nationaux et les francs-tireurs demeureront libres contre engagement; ils devront avoir déposé leurs armes à la mairie avant onze heures.

« A la même heure, les listes des officiers de ces troupes devront être entre les mains du général Werder.

« ART. 4. Les officiers et les fonctionnaires assimilés de la garnison française de Strasbourg auront la faculté

de se rendre dans une ville de leur choix, après avoir engagé leur parole d'honneur de ne plus servir.

« La formule de cet engagement est jointe au présent procès-verbal.

« Les officiers qui ne signeraient pas l'engagement seront dirigés avec la troupe sur l'Allemagne.

« Tous les médecins militaires français continueront leurs fonctions jusqu'à nouvel ordre.

« ART. 5. Aussitôt après que les troupes auront déposé leurs armes, le général Uhrich s'engage à faire régulièrement remise aux agents allemands compétents de tout le domaine militaire, des caisses de l'État, etc.

« Les officiers et les fonctionnaires chargés de part et d'autre de cette opération se trouveront réunis le 28, à midi, sur la place Broglie.

« L'acte de capitulation a été rédigé et signé par les plénipotentiaires dénommés ci-dessous : Pour les Allemands, le lieutenant-colonel de Leszczynski, chef d'état-major du corps de siège; le capitaine aide de camp comte Henckel de Donnersmark. Pour les Français, le colonel Ducasse, commandant de place de Strasbourg; le lieutenant-colonel Mangin, sous-directeur de l'artillerie. »

Suivent les signatures.

Le matin du 28 septembre, le gouverneur fit afficher sur les murs de Strasbourg une proclamation dont nous détachons ce qui suit :

Habitants de Strasbourg,

« Ayant reconnu aujourd'hui que la défense de la place de Strasbourg n'est plus possible et le conseil de

défense ayant unanimement partagé mon avis, j'ai dû recourir à la triste nécessité d'entrer en négociations avec le général commandant l'armée assiégeante.

« Votre mâle attitude pendant ces longs jours de douloureuses épreuves m'a permis de retarder jusqu'à la dernière limite la chute de votre cité. L'honneur civil, l'honneur militaire, sont saufs, grâce à vous; merci....

« Je conserverai jusqu'à mon dernier jour le souvenir des deux mois qui viennent de s'écouler, et le sentiment de gratitude et d'admiration que vous m'avez inspiré ne s'éteindra qu'avec ma vie.

« De votre côté, souvenez-vous sans amertume de votre vieux général, qui aurait été si heureux de vous épargner les malheurs, les souffrances et les dangers qui vous ont frappés, mais qui a dû fermer son cœur à ce sentiment pour ne voir devant lui que le devoir, la patrie en deuil de ses enfants.

« Fermons les yeux, si nous le pouvons, sur le triste et douloureux présent, et tournons-les vers l'avenir : là nous trouverons le soutien du malheureux, l'espérance !

« Vive la France à jamais ! »

Après l'évacuation de la place, les Allemands en prirent possession. Werder n'entra dans Strasbourg que le 30 septembre, jour anniversaire de la naissance de la reine Augusta. Il alla entendre un service divin à l'église Luthérienne de Saint-Thomas et se rendit ensuite avec ses généraux dans l'antique cathédrale qu'il avait eu le courage de bombarder !

XL

Le siège de Metz.

(1870.)

Au lieu de marcher sur Verdun, lorsqu'il en était temps encore, le maréchal Bazaine ordonna aux troupes de se replier sur Metz, bien que l'armée possédât, après la bataille de Rezonville, 80 000 obus et des vivres pour quatre jours et demi de marche. La défaite de Saint-Privat (18 août) fut suivie de la retraite de Bazaine dans le camp retranché de Metz, et le prince Frédéric-Charles commença de suite à nous y bloquer. Aujourd'hui, tout le monde s'accorde à dire que, si le maréchal l'avait réellement voulu, il aurait pu percer les lignes prussiennes, mais il ne fit aucune tentative sérieuse pour atteindre ce but. « L'armée devait rester sous Metz, a-t-il dit dans son *Mémoire justificatif*, — parce que sa présence maintenait devant elle plus de 200 000 ennemis; parce qu'elle donnait ainsi à la France le temps d'organiser la résistance, aux armées en formation de se constituer, et parce qu'en cas de retraite de l'ennemi elle le harcèlerait, si elle ne pouvait lui infliger de défaite définitive. » Mac-Mahon, qui marchait sur Metz pour opérer sa jonction avec Bazaine, fut désormais livré à lui-même; on ne s'occupa pour ainsi dire pas de lui, et l'armée du Rhin

ne quitta plus les glacis de Metz jusqu'à la capitulation.

Metz s'élève en partie sur une colline située entre la Seille et la Moselle, en partie sur les bords de ces deux rivières. Ses fortifications sont l'œuvre de Vauban et de Cormontaigne. Quelque temps avant la guerre franco-allemande, on avait commencé à construire autour de la ville les cinq forts de Saint-Julien, de Queuleu, de Saint- Privat, de Saint-Quentin et de Plappeville ; mais au début de la campagne les travaux n'étaient pas encore terminés. A l'approche de Frédéric-Charles, le commandant de la place, Coffinières, n'eut même pas l'idée de faire transporter à Metz les vivres, les bestiaux et les fourrages qui se trouvaient dans les environs. En revanche, il reçut dans la ville une foule de paysans qui fuyaient devant l'ennemi, et le nombre des bouches inutiles augmenta d'une façon inquiétante : trois cent-dix-huit ans plus tôt le duc de Guise avait pris une mesure contraire, — et il s'en était bien trouvé. Dès le 21 août, la ration de pain fut diminuée, et on commença à manquer de foin pour les chevaux. 200000 hommes bloquaient la place !

Le maréchal Bazaine prétend que le désastre de Sedan et la formation du gouvernement de la Défense nationale lui semblèrent une *manœuvre de l'ennemi* faite pour influencer le moral de l'armée. Mais ce qui est étrange, c'est qu'en apprenant ces graves nouvelles il en demanda la confirmation à l'ennemi même qu'il soupçonnait de le tromper, et adressa une lettre au prince Frédéric-Charles, qui lui répondit aussitôt et se mit à sa disposition pour lui fournir tous les renseignements dont il pourrait avoir besoin.

Un conseil composé de tous les généraux de l'armée fut convoqué le 12 septembre et se rangea à l'avis du maréchal, qui avait décidé qu'on attendrait les événements sans sortir de Metz. Le 23 septembre, arriva au camp un étrange personnage, M. Régnier, que M. Dussieux juge avec raison comme il suit :

« M. Régnier n'est pas un agent prussien, quoiqu'il en ait, de prime abord, toutes les apparences ; c'est un chercheur d'aventures, un personnage bizarre et ambitieux, un esprit malsain, qui s'est cru appelé à jouer un rôle, qui devint, sans s'en douter et par l'aberration de ses propres idées, un agent de M. de Bismarck, et qui servit les intérêts de la Prusse en croyant servir ceux de l'Empire et de la France. Arrêté à Versailles en 1871 pour ses relations avec les Prussiens, il fut mis en liberté après une instruction longue et sérieuse qui prouva son innocence en tant qu'agent prussien. »

M. Régnier se rendit en Angleterre. Il ne put obtenir une audience de l'impératrice Eugénie, mais il fit écrire sur une photographie, par le prince impérial, quelques lignes insignifiantes à l'adresse de l'empereur. Muni de cette pièce sans valeur, il se présenta à Ferrières le 20 septembre et déclara à M. de Bismarck qu'il voulait faire signer la paix entre la Prusse et le gouvernement impérial rétabli. Le chancelier approuva le projet et laissa pénétrer à Metz M. Régnier, qui fut reçu par Bazaine et Canrobert en qualité d'*attaché au cabinet de l'Impératrice*, titre qu'il n'avait aucun droit à porter. Il se mit aussitôt à exposer son plan : « Le maréchal rendra Metz ; il se retirera ensuite avec son armée dans une partie du territoire qui sera neu-

tralisée et où l'on réunira les Chambres et le Conseil d'État ; la régence de l'Impératrice sera rétablie et soutenue par le maréchal et son armée ; les fonctionnaires de l'Empire reprendront leurs fonctions ; puis on traitera de la paix, après quoi l'on soumettra au peuple le choix d'un gouvernement. En attendant, un général de l'armée de Bazaine, Canrobert ou Bourbaki, sortira de la ville pour aller en Angleterre auprès de l'Impératrice, lui faire connaître le projet et la presser de l'adopter. » Bazaine se rangea à cet avis, sans toutefois rendre Metz ; mais Bourbaki quitta la place et vint en Angleterre : l'Impératrice ne l'attendait pas. Bourbaki, se voyant joué, essaya de rentrer dans Metz, mais il ne put y parvenir.

M. Régnier retourna près de M. de Bismarck pour lui rendre compte de son entrevue. Le chancelier lui avoua qu'il voulait bien faire la paix, mais à la condition que Metz lui serait rendu et que lui, Régnier, serait muni de pouvoirs réguliers donnés par le maréchal : Bazaine, cette fois, refusa net, et afin de détourner l'attention des soldats du départ de Bourbaki, livra les engagements de Peltre (27 septembre), de Ladonchamp (2 octobre) et de Saint-Remy (7 octobre) : ce furent les derniers combats qui eurent lieu avant la capitulation. Au lieu d'agir, on resta sous les murs de Metz sans essayer de percer les lignes ennemies. La disette se faisait sentir, l'armée se démoralisait, le camp se trouvait inondé par les pluies, 20 000 hommes étaient blessés ou malades, le reste manquait de bois pour se chauffer. Le 10, Bazaine, sur l'avis du conseil, envoya son aide-de-camp Boyer au quartier-général du roi de Prusse, à Versailles. M. de Moltke lui

répondit qu'il accorderait à l'armée la capitulation pure et simple ; M. de Bismarck ajouta que, si l'Impératrice, appuyée par les troupes françaises, voulait négocier, on traiterait avec Bazaine : proposition qui fut presque aussitôt retirée par une dépêche du chancelier. Le conseil envoya alors Changarnier prier le prince Frédéric-Charles de laisser l'armée se retirer dans le midi de la France ou en Algérie ; puis, sur la réponse négative du prince, il décida qu'on capitulerait.

Le général Jarras, chef d'état-major, se rendit au château de Frescaty, quartier-général de Frédéric-Charles, et signa le 27 octobre la honteuse capitulation dont on va lire le texte et que Bazaine signa.

Ainsi, ce maréchal, dans lequel notre pauvre France avait mis sa confiance, se rendait sans avoir fait son devoir, sans avoir cherché à vaincre. Il acceptait pour lui et ses officiers des conditions autres que celles imposées aux simples soldats. Il trompait l'armée pour lui enlever ses drapeaux et les livrer à la Prusse, les faisant transporter à l'arsenal sous prétexte de les y brûler. « A quoi bon, a-t-il osé écrire, se préoccuper de ces *lambeaux d'étoffe* qui n'ont de valeur morale que quand ils sont pris sur le champ de bataille ? ils n'en ont aucune quand ils sont déposés dans un arsenal. » Trente et un drapeaux furent détruits par les soldats, qui ne pouvaient croire à un pareil crime. Un colonel, se campant fièrement devant Bazaine, lui déclara qu'un drapeau qui, comme le sien, avait fait tant de nobles campagnes, avait vu son régiment remporter tant de victoires, ne tomberait jamais aux mains de l'ennemi : la

hampe fut brisée, le drapeau, troué par les balles, fut coupé en parties imperceptibles, et chaque soldat, la rage au cœur, sur sa poitrine en plaça un morceau.

CAPITULATION

« ART. PREMIER. — L'armée française, sous les ordres du maréchal Bazaine, sera prisonnière de guerre.

« ART. 2. — La forteresse et la ville de Metz avec tous les forts, le matériel de guerre, les approvisionnements de toute espèce, et tout ce qui est propriété de l'État, seront rendus à l'armée prussienne, dans l'état où tout cela se trouve au moment de la signature de cette convention.

« Samedi, 29 octobre, à midi, les forts de Saint-Quentin, Plappeville, Saint-Julien, Queuleu, Saint Privat, ainsi que la porte Mazelle, seront remis aux troupes prussiennes.

« A dix heures du matin de ce même jour, des officiers d'artillerie et du génie, avec quelques sous-officiers, seront admis dans lesdits forts pour occuper les magasins à poudre et pour éventer les mines.

« ART. 3. Les armes ainsi que le matériel de l'armée, consistant en drapeaux, aigles, canons, mitrailleuses, chevaux, caisses de guerre, équipages de l'armée, munitions, etc., seront laissés à Metz et dans les forts à des commissaires militaires, institués par M. le maréchal Bazaine, pour être remis immédiatement à des commissaires prussiens. Les troupes, sans armes, seront conduites rangées d'après leur régiment ou corps, et en

ordre militaire, aux lieux qui seront indiqués pour chaque corps. Les officiers rentreront alors librement dans l'intérieur du camp retranché, ou à Metz, sous la condition de s'engager sur l'honneur à ne pas quitter la place sans l'ordre du commandant prussien.

Les troupes seront alors conduites par leurs sous-officiers aux emplacements de bivouac. Les soldats conserveront leurs sacs, leurs effets et les objets de campement.

« ART. 4. — Tous les généraux, officiers, ainsi que les employés ayant rang d'officier, qui engageront leur parole d'honneur par écrit de ne pas porter les armes contre l'Allemagne, et de n'agir d'aucune manière contre ses intérêts jusqu'à la fin de la guerre actuelle, ne seront pas faits prisonniers de guerre; les officiers et employés qui accepteront cette condition conserveront leurs armes et les objets qui leur appartiennent personnellement.

Pour reconnaître le courage dont ont fait preuve, pendant la durée de la campagne, les troupes de l'armée et de la garnison, il est, en outre, permis, aux officiers qui opteront pour la captivité, d'emporter avec eux leurs épées ou sabres, ainsi que tout ce qui leur appartient personnellement ».

L'ennemi offrit au maréchal de rendre à l'armée les honneurs de la guerre; le maréchal refusa. Lorsqu'il se rendit au quartier-général de Frédéric-Charles, il fut obligé de se faire escorter par des gendarmes prussiens : à Ars-sur-Moselle, la population brisa les glaces de sa voiture et fut sur le point de lui faire un mauvais parti[1].

[1] Consultez : *La guerre sous Metz*, par Von Kameke ; — Metz, *Campagne et négociations*, par un officier supérieur de l'armée du Rhin ; — enfin, les débats du *Procès-Bazaine*.

Le 29 octobre, les vainqueurs prirent possession de Metz et de ses forts. Ils y trouvèrent 541 canons de campagne, 800 pièces de siège, le matériel de 85 batteries, 66 mitrailleuses ; cent cinquante trois mille hommes déposaient les armes ; une de nos premières places de guerre capitulait sans combat.

XLI

Le siège de Paris.

(1870-1871.)

Aucune guerre n'avait été entreprise avec plus de confiance que la guerre contre la Prusse, en 1870. Les rapports militaires représentaient les arsenaux remplis d'armes et les magasins d'approvisionnements regorgeant de vivres.

Mais, lorsque les désastres de Forbach, de Reichshofen, de Wissembourg, de Sedan, eurent appris à la France désillusionnée sa véritable situation; lorsqu'on vit le maréchal Bazaine bloqué sous les murailles de Metz, on commença alors à craindre l'issue d'une lutte inégale. Toutefois Paris conserva son assurance et se crut assez fort pour se défendre contre les Prussiens et les repousser.

Après la capitulation de Sedan (2 septembre) le prince de Prusse et le prince de Saxe marchèrent sur Paris : le premier s'avança par Ottigny, Reims, Epernay, Montmirail, Coulommiers, Créteil, et passa la Seine près de Villeneuve-Saint-Georges; le second prit les trois routes de Creil, Compiègne et Soissons. Tous deux devaient opérer leur jonction à Argenteuil.

Les Parisiens n'étaient pas restés inactifs pendant la campagne de Sedan. Dès le 19 août, ils avaient

créé un comité de défense composé du maréchal Vaillant, des généraux Chabaud-Latour, Trochu, Guiod, d'Autemarre, d'Ervilly, Soumain, de l'amiral Rigault de Genouilly et de M. Jérôme David; on adjoignit à ce comité deux sénateurs et deux membres du Corps législatif, parmi lesquels se trouvait M. Thiers. Immédiatement, on isole les portes de leurs abords; on abat toutes les constructions comprises dans la zone militaire; on établit les pièces sur les parapets et on apporte sur les remparts deux millions de sacs à terre, l'amiral Rigault de Genouilly fait venir des arsenaux de la marine des canons d'une portée de 7 500 mètres qu'il confie à d'habiles marins. Dans les forts[1], on fait d'immenses préparatifs et on établit des lumières électriques pour éclairer, pendant la nuit, tous les mouvements des troupes ennemies. M. Dorian, ministre des travaux publics, organise les Commissions d'*Études*, d'*Armement*, de *Génie Civil* et des *Barricades*, destinées à s'occuper de la défense, chacune à un point de vue spécial. Clément Duvernois et l'intendant Perrier se chargent du soin des approvisionnements.

La garnison se composait du 13e corps (Vinoy) et du 14e corps (Ducrot), de 100 000 mobiles de province, de 18 bataillons de mobiles de Paris, de 2000 canonniers et de 8000 fusiliers de la marine, de 11 000 hommes de différentes armes (gardes de Paris, pompiers, etc.), d'une division de cavalerie et de gendarmerie à cheval. Elle possédait 124 batteries avec 800 bouches à feu et

[1] Voici les noms de ces forts, qui s'échelonnent sur un parcours de 39 kilomètres : Charenton, Vincennes, Nogent, Rosny, Noisy, Romainville, Aubervilliers, Est, Double-Couronne du Nord, La Briche, Mont-Valérien, Issy, Vanves, Montrouge, Bicêtre, Ivry, Charenton.

20 canonnières blindées. Pendant le blocus, on fondit 250 canons de 7 et on fabriqua des fusils et des projectiles.

« Les forts de Paris, dit M. Dussieux, construits à une époque où l'artillerie ne portait pas à plus de 1600 mètres, ne peuvent plus actuellement défendre la ville contre un bombardement. La véritable ligne de défense de Paris se trouve aujourd'hui sur les hauteurs d'Orgemont, au nord; sur les plateaux de la Jonchère, de la Bergerie, de Garches et de Saint-Cucufa, à l'ouest; sur les hauteurs de Châtillon, de Fontenay-aux-Roses, de l'Hay, de Chevilly et de Thiais, au sud, et sur celles de Cœuilly, d'Avron, à l'est, et de Montmorency au nord-est. Il aurait fallu pouvoir occuper et défendre toute cette ligne, mais le général Trochu avait trop peu de soldats pour le faire, et sauf Châtillon, qu'il essaya de conserver, il fut obligé de laisser les Prussiens s'emparer de toutes les positions dominantes; ils les occupèrent dès le premier jour avec une connaissance des localités qui atteste de longues études antérieures. En possession de ces points qu'ils couvriront plus tard de batteries habilement placées, les Prussiens étaient maîtres de la situation; ils n'eurent qu'à investir étroitement la place, comme ils avaient fait à Metz, repousser les attaques que l'on dirigea contre eux et attendre que Paris capitulât ».

Le 17 septembre le général Ducrot vint avec 40 000 hommes s'établir à Bagneux, Châtillon et Clamart, pour défendre les hauteurs de Meudon et de Châtillon, qui dominent les forts de la rive gauche et qu'il importait par suite de ne pas laisser prendre aux Prussiens. Il prit l'offensive le 19, à cinq heures du matin, et atta-

qua le prince de Prusse, mais 2000 zouaves, engagés volontaires, prirent la fuite dès que la fusillade commença et rentrèrent dans Paris en criant à la trahison. Ducrot se replia sur Fontenay-aux-Roses et engagea un nouveau combat vers midi, mais là encore une division l'abandonna et l'ennemi put occuper les hauteurs de Châtillon, que nous aurions dû garder à tout prix.

En apprenant la conduite indigne des zouaves, qui revenaient avec leurs cartouchières pleines, M. Gambetta, alors au fort de Bicêtre, fit afficher une proclamation : « Vous avez donné — disait-il aux assiégés — dans ces derniers jours, la preuve la plus manifeste de vos mâles résolutions; vous ne vous êtes laissé troubler ni par les lâches ni par les tièdes; vous ne vous êtes laissés aller ni aux excitations ni à l'abattement; vous avez envisagé avec sang-froid la multitude des assaillants.

« Les premières atteintes de la guerre vous trouveront également calmes et intrépides, et si les fuyards venaient comme aujourd'hui porter dans la cité le désordre, la panique et le mensonge, vous resteriez inébranlables, assurés que la cour martiale qui vient d'être instituée par le gouvernement pour juger les lâches et les déserteurs saura efficacement veiller au salut et protéger l'honneur national. . . . . » Les déserteurs de Châtillon furent donc conduits à l'état-major de la place pour être mis à la disposition du conseil de guerre. La fureur était tellement grande dans la ville qu'on promena plusieurs de ces misérables dans les rues, au milieu des huées : leur capote était retournée et le mot *lâche* se lisait dans leur dos.

Le 22 septembre, le *Journal officiel* publia le résultat de l'entrevue qui avait eu lieu à Ferrières

entre M. Jules Favre et M. de Bismarck. Les Prussiens demandaient déjà l'annexion de l'Alsace, M. Jules Favre repoussa de pareilles conditions et la guerre continua. En même temps, le gouvernement publiait la déclaration qui suit :

« On a répandu le bruit que le gouvernement de la Défense nationale songeait à abandonner la politique pour laquelle il a été placé au poste de l'honneur et du péril.

« Cette politique est celle qui se formule en ces termes : Ni un pouce de notre territoire ni une pierre de nos forteresses.

« Le gouvernement la maintiendra jusqu'à la fin. »

Paris en effet avait décidé qu'il résisterait à outrance. Une autre ville lui donnait alors l'exemple, et la statue de Strasbourg, sur la place de la Concorde, était couverte de fleurs et de drapeaux.

Le 23 septembre, les Parisiens remportèrent différents avantages : l'amiral Saisset chassa les Prussiens de Drancy et poussa une reconnaissance jusqu'au Bourget. Le général de Bellemare débusqua l'ennemi de Pierrefitte. Enfin, la division Maud'huy, déjà maîtresse du Moulin-Saquet et de Vitry, réussit à s'emparer de Villejuif et de la redoute des Hautes-Bruyères. Le général Trochu décida alors qu'on engagerait une action importante pour savoir au juste de quelles forces disposaient les Prussiens dans les positions de L'Hay, de Chevilly, de Thiais et de Choisy-le-Roi. Dans la nuit du 29 au 30, Vinoy massa donc ses troupes vers les forts d'Ivry, de Bicêtre et de Montrouge, et il attaqua l'ennemi. Sur tout le plateau de Villejuif, l'engagement devint général et dura trois heures. Le 35e et le 45e de

ligne, dirigés par le général Guilhem, refoulèrent l'ennemi hors de Chevilly ; un détachement de la division Maud'huy prit Thiais, où il trouva une batterie qu'il ne put faire enlever, faute d'attelages. Bientôt l'ennemi nous opposa 30 000 hommes et le général Vinoy ordonna la retraite, ses troupes n'étant pas assez nombreuses. Guilhem périt sur le champ d'honneur, mais les Prussiens rendirent aux Français son corps enfermé dans un cercueil couvert de fleurs. A l'inhumation, le gouverneur de Paris prononça ces paroles : « Messieurs, à l'heure présente, l'appareil de la mort n'a rien qui doive nous effrayer. Notre devoir, pour la plupart, notre avenir, pour tous, est là. . . . . Les phrases de convention et de convenance seraient déplacées ; je ne dirai qu'un mot devant ce cercueil : le général Guilhem a bien vécu, il s'est bien battu et il est mort en brave. Messieurs, je le recommande à votre souvenir ».

Le combat de Chevilly ramena la confiance dans l'esprit des soldats. Tout à coup, on apprit que Strasbourg venait de se rendre, et cette capitulation, que l'on prévoyait, affecta douloureusement les Parisiens, sans toutefois les décourager. Bien au contraire, on s'exerça plus que jamais au maniement des armes, on ne quitta plus le rempart, on se prépara à la résistance.

Dans les premiers jours du siège, les compagnies de la garde nationale avaient nommé des délégués pour la formation d'un *Comité central républicain* des vingt arrondissements de Paris. Ces délégués se réunirent, le 20 septembre, dans la salle de l'Alcazar, et, après avoir fait vérifier leurs pouvoirs, se rendirent à l'Hôtel-de-Ville où ils furent reçus par M. Jules Ferry. Ils lui deman-

dèrent si le gouvernement provisoire avait bien l'intention de résister à outrance, s'il consentirait à confier à la municipalité de Paris le soin d'organiser la police, si enfin les élections municipales auraient bientôt lieu. M. Jules Ferry répondit que le gouvernement ne traiterait à aucun prix; que la municipalité, lorsqu'elle serait nommée, agirait relativement à la police comme elle l'entendrait; que les élections n'auraient pas lieu avant le 28. Cette déclaration sembla satisfaire les délégués; mais le 5 octobre, Gustave Flourens, qui commandait les bataillons de Belleville, arriva devant l'Hôtel-de-Ville avec ses soldats et demanda au gouvernement dix mille chassepots pour marcher contre les Prussiens. Trochu répondit que notre armement n'était pas assez complet; M. Dorian s'engagea à fournir dans un délai de quinze jours dix mille fusils à tabatière et 60 mitrailleuses; enfin M. Ferry dit aux officiers : « Vous leur direz (aux soldats) que nous les mènerons au feu dès que ce ne sera plus les mener à la boucherie.... et que les élections municipales auront lieu dès que les listes électorales seront en état ». Flourens, en descendant de l'Hôtel-de-Ville, fut accueilli avec enthousiasme par ses bataillons, mais la majorité des Parisiens vit avec peine cette espèce d'émeute, si agréable à M. de Bismarck, qui comptait sur des désordres pour nous écraser. Le lendemain, le général Tamisier, commandant en chef de la garde nationale, publia un ordre du jour par lequel il engageait les gardes nationaux à ne plus recommencer de manifestations capables de nuire à la discipline de l'armée et par suite d'affaiblir la défense. Le même jour (6 octobre), on afficha ce qui suit sur les murs de la capitale :

« Le gouvernement reçoit à l'instant les lignes suivantes, qu'il transcrit textuellement :

« La province se lève et se met en mouvement.

« Les départements s'organisent.

« Tous les hommes valides accourent au cri : Ni un pouce de terrain, ni une pierre de nos forteresses. Sus à l'ennemi ! guerre à outrance !

« *Signé :* Glais-Bizoin. »

Il est temps de dire que quelques jours avant l'investissement de Paris le gouvernement avait délégué à Tours, pour organiser la défense en province, MM. Crémieux et Glais-Bizoin, auquel on adjoignit l'amiral Fourichon. Le gouvernement chargea quelques semaines après M. Gambetta de se joindre à cette délégation, après lui avoir confié les deux portefeuilles de la guerre et de l'intérieur.

Le 7 octobre, à dix heures du matin, M. Gambetta monta dans la nacelle de l'*Armand-Barbès* et le ballon s'enleva aux acclamations de la foule. Le ministre emportait une proclamation adressée aux départements et que nous reproduisons en entier :

Français,

« La population de Paris offre en ce moment un « spectacle unique au monde :

« Une ville de deux millions d'âmes, investie de toutes parts, privée jusqu'à présent, par la criminelle incurie du dernier régime, de toute armée de secours, et qui accepte avec courage, avec sérénité, tous les périls, toutes les horreurs d'un siège.

« L'ennemi n'y comptait pas, il croyait trouver Paris sans défense; la capitale lui est apparue hérissée de travaux formidables, et, ce qui vaut mieux encore, défendue par 400 000 citoyens qui ont fait d'avance le sacrifice de leur vie.

« L'ennemi croyait trouver Paris en proie à l'anarchie; il attendait la sédition qui égare et qui déprave, la sédition qui, plus sûrement que le canon, ouvre à l'ennemi les places assiégées.

« Il l'attendra toujours. Unis, armés, approvisionnés, résolus, pleins de foi dans la fortune de la France, les Parisiens savent qu'il ne dépend que d'eux, de leur bon ordre et de leur patience, d'arrêter, pendant de longs mois, la marche des envahisseurs.

« Français! c'est pour la patrie, pour sa gloire, pour son avenir, que la population parisienne affronte le fer et le feu de l'étranger.

« Vous qui nous avez déjà donné vos fils, vous qui nous avez envoyé cette vaillante garde mobile dont chaque jour signale l'ardeur et les exploits, levez-vous en masse et venez à nous : isolés, nous saurions sauver l'honneur; mais avec vous et par vous, nous jurons de sauver la France. »

Après le départ de M. Gambetta, le *Journal officiel* publia un avis du gouvernement en vertu duquel les élections étaient ajournées. M. de Kératry, préfet de police, donna sa démission et sortit de Paris en ballon pour aller remplir une mission militaire dans les départements. Son successeur fut M. Edmond Adam, ancien représentant du peuple.

A ce moment, la municipalité organisa le service de

la boulangerie et de la boucherie. « Chaque famille, dit un témoin oculaire, reçut une carte pour le pain et une pour la viande, et fut astreinte à se servir toujours à la même boulangerie et à la même boucherie, pour le pain tous les jours, pour la viande tous les trois jours. Cette dernière fut d'abord rationnée à 100 grammes par personne et par jour; mais, à mesure qu'elle diminua, la ration descendit jusqu'à 25 grammes : 75 grammes par personne pour trois jours. On consomma d'abord les bœufs, les moutons et les porcs; puis il fallut se rejeter sur la viande de cheval, depuis le milieu d'octobre jusqu'à la fin du siège..... Dès les cinq heures du matin, souvent par une pluie battante, on voyait d'immenses queues se dérouler à la porte des boucheries; chaque nouveau venu prenait sa place à la suite : malheur à l'impatient qui eût voulut se glisser sournoisement dans le rang! les hommes l'eussent accablé de horions, les femmes ne lui eussent pas laissé un cheveu sur la tête..»

En même temps, les opérations militaires suivaient leur cours. Le général Trochu et le général Ducrot élaboraient secrètement un plan d'attaque : Ducrot sortirait de Paris avec 60 000 hommes. Appuyé par les redoutes de Gennevilliers, il forcerait le passage de la Seine à Bezons et gagnerait Pontoise par Cormeil et Sannois. De là, il marcherait sur Rouen et établirait son armée sur les plateaux de Boos et d'Oissel. Dès lors, si les troupes Prussiennes se divisent pour suivre Ducrot, la chaîne d'investissement se desserre et Trochu sort; — si au contraire l'ennemi reste devant Paris, Ducrot, se joignant à l'armée du Nord, menace les Prussiens sur leur flanc droit, tandis qu'une partie de l'armée

qu'on organise sur la Loire les menace sur leur flanc gauche. Metz se trouvant bloqué, on n'aurait à combattre que devant Paris.

Le 13 octobre, Vinoy avait enlevé le village de Bagneux, qu'il dut abandonner en présence des masses prussiennes. Le 21, le général Ducrot, voyant l'ennemi sur le point d'investir Rueil et Nanterre, résolut de le débusquer de ses positions : il importait fort de n'avoir pas les Prussiens sur notre flanc gauche, quand on voudrait passer la Seine à Bezons. Ducrot sortit avec 10 000 hommes et 120 bouches à feu, et les Allemands, chassés de Rueil et de la Malmaison, furent repoussés jusqu'à Saint-Cucufa et la Jonchère. Le plan de Trochu allait donc pouvoir être mis à exécution. Les assiégés, encouragés par ce premier succès, reçurent à ce moment une dépêche de M. Gambetta annonçant la formation d'une armée de secours de 90 000 hommes. L'enthousiasme est à son comble. Le 27 octobre, en face du Panthéon, s'élève une estrade pavoisée : un drapeau noir flotte au-dessus des noms de Strasbourg, de Toul et de Châteaudun, et sur une bande de toile blanche, on lit :

CITOYENS, LA PATRIE EST EN DANGER.

Enrôlements volontaires de la garde nationale.

Une foule de jeunes gens se précipitent et s'engagent à défendre leur malheureux pays. Le lendemain, le général de Bellemare, gouverneur de Saint-Denis, envoya les Francs-tireurs de la *Presse* sur le Bourget, qui fut enlevé; mais le surlendemain cette position, laissée sans artillerie, retomba au pouvoir de l'ennemi. On ne s'imagine guère quel sentiment d'indignation s'empara de

tous les cœurs, lorsqu'on lut sur les murs de Paris cette étonnante nouvelle :

« Le gouvernement vient d'apprendre la douloureuse nouvelle de la reddition de Metz. Le maréchal Bazaine et son armée ont dû se rendre après d'héroïques efforts que le manque de vivres et de munitions ne leur permettait plus de continuer. Ils sont prisonniers de guerre.

« Cette cruelle issue d'une lutte de près de trois mois causera dans toute la France une profonde et pénible émotion. Mais elle n'abattra pas notre courage. Pleine de reconnaissance pour les braves soldats, pour la généreuse population, qui ont combattu pied à pied pour la patrie, la ville de Paris voudra être digne d'eux. Elle sera soutenue par leur exemple et par l'espoir de les venger. »

La consternation se peint sur les visages, et l'on accueille avec indifférence l'annonce d'un prochain armistice, dû à l'intervention des puissances étrangères. Pour satisfaire les mécontents du 31 octobre[1], le gouvernement fixa au 5 novembre les élections municipales, mais auparavant il demanda à l'armée et au peuple si le gouvernement de la Défense nationale devait ou non rester debout. Le vote donna 558 000 *oui* contre 62 000 *non*. Fort de cette majorité, le gouvernement fit destituer 14 chefs de bataillons[2]; Tibaldi, Vésinier, Vermorel, Lesfrançais, furent arrêtés, puis relâchés; Edmond Adam, n'approuvant pas ces arrestations, donna sa démission et fut remplacé à la préfecture de police par M. E. Cresson.

[1] Le récit de cette insurrection appartient à l'histoire de la Commune, et l'on comprendra sans peine pourquoi nous le laissons de côté.

[2] Ce sont : Flourens, Razoua, Goupil, Ranvier, de Frémicourt, Jaclard, Cyrille, Levraud, Millière, Gromier, Barberet, Dietsch, Longuet, Chassin.

Les élections du 5 furent généralement calmes. Dès qu'on les eut terminées, on s'occupa de la proposition d'armistice, dont la Russie, l'Autriche, l'Italie, l'Angleterre, puissances neutres, avaient pris l'initiative. Le gouvernement avait posé comme conditions : le ravitaillement de Paris proportionnellement aux 25 jours que devait durer l'armistice et le vote de toute la population française pour l'Assemblée nationale. Mais M. de Bismarck voulut qu'on lui livrât un des forts de Paris, et la proposition d'armistice fut repoussée. Pendant ce temps, les provisions commençaient à atteindre des prix fort élevés et le chiffre de la mortalité croissait tous les jours. Le général Trochu organisa alors d'une manière définitive la garde nationale, commandée par Clément Thomas, en remplacement de Tamisier. Les forces militaires furent divisées en trois armées, formant un total de 650 000 hommes :

1re armée (*Clément Thomas*) : garde nationale (266 bataillons).
2e armée (*Ducrot*) : ligne, 3 brigades de mobiles, 1 division de cavalerie.
3e armée (*Trochu*) : marins, corps spéciaux, le reste de la garde mobile et une division de cavalerie.

Trochu fut commandant en chef, le général Schmitz, chef d'état-major général; le général Foy, sous-chef d'état-major; le général Guiod, commandant de l'artillerie; le général Chabaud-Latour, commandant du génie; Wolf, intendant général. — Cette organisation reçut quelques modifications dans le courant du siège.

Tous ces soldats faisaient l'exercice et se préparaient à la grande sortie. Dans beaucoup d'arrondissements se formaient des souscriptions pour faire fabriquer des canons. On avait d'autant plus d'espoir qu'on com-

muniquait avec la province au moyen des pigeons voyageurs et des ballons.

Le 28 novembre eut lieu la sortie si impatiemment attendue : le courage des soldats fut encore enflammé par une proclamation patriotique du général Ducrot. Seulement, la nouvelle de la victoire de Coulmiers et de la reprise d'Orléans avaient fait abandonner le plan du général, qui dut céder à l'opinion publique et reporter ses efforts du côté de la Marne. Il est malheureusement à remarquer que pendant toute la durée de cette pénible campagne un ordre fut presque toujours suivi d'un contre-ordre, ce qui détruisait les combinaisons et donnait à l'ennemi de grands avantages sur nos troupes. Au milieu de la nuit, le feu s'ouvrit entre Bezons et Argenteuil. A l'aube, le contre-amiral Pothuau enleva la position de la Gare-aux-Bœufs, à Choisy-le-Roi. Le colonel Valentin attaqua le village de L'Hay et s'empara des premières lignes. Les canonnières du capitaine Thomasset en amont du Port-à-l'Anglais, les wagons blindés à Vitry, l'artillerie du moulin Saquet et du fort de Charenton, abîmèrent les Prussiens.

L'action reprit le lendemain. Un corps d'armée du général Ducrot passa la Marne sur des ponts de bateaux et s'établit à Champigny et à Bry. La division Susbielle s'empara de Montmély, qu'elle évacua bientôt. L'amiral de La Roncière s'avança sur la route de Lonjumeau. Enfin, la division de cavalerie Bertin de Vaux occupa Drancy, et la brigade Henrion prit le village d'Épinay. Après un jour de repos le combat recommença en avant du plateau d'Avron et des forts de Nogent, de Gravelle et de Charenton (2 décembre). « Les Prussiens essuient de grave pertes et laissent entre nos mains près d'un

millier de prisonniers. Nos troupes épuisées soutiennent avec fermeté le choc de troupes fraîches ». Malgré cela, l'armée de Ducrot dut repasser la Marne et bivouaqua dans le bois de Vincennes.

Sur ces entrefaites, un parlementaire de M. de Moltke apporta au général Trochu une lettre par laquelle on l'informait qu'Orléans était retombé au pouvoir des Allemands. Beaucoup pensent qu'alors on aurait dû faire la paix. Beaucoup aussi — et Trochu est du nombre — pensaient que la province pouvait encore venir et qu'il fallait résister jusqu'au bout.

Le 21 décembre, une sortie fut faite pour appuyer les opérations du général Faidherbe au nord : on ne put occuper le Bourget, mais on prit Drancy. Pendant ce temps, on exécutait deux diversions : l'une à l'est, à la Ville-Evrard, qu'on enleva aux Saxons, l'autre à l'ouest, à Buzenval.

Quel était l'état de la ville, au 27 décembre, jour où commença le bombardement de Paris?

Dès le mois d'octobre, les subsistances avaient acquis un prix inabordable pour le plus grand nombre : les brochets valaient de 7 à 14 fr. ; les anguilles, de 12 à 15 fr. ; le beurre frais, 5 fr. la livre ; les haricots, 2 fr. le litre. Au milieu de novembre, les œufs frais coûtaient 1 fr. la pièce. Les bœufs, les vaches, les moutons, les porcs, les salaisons, étaient mangés, et on en était arrivé aux chevaux, aux chiens, aux rats. On vit au marché Saint-Germain une voiture de boucherie dont les faces latérales portaient l'inscription :

RÉSISTANCE A OUTRANCE.

Grande boucherie canine et féline.

Au fond, on lisait ces vers :

L'héroïque Paris brave les Prussiens,
Il ne sera jamais vaincu par la famine ;
Quand il aura mangé la race chevaline,
Il mangera ses rats, et ses chats et ses chiens.

Au mois de décembre, les maires commencèrent le rationnement du pain, qui devint général à partir du 19 janvier. Cependant « le crédit public se maintint avec une grande fermeté ; il n'y a pas eu, dans cette crise formidable, de désastres financiers comme en 1848 ; le 29 décembre, le 3 pour 100 valait encore 52 francs ; les obligations de chemins de fer étaient cotées à la Bourse de 290 à 304. Le capital subordonna son intérêt à son patriotisme. Le 15 octobre, 90 millions du dernier emprunt furent versés par anticipation, et le 9 janvier les banquiers de Paris offrirent à l'État 400 millions ».

Le 27, les Prussiens se mirent à bombarder le plateau d'Avron ; puis, le 30, ce fut le tour des forts de l'Est ; le 5 du mois suivant, les obus ravagèrent les forts du sud et la partie méridionale de Paris : la Pitié, le Val-de-Grâce, l'hôpital des Enfants-Malades, les Jeunes-Aveugles, les Incurables, les collections du Jardin des Plantes. Dans l'école des Frères de la rue de Vaugirard, cinq enfants furent tués par un obus.

Une grande affiche rouge demanda le renversement du gouvernement de la Défense nationale, qu'on accusait de ne pas faire son devoir. Pour calmer l'agitation des esprits, on organisa une sortie pour le 19 janvier, le lendemain du jour où le roi de Prusse devait être proclamé Empereur d'Allemagne dans le château de Versailles. Le général Trochu voulait que cette sortie fût dirigée contre Châtillon, où les Prussiens avaient établi

leurs batteries les plus meurtrières ; mais les officiers généraux désapprouvèrent un projet qui présentait de sérieux obstacles, et il fut décidé qu'on attaquerait l'ennemi du côté de Saint-Cloud et qu'on marcherait sur Versailles en cas de succès. L'armée qui devait combattre comptait 100 000 hommes. Elle avait pour chef le général Trochu, ayant sous ses ordres Vinoy, Ducrot et de Bellemare.

Le général de Bellemare marcha sur Garches et le plateau de la Bergerie, Vinoy fut lancé contre les hauteurs de Montretout : tous deux réussirent ; mais ils durent, afin de n'être pas débordés sur leur droite, attendre le général Ducrot, chargé d'enlever le château de Buzenval. Les Prussiens mirent à profit ce temps d'arrêt : ils réunirent leurs réserves à Garches, firent venir des renforts et nous opposèrent une armée de 30 000 hommes : le soir ce chiffre avait presque doublé. Il fallut donc opérer la retraite, et les Français rentrèrent dans Paris, après avoir perdu 5000 des leurs[1]. Parmi les morts se trouvaient l'artiste Henri Regnault, l'auteur de *Salomé ;* Gustave Lambert, qui avait interrompu les préparatifs de son expédition au pôle nord pour servir sa patrie ; le marquis de Coriolis, volontaire à soixante-sept ans ; le lieutenant-colonel de Rochebrune, mortellement frappé d'une balle au moment où, levant son sabre, il s'écriait : « *En avant !* ». Certes, un pays qui compte de tels enfants peut être un instant abattu, mais il se relève toujours.

La perte de cette bataille souleva contre le général

[1] On pourra consulter sur cette sortie les *Sièges de Paris*, par M. Borel d'Hauterive, et l'ouvrage de M. Dussieux : *Histoire de la guerre franco-allemande de* 1870-71.

Trochu la population et le gouvernement. Tout en conservant la présidence, le soldat perdit le commandement en chef des troupes, qui fut donné au général Vinoy. Le 22 janvier, les partisans de la Commune attaquèrent l'Hôtel-de-Ville, mais Vinoy triompha de cette insurrection; le lendemain, il fit fermer les clubs.

Pendant ce temps la famine croissait : il n'y avait plus de vivres que pour quelques jours, et la majeure partie de la population, dénuée de ressources, ne pouvait acheter les rares aliments qui se vendaient encore, mais à des prix exorbitants : le beurre frais valait de 38 à 40 fr. la livre; une poule coûtait 35 fr. ; une dinde 125 fr. ; une betterave 4 fr. ; le boudin de cheval, 2 fr. 20 c. la livre.

Le 26 janvier, le *Journal officiel* annonçait qu'on traitait dans le moment même : M. Jules Favre était à Versailles depuis quelques jours, il négociait avec M. de Bismarck. Le bombardement continua quelques instants encore, puis un silence lugubre se répandit dans la capitale. Chacun, les larmes aux yeux, attendait l'issue de cette conférence si funeste à la France et dont nous étions réduits à accepter le résultat, quel qu'il fût. Pendant deux jours, on resta livré à soi-même, à toutes les angoisses de l'attente.

Enfin, le *Journal officiel* du 28 janvier contenait les lignes suivantes, qui furent comme autant de coups de poignard pour tous les cœurs français :

CONVENTION POUR L'ARMISTICE.

« C'est le cœur brisé de douleur que nous déposons les armes. Ni les souffrances ni la mort n'avaient pu

contraindre Paris à ce cruel sacrifice ; il ne cède qu'à la faim ; il s'arrête quand il n'a plus de pain. Dans cette cruelle situation, le gouvernement a fait tous ses efforts pour adoucir l'amertume d'un sacrifice imposé par la nécessité. Depuis lundi soir, il négocie. Ce soir a été signé un traité qui garantit à la garde nationale tout entière son organisation et ses armes : l'armée, déclarée prisonnière de guerre, ne quittera point Paris. Les officiers garderont leur épée. Une assemblée nationale est convoquée. La France est malheureuse, mais elle n'est pas abattue. Elle a fait son devoir, elle reste maîtresse d'elle-même.

« Voici le texte de la convention signée ce soir, à huit heures, et rapportée par le ministre des affaires étrangères :

CONVENTION.

« Entre M. le comte de Bismarck, chancelier de « la confédération Germanique, stipulant au nom de « S. M. l'Empereur d'Allemagne, roi de Prusse, et « M. Jules Favre, ministre des affaires étrangères du « gouvernement de la Défense nationale, munis de « pouvoirs réguliers,

« Ont été arrêtées les conventions suivantes :

« ARTICLE PREMIER. Un armistice général, sur toute la « ligne des opérations militaires en cours d'exécution « entre les armées allemandes et les armées françaises, « commencera pour Paris aujourd'hui même ; pour « les départements, dans un délai de trois jours. La « durée de l'armistice sera de vingt et un jours à « dater d'aujourd'hui, de manière que, sauf le cas où il

« serait renouvelé, l'armistice se terminera partout le « 19 février, à midi.

« Les armées belligérantes conserveront leurs posi- « tions respectives, qui seront séparées par une ligne « de démarcation (*suit la délimitation de cette ligne*).

« ART. 2. L'armistice ainsi convenu a pour but de « permettre au gouvernement de la Défense nationale de « convoquer une Assemblée librement élue qui se pro- « noncera sur la question de savoir si la guerre doit « être continuée ou à quelles conditions la paix doit « être faite.

« L'Assemblée se réunira dans la ville de Bordeaux.

« ART. 3. Il sera fait immédiatement remise à l'armée « allemande, par l'autorité militaire française, de tous « les forts formant le périmètre de la défense extérieure « de Paris, ainsi que de leur matériel de guerre.....

« ART. 4. Pendant la durée de l'armistice, l'armée « allemande n'entrera pas dans Paris.

« ART. 5. L'enceinte sera désarmée de ses canons....

« ART. 6. Les garnisons (armée de ligne, garde- « mobile et marins) des forts et de Paris seront prison- « nières de guerre, sauf une division de 12 000 hommes « que l'autorité militaire dans Paris conservera pour le « service intérieur.

« Les troupes prisonnières de guerre déposeront « leurs armes..... Ces troupes resteront dans l'inté- « rieur de la ville, dont elles ne pourront pas franchir « l'enceinte pendant l'armistice.....

« A l'expiration de l'armistice, tous les militaires « appartenant à l'armée consignée dans Paris auront à « se constituer prisonniers de guerre de l'armée alle- « mande, si la paix n'est pas conclue jusque-là.

« Les officiers prisonniers conserveront leurs armes.

« ART. 7. La garde nationale conservera ses armes ; « elle sera chargée de la garde de Paris et du maintien « de l'ordre.....

« Tous les corps des francs-tireurs seront dissous « par une ordonnance du gouvernement français.

« ART. 10[1]. Toute personne qui voudra quitter Paris « devra être munie de permis réguliers délivrés par « l'autorité militaire française et soumis au visa des « avant-postes allemands. Ces permis et visas seront « accordés de droit aux candidats à la députation en « province et aux députés de l'Assemblée.....

« ART. 11. La ville de Paris payera une contribu- « tion municipale de guerre de la somme de 200 mil- « lions de francs. Ce payement devra être effectué « avant le quinzième jour de l'armistice.....

« ART. 15[2]. Un service postal pour des lettres non « cachetées sera organisé entre Paris et les départements « par l'intermédiaire du quartier-général de Versailles.

« En foi de quoi les soussignés ont revêtu de leurs signatures et de leur sceau les présentes conventions.

« Fait à Versailles, le 28 janvier 1871.

« Signé : JULES FAVRE, BISMARCK.

Le 26 février, la prolongation de l'armistice fut si- « gnée, à une condition : « La partie de la ville de « Paris, à l'intérieur de l'enceinte comprise entre la

[1] Les articles 8 et 9 sont relatifs au ravitaillement.

[2] L'art. 12 est relatif aux valeurs publiques, l'art. 13 à l'importation des armes et munitions, l'art. 14 à l'échange des prisonniers.

« .Seine, la rue du Faubourg-Saint-Honoré et l'avenue « des Ternes, sera occupée par les troupes allemandes, « dont le nombre ne dépassera pas trente mille « hommes ».

Le lendemain, le gouvernement avertit les Parisiens de l'entrée de l'armée allemande et leur recommanda de rester calmes, malgré l'humiliation que leur imposaient les circonstances. Les directeurs de journaux suspendirent la publication des feuilles qu'ils dirigeaient, pendant l'occupation ennemie ; les édifices et la plupart des maisons furent fermés « *pour cause de deuil national* » ; des drapeaux noirs flottèrent aux fenêtres ; l'arc de triomphe fut barricadé. Le 1er mars, à 8 h. 35, les éclaireurs Prussiens se montrèrent, et le gros de l'armée arriva sur les trois heures. Quelques cavaliers ennemis ayant pénétré en armes sur la place du Carrousel, un frémissement de colère souleva le cœur des assistants, et peu s'en fallut que la lutte n'éclatât.

Le même jour, l'Assemblée nationale accepta les préliminaires de paix (1er mars) et les Prussiens durent évacuer Paris, qu'ils avaient occupé quarante-huit heures.

APPENDICE

Le siège de Rouen[1].

(1418-1419).

Pendant que les Armagnacs étaient massacrés dans Paris par les Bourguignons, le roi d'Angleterre, qui tenait la Seine par Harfleur et par le Pont-de-l'Arche, divisait son armée en huit ou neuf corps et embrassait ainsi l'enceinte tout entière de Rouen, dont il voulait se rendre maître. Dans ce but, il avait fait battre la campagne pour empêcher les approvisionnements d'arriver à Rouen, espérant bien que 60 000 hommes manquant de vivres ne lui opposeraient pas une longue résistance : il comptait sans l'énergie des chefs rouennais, sans le courage d'Allain Blanchart, chef des arbalétriers.

Les Anglais avaient à leur tête Henri V, Glocester, Clarence, le connétable Cornwall, l'amiral Dorset et Warwick. Ils commencèrent par creuser des fossés qu'ils remplirent de ronces; puis ils barrèrent la Seine avec des chaînes, afin que Rouen ne reçût aucun se-

[1] Au moment de mettre sous presse, nous nous sommes aperçu que le siège de Rouen, célèbre par le dévouement d'Allain Blanchart, avait été omis : nous réparons cet oubli.

cours par le fleuve. Les différents corps communiquaient entre eux par des tranchées.

Henri V avait en outre fait venir sur le continent 8000 Irlandais, « dont la plus grand'partie allaient de pied, un de leurs pieds chaussé et l'autre nu, sans avoir braies, et pauvrement habillés, ayant chacun une targette et petits javelots, avec gros couteaux d'étrange façon. Et ceux qui allaient sur chevaux n'avaient nulles selles et chevauchaient très habilement sur bons petits chevaux de montagnes[1].... » Pendant tout le temps que dura le siège, ces Irlandais parcoururent la Normandie, commettant toutes sortes d'excès, pillant, volant, prenant les enfants au berceau et les emportant avec eux, montés sur des vaches, pour qu'on les rachetât; c'était un moyen de se procurer de l'argent et de ruiner les paysans. Puis, Henri V avait fait dresser des potences autour de la ville, et il y pendait des prisonniers pour effrayer ses adversaires.

Il y avait à Rouen environ 1500 hommes de milice et 4000 cavaliers, et la population totale s'élevait à 60 000 âmes. Prêtres et bourgeois passaient dans les rues, félicitant les uns, exhortant les autres, répondant aux bombardes du roi d'Angleterre par des nuées de traits et d'engins volants. On ne se borna pas à se défendre, on attaqua, on sortit. Laghen, bâtard d'Arly, qui gardait la porte de Caux, ayant été requis par le chevalier anglais Jehan Le Blanq « de rompre trois lances contre lui », vainquit son adversaire, dont le corps fut traîné ensuite dans les différents quartiers de la ville.

Cependant les assiégés, surpris de n'être pas secourus

[1] *Chronique* de Monstrelet, I, 203.

et déjà en proie à la famine, envoyèrent un de leurs prêtres à Paris avec mission de demander des secours. Le carme Eustache de Pavilly amena le messager devant le roi et exposa d'abord l'objet de sa démarche; puis, prenant la parole : « Très excellent prince et seigneur, dit le prêtre, il m'est enjoint, de par les habitants de la ville de Rouen, à crier contre vous, et aussi contre vous, sire de Bourgogne, qui avez le gouvernement du roi et de son royaume, *le grand haro*, lequel signifie l'oppression qu'ils ont des Anglais. Ils vous mandent et font savoir par moi que, si par faute de votre secours il convient qu'ils soient sujets au roi d'Angleterre, vous n'aurez en tout le monde pires ennemis qu'eux, et, s'ils peuvent, ils détruiront vous et votre génération. »

L'envoyé rouennais fut bien accueilli; il reçut *grande réception* et de belles promesses, et repartit content. Mais, au lieu d'envoyer des secours, le roi de France et le duc de Bourgogne envoyèrent au roi d'Angleterre des ambassadeurs qui conférèrent pendant quinze jours avec le comte de Warwick. Ils avaient apporté avec eux « la figure de Catherine, fille du roi, laquelle fut présentée au roi d'Angleterre et lui plut moult bien. » Mais Catherine seule ne suffisait sans doute pas au bonheur d'Henri V, car ce souverain demanda en outre cent mille écus d'or, les duchés de Normandie et d'Aquitaine, le comté de Ponthieu. De plus Warwick répondit aux Français qu'il était impossible de négocier, attendu que Charles VI était en démence, que le dauphin n'était pas encore roi, et que le duc de Bourgogne n'avait point qualité pour disposer des héritages du roi de France.

En apprenant la rupture des négociations, les Rouen-

nais résolurent d'aller eux-mêmes chercher des secours, et ils préparèrent une grande sortie; mais le pont sur lequel ils devaient passer avait été scié en dessous et plusieurs d'entre eux tombèrent dans les fossés. On renonça à sortir désormais, et on accusa de trahison le sire Guy de Boutillier, qui, après la reddition de la ville, répudia sa nationalité et accepta des fiefs du roi d'Angleterre. Pendant ce temps, le roi de France et le duc de Bourgogne avaient mandé à Beauvais des gens d'armes et des arbalétriers, et ils avaient pu constituer une petite armée. Pourquoi donc n'accouraient-ils pas?

Au milieu de décembre, quatre gentilshommes et quatre bourgeois de Rouen arrivèrent encore pour faire connaître l'état déplorable de la ville. Dès le mois d'octobre, les chats, les chiens, les chevaux, étaient mangés. Douze mille individus, vieillards, femmes et enfants, avaient été chassés de la ville; les Anglais leur avaient refusé le passage, et ils étaient encore dans les fossés, vivant d'herbes; il fallait « que les bonnes gens pitoyables tirâssent les petits enfants nouveaunés des femmes qui étaient en leurs fossés, en paniers et autres choses, pour les faire baptiser, et après les rendaient aux mères, et moult en mourait sans être chrétiennés, lesquelles choses étaient moult grièves et piteuses à ouïr raconter. » Le jour de Noël pourtant, les Anglais envoyèrent du pain à ces misérables; ils en offrirent aussi aux assiégés, mais on repoussa leur offre avec indignation.

Pour se débarrasser des envoyés Rouennais, le duc de Bourgogne leur promit que le quatrième jour après Noël la ville serait secourue; puis, ne se trouvant pas assez fort, il congédia les gens d'armes et mena la

cour à Provins. Il fit secrètement dire aux assiégés de ne plus compter sur lui.

Déjà, 50 000 hommes étaient morts de faim. Les notables, réunis à la maison commune, envoyèrent un héraut à Henri V pour obtenir un sauf-conduit, et six ambassadeurs, *sages*, *prudents* et *bien emparlés*, se rendirent au logis du primat d'Angleterre, archevêque de Cantorbéry. Voici les clauses de la capitulation :

1° Rouen paiera au roi d'Angleterre 365 000 écus d'or ;

2° La ville jouira de tous les privilèges qu'elle avait au temps de saint Louis, *avant l'usurpation de Philippe de Valois ;*

3° Tout le monde aura la vie sauve, à l'exception de trois habitants.

Les deux premiers de ces trois habitants, désignés par le roi, le bourgeois Jehan Jourdain et le vicaire Robert de Linet, rachetèrent leur vie à prix d'argent.

Le troisième, Allain Blanchart, chef des arbalétriers, qui avait excité les Rouennais à la résistance, ne voulut pas se racheter et il fut exécuté.

« Si j'avais de la fortune, s'écria-t-il en marchant au supplice, je ne voudrais point la sacrifier pour empêcher qu'un Anglais se déshonorât! »

Allain Blanchart a été, lui aussi, victime des attaques de ces écrivains qui semblent prendre à tâche de rabaisser à plaisir nos gloires nationales les plus pures. Mais la ville de Rouen a donné le nom de l'une de ses rues à Allain Blanchart, ce type admirable de l'héroïsme et du dévouement, et elle se propose de lui élever une statue.

NOTIONS DE FORTIFICATION

I

La FORTIFICATION est l'art d'organiser la défense des positions attaquées par l'ennemi. Ce but s'obtient au moyen des *abris* et des *obstacles* : les *abris* servant à protéger les défenseurs de la position attaquée, les *obstacles* à embarrasser et à arrêter les travaux des assaillants.

La *fortification naturelle* est l'ensemble des obstacles qui sont formés naturellement par le terrain, par le sol lui-même (bois, marécages, ravins, cours d'eau, etc.), ou qui existent déjà dans la position que la force militaire vient occuper (maisons, haies, murs, etc.).

La *fortification artificielle* comprend tous les obstacles qui ne font pas naturellement partie d'une position et qui sont élevés par les soldats du génie. Elle se divise en fortification *passagère* et en fortification *permanente*. La première est celle que l'on emploie pendant les guerres, soit pour défendre certaines positions menacées, soit pour protéger les troupes sur le champ de bataille : ce genre d'ouvrages porte le nom de *retranchement*. Un retranchement est formé d'une

élévation de terre, appelée *parapet* ou *épaulement*, et d'un *fossé* creusé en avant du parapet[1].

« Le *parapet*, dit M. Husson, varie de dimensions : 1° en hauteur suivant la nature de l'arme à abriter; 2° et en épaisseur suivant la nature du terrain et le genre de projectiles qu'il est appelé à recevoir, en tenant compte de leur longueur de pénétration, qui est doublée lorsque les projectiles s'enfoncent dans les terres fraîchement remuées.

« Le *fossé* varie de dimensions suivant celles que l'on veut donner au parapet, attendu que ce sont les terres de cette excavation qui doivent seules fournir celles qui sont nécessaires à la masse couvrante (parapet). Son volume doit donc être équivalent à celui du remblai[2]. »

La fortification *permanente* a pour objet la défense des places, des villes, des ports de mer, etc. Loin d'être rapidement exécutée, comme la fortification passagère, elle est faite avec beaucoup plus de soin et offre des obstacles infinimemt plus solides. Elle comprend les *camps retranchés*, les *forts* ou *forteresses* et les fortins (petits forts), les citadelles[3].

II

Les *places fortes* se divisent en trois classes, suivant le nombre de fronts qu'elles possèdent. La ligne conti-

[1] Cette excavation porte le nom de *tranchée*, lorsqu'elle est creusée en arrière du parapet.

[2] Fr. Husson, *Manuel de fortifications* (in-12; 1878).

[3] Nous n'avons pas à nous occuper ici du tracé des fortifications; il

nue de fronts qui entoure une position porte le nom de *corps de place*. Les places de *premier ordre* ne peuvent avoir moins de douze fronts, celles de *deuxième ordre* ont de huit à onze fronts, celles de *troisième ordre* ont de quatre à sept fronts.

La loi du 10 juillet 1791, réglementée par deux décrets impériaux (1811, 1863), range les places fortes sous trois régimes suivant qu'elles sont en état de paix, en état de guerre ou en état de siège. Dans une place en état de *siège*, tous les droits dont jouissent les officiers civils passent entre les mains du commandant supérieur qui en devient responsable.

Autour des places fortes, il existe trois zones. On ne peut faire dans la troisième ni chemins, ni chaussées, ni excavations, ni levées de terre. Dans la seconde zone, toutes les constructions en maçonnerie sont généralement défendues; il faut en excepter quelques places où elles sont permises, mais l'autorité militaire se réserve le droit de les faire démolir en cas de besoin. Enfin dans la première zone on ne tolère que les haies sèches et les planches à claire-voie.

III

Siège offensif. — Lorsqu'un général veut assiéger une place de guerre, il envoie d'abord autour de cette place un corps de troupes légères chargé d'interrompre les communications des assiégés avec l'extérieur; jus-

nous suffira de dire que les systèmes les plus remarquables en cette matière sont ceux des ingénieurs Errard et Marolois, du chevalier de Ville, du comte de Pagan, de Cohorn, de Vauban et de Cormontaigne.

qu'à l'arrivée de l'armée de siège, qui doit être 10 ou 12 fois plus forte que la garnison. Lorsque le matériel est établi, on ouvre la première parallèle le plus près possible de la place. Des cheminements en *zigzags* conduisent à une deuxième parallèle, exécutée à 600 mètres environ des saillants des chemins couverts et qu'on arme de batteries comme la première. On arrive enfin à la troisième parallèle d'où l'on s'élance au bord du fossé. — On trouvera, au *siége de Dantzig* (note 1), la marche générale du siège offensif.

Siège défensif. — Quand une place est assiégée, on nomme aussitôt un commandant supérieur, assisté d'un conseil de défense et chargé de prendre des mesures pour arrêter ou contrarier les travaux d'attaque. Le commandant de place et les commandants du génie et de l'artillerie doivent de leur côté ne rien négliger de ce que l'expérience des sièges a indiqué comme utile. Lorsque l'ennemi se présente, on dirige sur lui le feu des batteries, de façon qu'il s'établisse loin de la place. Dès qu'on le voit ouvrir la première parallèle, on procède de la même manière. Enfin, lorsque les tranchées se rapprochent du fossé, on augmente la garde des ouvrages attaqués. Toutes les fois que le commandant supérieur le juge convenable, il fait exécuter des sorties. — Si, après avoir épuisé tous les moyens de défense, il se voit obligé de capituler, il demande l'avis du Conseil, sans être toutefois obligé de s'y soumettre. Dans la capitulation, il ne doit jamais se séparer de ses troupes ni demander de privilèges pour ses officiers ou pour lui. — On donne le nom de *Journal de siège* à la relation de tout ce qui s'est passé pendant le siège. Ce journal est divisé en deux colonnes : l'une pour l'attaque, l'autre pour la défense.

VOCABULAIRE

DES PRINCIPAUX TERMES TECHNIQUES

EMPLOYÉS DANS L'OUVRAGE

Agger. — Vaste levée de terre surmontée de palissades.

Arbalète à tour. — Arbalète dont l'arc, fait de bois, de corne ou d'acier, mesurait environ 10 mètres, et qui, selon les calculs du colonel Dufour, pouvait lancer à 800 mètres des traits pesant un demi-kilogramme.

Baliste (*balista*, λιθοβόλον). — Machine servant à lancer des pierres pesantes.

Barbacane. — Mur formant un saillant demi-circulaire et percé de créneaux ou de meurtrières.

Bastides. — Petites fortifications temporaires, dont on entourait une place soit pour l'assiéger, soit pour la défendre.

Bastion. — Partie saillante angulaire et à deux faces d'une enceinte militaire.

Bélier (*aries*, κρίος). — Grosse poutre se terminant par une masse de fer en forme de tête de bélier.

Boyaux. — Tranchées étroites et tortueuses qui servent à lier les attaques du front de la place, en d'autres termes, à établir une communication entre les *parallèles* (*V.* ce mot).

Castella. — Redoutes palissadées.

Catapulte (*catapulta*, κατα-πέλτης). — Machine servant à lancer des dards et des traits pesants.

Cervi grandes. — Branches émondées semblables aux bois de cerf que les Romains plantaient entre l'agger et les créneaux.

Chandeliers. — Assemblage de pièces de bois (*V.* le siège de La Rochelle).

Chemin couvert. — « Chemin à ciel ouvert, régnant sur le bord extérieur des fossés d'une place forte, entre le bord du glacis et le bord de la contrescarpe. Il a généralement 10 à 12 m. de

largeur, communique au fond du fossé au moyen de rampes ou d'escaliers, et est garni d'une banquette et d'un parapet pour recevoir des soldats qui doivent faire la fusillade, et se mettre à couvert du feu des assiégeants ».

Cippi. — « Fossés qui figuraient cinq rangs de zigzags joints entre eux par les angles, ce qui devait représenter des losanges ».

Circonvallation (Ligne de). — Ouvrages temporaires de fortification, enveloppant la place assiégée et servant à l'armée de siège pour se défendre contre les armées de secours.

Contre-mine. — Galerie souterraine faite à contre-sens d'une mine ouverte par les assiégants pour la paralyser.

Contrescarpe. — Bord extérieur d'un fossé.

Corbeau à griffe. — Machine avec laquelle on soulevait les objets et qui s'appelait aussi *main de fer*. Elle se composait d'une longue perche armée d'une espèce de tenaille.

Coulevrine. — Bouche à feu, à tir direct, de forme allongée.

Culée. — « Massif de maçonnerie qui soutient dans leur poussée les voûtes des dernières arches d'un pont. »

Dehors. — Fortifications extérieures et avancées.

Embrasure. — Ouverture faite dans le massif d'une batterie à épaulement pour donner passage à une bouche à feu.

Épaulement. — Élévation destinée à couvrir en flanc (*épauler*) les soldats exposés au feu de l'ennemi. On *épaule* aussi les batteries ou les lignes fortifiées.

Escarpe. — Muraille de terre ou de maçonnerie qui règne au-dessus du fossé du côté de la place.

Estacade. — Pièces de bois garnies de fer et de chaînes qu'on met à l'entrée d'un port pour le fermer.

Fascines. — Fagots qui servent à combler les fossés ou à épauler les batteries.

Front. — On appelle *front* d'une place ce qui est compris entre deux bastions voisins.

Fusées à obus. — Fusées communiquant le feu à la poudre que renferment ces projectiles.

Gargousse. — Charge de poudre dans son enveloppe.

Lilia. — V. *Scrobes.*

Loups. — Pinces de fer armées de dents.

Lunette. — Petite demi-lune.

Mâchecoulis. — « Nom donné à de certaines galeries saillantes, dans les vieux châteaux et aux anciennes portes des villes, avec

ouvertures, d'où l'on apercevait le pied des ouvrages, et d'où l'on jetait des pierres ou autres projectiles pour empêcher qu'on en approchât. »

Mine. — « Dans l'antiquité et le moyen âge, cavité que, dans les sièges, l'on pratiquait sous des murailles, sous une tour, etc.; on étançonnait, puis le mineur, mettant le feu aux étançons, se retirait; les étançons manquaient et la muraille s'écroulait. — Aujourd'hui, cavité souterraine que l'on pratique et où l'on place de la poudre pour y mettre le feu et faire sauter tout ce qui se trouve au-dessus; on se sert aussi de la mine pour percer des roches qui ne cèdent pas à la pioche. »

Onagre (*onager*). — Machine à lancer des traits et des pierres d'un grand poids.

Palissade. — « Rangée de pièces de bois destinées à fermer la gorge d'un ouvrage, à arrêter l'ennemi au fond du fossé; elles sont, en général, formées par des bûches triangulaires, plantées verticalement, espacées d'une dizaine de centimètres et réunies par un liteau horizontal. »

Palme. — Mesure égale à 9 pouces environ.

Parallèle. — Tranchée parallèle au côté de la place qu'on assiège.

Redoute. — Ouvrage de fortification complètement fermé. Il se distingue du *fort* en ce qu'il ne présente pas d'angles rentrants.

Sacs à terre. — Sacs remplis de 30 à 35 kil. de terre que l'on emploie pour la construction des batteries ou pour servir de masque et de revêtement.

Scorpion (σκορπίος). — Machine que l'on employait pour lancer des pierres, des balles de plomb et des flèches.

Scrobes ou *lilia.* — Pieux ronds durcis au feu que l'on plantait dans des rangées de trous ayant la forme de cônes renversés.

Stimuli. — V. *Taleæ.*

Taleæ. — Piquets d'un pied de long, dans lesquels sont fichés des hameçons de fer et que l'on plante au devant des *scrobes* (V. ce mot). Lorsque ces piquets ne sont pas munis de leurs hameçons, on les appelle *taleæ;* dans le cas contraire, ils prennent le nom de *stimuli.*

Tolleno. — « On donnait le nom de *tolleno* à une forte poutre fichée profondément en terre, et sur laquelle on était une autre, posée de manière à faire bascule. Des soldats se plaçaient à l'une des extrémités de cette dernière sur des planches disposées à cet

effet. On faisait descendre l'autre extrémité, et ils étaient lancés sur les remparts des assiégés. »

Tortue. — Machine de guerre couverte et montée sur des roues, à l'abri de laquelle on s'avançait jusqu'au pied des murailles d'une ville assiégée.

Trébuchet. — Machine composée d'une longue poutre appelée *verge* ou *flèche*, tournant autour d'un axe horizontal porté par des montants. A l'une des extrémités de la verge on fixait un contrepoids; à l'autre, une fronde contenant le projectile à lancer (pierres, tonneaux remplis de feu grégeois, fer rouge, etc.).

Vallum. — Palissade.

Vineæ. — Toit protecteur, formé de bois léger; recouvert d'une double couche de planches et de claies, et garanti sur les côtés contre les projectiles par des treillages d'osier, contre le feu par des peaux mouillées. On appelle aussi cet ouvrage *galerie couverte.*

Zigzag. — Tranchée étroite formant une suite d'angles aigus, et disposée de façon qu'aucune de ses parties ne peut être enfilée de la place.

TABLE DES GRAVURES

1. Épisode du siège de Troie, d'après la table iliaque : le cheval de bois 11
2. Siège de Babylone, d'après les travaux de Flandin et le voyage de M. Vivien de Saint-Martin. 19
3. Le bouclier votif que nous reproduisons semble dater du premier siècle de notre ère. Il représente la légende de l'or du Capitole pesé par les Gaulois 50
4. Porte antique de Capoue, d'après une vieille estampe de la Bibliothèque nationale. 41
5. Camp romain, d'après la colonne Trajane 57
6. Bélier, d'après la colonne Trajane 58
7. Siège d'Avaricum, d'après le tableau de Brion et des documents du musée de Saint-Germain. 63
8. Ce dessin a été composé à l'aide des données fournies par M. Desjardins, dans sa *Géographie de la Gaule romaine*, t. II. (V. p. 67 de ce volume) 67
9. Ouvrages romains devant une ville assiégée (musée de Saint-Germain) 69
10. Incendie d'une ville assiégée par les Romains (restitution d'après des documents du musée de Saint-Germain) 70
11. Ce dessin a été fait d'après M. Viollet-le-Duc. — L'homme d'armes qui se trouve en haut du rampart ne peut apercevoir le pionnier qui sape le pied de la muraille qu'en se penchant en dehors des créneaux et en se démasquant.
(V. Viollet-le-Duc, essai sur *l'architecture militaire* au moyen âge, p. 55) 97
12. Même source. — La tour à pont mobile, garnie de peaux fraîches, s'avance sur un plancher de madriers au fur et à mesure que les assaillants, protégés par des palissades, comblent le fossé ; il est

mû par des câbles et des poulies. Le pont abattu, les soldats se précipitent sur le chemin de ronde de la courtine.
(V. Viollet-le-Duc, op. cit., p. 56 et p. 99) 98
13. Épisode du siège de Jérusalem, d'après d'anciennes estampes. 99
14. Siège de Béziers. — Aspect de la ville d'après la Topographie de la France (Bibl. Nat.). Engins de guerre, d'après M. Viollet-le-Duc et Napoléon Bonaparte (*Études sur l'artillerie*) 111
15. Machine de jet en exercice, d'après une gravure du quinzième siècle 113
16. Sceau d'Edouard III (Archives nationales, n° 10,022). Grandeur du sceau original : 0m,110. 115
17. Siège de Calais, d'après les chroniques de Froissart et les travaux de MM. Moltzeim et Viollet-le-Duc 117
18. Au quinzième siècle, les places étaient défendues par une ou plusieurs enceintes flanquées de tours. Le haut des murailles était muni de mâchicoulis, et les tours, espacées de 50 à 60 mètres, étaient assez élevées pour dominer les ouvrages des assiégeants.
Notre gravure est faite d'après les *Etudes sur l'artillerie*, de Napoléon Bonaparte. 121
19. Arbalète à tour (musée d'artillerie). 123
20. Canon à boîte (id.) 124
21. Canon d'une seule pièce (id.). 124
22. Les remparts d'Orléans assiégés, d'après une gravure du seizième siècle, signée Perrissin 128
23. Ce dessin a été fait d'après une estampe de la Bibliothèque nationale. — On trouvera à la page 144 une description détaillée de l'étendard pris par Jeanne *Hachette* aux Bourguignons . . . 144
24. Rhodes à vol d'oiseau, d'après le manuscrit de Caoursin (quinzième siècle). 152
25. Siège de Metz, d'après Moltzeim (*Hist. de l'artillerie*) et Jean Burgmair (*Vie de Maximilien*, Vienne, 1775) 159
26, 28, et 29. Le dessin de ces médailles commémoratives a été exécuté d'après des gravures du temps, 162-182-199 162
27. Siège de La Rochelle. — Vue de la digue, d'après Callot . . . 175
30. Cette gravure est destinée à illustrer les quatre vers cités p. 217 et extraits de la *Bénédiction*, par M. François Coppée 215
31. Plan du siège de Sébastopol (réduction du plan donné par M. Rousset dans son atlas de la *Guerre de Crimée*). 233
32. Épisode du siège de Sébastopol. L'attaque du mamelon Vert, d'après le tableau de M. Yvon. 237

TABLE DES MATIÈRES

I.	Le Siège de Troie (1280-1270 ?).	1
II.	Le Siège de Babylone par Kurus (540 av. J.-C.) . . .	15
III.	Le Siège de Sélinonte (410 av. J.-C.).	22
IV.	Le Siège de Véies (405-395 av. J.-C.).	24
V.	Prise de Rome par les Gaulois et Siège du Capitole (390 av. J.-C.).	27
VI.	Le Siège de Tyr par Alexandre (332 av. J.-C.).	32
VII.	Le Siège de Rhodes par Demétrius Poliorcète (305-304 av. J.-C.).	36
VIII.	Les Sièges de la seconde guerre Punique (219-202 av. J.-C.).	39
	Sièges de Sagonte (219), *de Syracuse* (215-212), *de Capoue* (211).	
IX.	Le Siège de Carthage (149-146 av. J.-C.).	49
X.	Le Siège de Numance (133 av. J.-C.).	52
XI.	Conquête de la Gaule par César. — *Sièges d'Avaricum et d'Alésia* (52 av. J.-C.)	55
XII.	Le Siège de Jérusalem par Titus (70).	72
XIII.	Le Siège de Rome par Alaric (410)	76
XIV.	Le Siège de Paris par les Normands (885).	80
XV.	Les Croisades. — *Les Sièges de Nicée* (1097), *d'Antioche* (1097-98), *de Jérusalem* (1099), *de Ptolémais* (1191.).	86
XVI.	Sièges de Béziers (1209) et de Toulouse (1211 et 1219).	108
XVII.	Le Siège de Calais (1346-1347)	115

XVIII. Le Siège de Melun (1420) 122
XIX. Le Siège d'Orléans (1428-1429). 127
XX. Le Siège de Constantinople (1453). 136
XXI. Le Siège de Beauvais (1472). 143
XXII. Le Siège de Grenade (1491) 147
XXIII. Le Siège de Rhodes par Suleïman le Grand (1522). . 151
XXIV. Le Siège de Rome par Charles de Bourbon (1527) . . 155
XXV. Le Siège de Metz par Charles-Quint (1552-1553) . . . 158
XXVI. Les Sièges de Paris par Henri IV (1589 et 1590) 164
XXVII. Le Siège de la Rochelle (1627-1628). 170
XXVIII. Le Siège de Magdebourg par Tilly (1631) 184
XXIX. Le Siège de Lérida par Condé (1647). 186
XXX. Le Siège de Vienne par Kara-Mustapha (1683). 189
XXXI. Le Siège de Mayence (1795). 194
XXXII. Le Siège de Toulon (1793). 198
XXXIII. Le Siège de Saint-Jean-d'Acre (1799). 201
XXXIV. Le Siège de Dantzig (1807). 204
XXXV. Les Sièges de Saragosse (1808 et 1809). 209
XXXVI. Le Siège de Missolonghi (1825-1826) 219
XXXVII. Les Sièges de Constantine (1836 et 1837). 223
XXXVIII. Le Siège de Sébastopol (1854-1855). 229
XXXIX. Le Siège de Strasbourg (1870). 240
XL. Le Siège de Metz (1870). 251
XLII. Le Siège de Paris par les Allemands (1871). 259
APPENDICE 281
NOTIONS DE FORTIFICATION. 286
VOCABULAIRE des principaux termes techniques employés dans l'ouvrage 291
TABLE DES GRAVURES 295
TABLE DES MATIÈRES 297

4003. — IMPRIMERIE A. LAHURE,
rue de Fleurus, 9, à Paris

200,-

BIBLIOTHÈQUE

DES MERVEILLES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. ÉDOUARD CHARTON

LE SEL

3817. — PARIS, IMPRIMERIE A. LAHURE
9, rue de Fleurus, 9

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LE SEL

PAR

EUGÈNE LEFEBVRE

PROFESSEUR DE PHYSIQUE AU LYCÉE DE VERSAILLES

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 49 VIGNETTES DESSINÉES SUR BOIS

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1882

Droits de propriété et de traduction réservés

LE SEL

PREMIÈRE PARTIE

PROPRIÉTÉS ET USAGES DU SEL

CHAPITRE PREMIER

Les propriétés du sel

1° INTRODUCTION

Abondance du sel dans la nature. — Sel marin. — Le sel dans l'air. — Sel gemme. — Origine du mot sel. — Opinions des anciens sur le sel. — Son caractère symbolique. — Le sel de l'esprit. — Vertus médicales du sel, suivant Pline. — Il rend la terre tantôt stérile, tantôt féconde.

Certaines matières minérales sont abondantes sur des points déterminés du globe et manquent complètement ailleurs : d'autres se rencontrent très fréquemment, mais toujours en petites quantités. L'or, par exemple, est de ces dernières : il n'existe peut-être pas de sable qui ne contienne un peu d'or; mais dans les localités les plus favorisées, le métal précieux ne forme jamais de grandes

masses. Le sel, au contraire, est très commun et presque partout très abondant.

L'eau de la mer recouvre les trois quarts de la surface du globe terrestre et forme en certains points une couche de 7 à 8 kilomètres d'épaisseur; elle renferme en dissolution une quantité de sel qui s'élève environ à 3 pour 100 du poids de l'eau. Si l'on songe à l'immensité de la mer, on voit combien est grande la masse de sel qui s'y trouve contenue. Mais, en outre, les eaux appelées douces ne le sont que relativement : dans toutes il y a du sel, en proportion minime, il est vrai, mais en quantité suffisante pour que les chimistes puissent reconnaître sa présence. Chaque mètre cube d'eau de rivière contient en moyenne 10 grammes de sel : les eaux de source en sont souvent beaucoup plus chargées.

Si l'eau qui séjourne ou celle qui coule à la surface de la terre est toujours plus ou moins salée, l'air au milieu duquel nous vivons contient également du sel. Parmi les poussières solides qui flottent dans l'atmosphère, il y a des parcelles de ce minéral.

Nous les respirons sans cesse, de même que nous buvons le sel dissous dans l'eau : aussi n'est-il pas étonnant que notre sang et nos organes renferment du sel et que tous les êtres vivants, animaux et végétaux, en contiennent aussi.

A tous ces états, le sel est plus ou moins caché : il ne se montre pas sous l'aspect de matière solide, pierreuse, que nous lui connaissons ordinairement : il faut des moyens délicats, des réactifs chimiques pour le découvrir ou déceler sa présence. Mais on le trouve à la surface du sol ou dans les entrailles de la terre constituant une roche, une véritable pierre : c'est alors le *sel gemme*. Il n'existe pas partout; mais il est rare qu'un pays ayant une certaine étendue en soit absolument dépourvu. En Afrique, quelques populations vivent privées de sel; mais cela

tient surtout aux difficultés des transports dans ces pays sauvages

L'usage du sel, comme condiment destiné à relever la saveur des aliments, est très ancien; son origine se perd dans la nuit des temps : chez les nations civilisées, le sel est employé, en outre, à la fabrication d'un nombre considérable de produits utiles, le savon, le verre et tant d'autres. Aussi est-ce l'une des richesses minérales les plus importantes, une de celles que les hommes cherchent à se procurer en premier lieu : tantôt ils l'extraient de l'eau de la mer, et recueillent le *sel marin* qu'elle abandonne en s'évaporant au soleil; tantôt ils mettent à profit et exploitent les bancs de sel gemme qu'ils ont pu découvrir. Heureux le pays qui peut ainsi se procurer en abondance le sel aussi nécessaire que le pain à la vie des habitants ! L'industrie du sel donne lieu à un commerce considérable, crée sur les côtes une pépinière de marins et de pêcheurs et fournit enfin la matière première indispensable à une foule de fabrications.

Quelle est l'origine du mot latin *sal*, duquel sont tirés les noms de sel, *salt* en anglais, *salz* en allemand ? Certains auteurs le font venir de *salum*, la mer. Il est plus naturel d'admettre que tous les noms du sel, ainsi que le mot grec ἅλς, dérivent d'un radical commun.

Le sel par son piquant rend agréables les aliments les plus insipides : aussi n'est-il pas de substance qui ait reçu de l'antiquité plus d'éloges, et de plus magnifiques. Suivant Pythagore, il n'est pas de table qui puisse s'en passer. Pline (XXXI, 7) le compare au soleil et dit que ce sont les deux choses les plus précieuses et les plus nécessaires dans la nature. Plutarque l'appelle l'assaisonnement des assaisonnements et le plus agréable de tous.

Il ajoute que le pain est bien meilleur quand il contient du sel, et que le pain et le sel peuvent suffire à la vie. Horace est du même avis. Il parle aussi du soin avec

lequel on conservait chez les Romains la salière de famille (*paternum salinum*).

Aliment précieux, indispensable, le sel a pris un caractère symbolique. Le renverser à table était regardé chez les Romains comme un présage funeste, et la tradition s'en est conservée précieusement jusque dans notre société. En revanche, on plaçait, chez les Grecs comme chez les Romains, le sel devant un étranger à qui on voulait donner une marque d'amitié. Démosthène emploie l'expression, « partager le sel, » comme synonyme de recevoir l'hospitalité. Au moyen âge, le partage du sel est aussi un symbole d'alliance et de fraternité. Aujourd'hui encore, dans quelques contrées de l'Orient, deux hommes qui ont partagé ensemble ou échangé ce présent de la nature, deviennent inviolables l'un pour l'autre. Le pain et le sel offerts sous la tente de l'Arabe assurent l'hospitalité : les Bédouins se mettent réciproquement dans la bouche un morceau de pain saupoudré de sel et contractent ainsi l'*alliance du sel*. Par suite d'une association d'idées analogue, la rétribution accordée pour un service rendu a pris le nom de *salaire*, c'est-à-dire indemnité pour le sel.

Il n'est donc pas étonnant que le sel ait joué dans les cérémonies antiques et dans toutes les religions un rôle auguste. On l'offrait à la divinité dans les sacrifices. Moïse le prescrit dans le Lévitique, parce que le sel est le témoignage de l'alliance que Dieu a faite avec les Israélites, alliance désignée dans les Nombres sous le nom de *pacte éternel du sel*. Les Romains employaient également le sel dans leurs cérémonies religieuses, et, lorsqu'ils offraient des sacrifices, le mêlangeaient à la farine de froment, pour se rendre les dieux favorables.

Homère et Platon ne l'ont-ils pas appelé un corps divin très aimé des dieux.

Les Hébreux avaient reconnu eux-mêmes ou appris des Égyptiens que le sel a la propriété de conserver les corps;

ces derniers l'utilisaient dans la préparation des momies. Cette vertu merveilleuse est devenue certainement la cause d'une foule d'usages, notamment de celui qui consistait à frotter de sel le corps des nouveau-nés : ces frictions avaient pour but de donner plus de fermeté à la peau et plus de vigueur aux organes. Le sel devint donc tout naturellement l'emblème de la fermeté, de l'éternité, de l'immutabilité et enfin de la sagesse. Dans l'Évangile, les apôtres sont appelés le *sel de la terre;* et lorsqu'on baptise les enfants, on leur met sur les lèvres le grain de sel de la sagesse (*sal sapientiæ*).

Employé à assaisonner nos aliments, le sel leur communique une saveur légèrement piquante, tandis que ceux qui n'en ont pas reçu paraissent sans goût : aussi a-t-on donné le nom de sel au piquant et à la sagacité de l'esprit. On dit que dans un discours, dans un écrit, il y a beaucoup de sel, et comme les Athéniens furent les plus spirituels des Grecs, on dit que c'est du *sel attique.* En latin, les mots *sal, sales*, sont employés pour désigner la vivacité et les pointes de l'esprit. Le sel noir (*sal niger*) d'Horace signifie raillerie amère ; un même mot *salsus* veut dire salé et spirituel, tandis qu'un homme dépourvu de sel (*insulsus*) ne peut être qu'un sot; c'est du reste le portrait qu'en fait le poète Catulle.

De tout temps l'homme a cherché des remèdes à ses maux et des secours contre la maladie. Les facultés merveilleuses du sel devaient certainement être mises à contribution par la médecine ancienne : Pline nous a laissé de ses vertus mirifiques un catalogue qui peut servir de modèle pour une étiquette de spécialité pharmaceutique. Si l'on en croit cet auteur, on l'employait tantôt seul, tantôt mêlé au vin, à l'huile, au vinaigre, au miel, à l'origan, à la poix. Mais aussi, il guérit alors la morsure des serpents, les piqûres de guêpes ou de scorpions, aussi bien que la migraine, les ulcères et les verrues. Il est souverain contre les excroissances de chair, contre

les maux d'yeux, de dents, contre les angines et les vers intestinaux; rien ne résiste à son action, ni la goutte, ni les coliques, ni les cors aux pieds, ni les engelures; en l'emploie encore avec le plus grand succès dans la jaunisse, l'hydropisie, la toux, ou bien lorsqu'on a été mordu par un crocodile.

Malheureusement il n'est pas de panacée qui n'ait ses détracteurs, et bien souvent nous trouvons dans les auteurs sacrés ou profanes le sel représenté comme un symbole de malédiction. En punition de sa curiosité, la femme de Loth est changée en statue de sel, et lorsqu'une ville doit être punie d'une manière exemplaire, le vainqueur déclare qu'après l'avoir rasée il sèmera du sel à la place où elle s'élevait, afin que rien n'y puisse pousser : le sel devient un instrument de vengeance après avoir été un instrument de vie. Mais ce qu'il y a de plus extraordinaire, c'est qu'on trouvera facilement chez les mêmes écrivains que le sel entretient la fertilité de la terre et que c'est un précieux engrais.

Nous rencontrons donc fréquemment, lorsqu'il s'agit du sel, les produits de l'imagination côte à côte avec la vérité; de sorte qu'il est souvent difficile de démêler ce qui est réel, ce qui est exagéré et ce qui est faux. Les uns en font un présent divin ou un remède à tous les maux; d'autres y voient un instrument de la vengeance céleste, peut-être ont-ils tous raison, au moins en partie. Pour décider la question, il n'est qu'un moyen, c'est de l'étudier à fond et de voir ce qu'est le sel, quelles sont ses propriétés, comment on se le procure et quel rôle il joue dans la nature.

2° PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SEL.

Le sel est cristallisé. — Sa forme cristalline. — Sa structure intérieure. — Trémies de sel. — Leur formation. — Les cristaux de sel sont anhydres. — Pourquoi ils décrépitent au feu. — Sel cristallisé au-dessous de 0°. — Densité du sel. — Aspects du sel gemme. — Transparence du sel pour la chaleur. — Fusion et vaporisation du sel. — Application de ces propriétés. — Solubilité du sel dans l'eau à diverses températures. — Densité de l'eau salée. — Pèse-sel. — Influence du sel sur la congélation et l'ébullition de l'eau. — Hygrométricité du sel. — Action du sel sur la glace. — Mélanges réfrigérants. — Influence de quelques substances sur la solubilité du sel dans l'eau. — Solubilité dans l'esprit-de-vin. — Flamme de l'alcool salé. — Son analyse au spectroscope. — Lumière jaune produite par cette flamme.

Le sel se reconnaît d'abord à sa saveur agréable et à son aspect particulier. Celui dont on se sert en cuisine ou sur la table est tantôt en grains fins, tantôt en petites masses : on distingue dans le commerce ces deux variétés par les noms de *sel fin* et de *gros sel*. Mais si on les examine avec soin, on reconnaît qu'ils sont tous deux formés de cristaux, c'est-à-dire de fragments solides ayant une forme extérieure parfaitement régulière.

La forme cristalline est toujours la même dans tous les cristaux d'une substance : aussi doit-elle être rangée au nombre de ses caractères distinctifs. Les cristaux de sel sont cubiques : ils ont donc la forme générale d'un cube ou dé à jouer (fig. 1). Il ne faut pas croire cependant que chaque grain de sel ait la régularité du corps auquel nous venons de le comparer : ces cubes peuvent être brisés, accolés ou enchevêtrés les uns dans les autres; mais, dans tous les cas, il est facile de reconnaître que les grains de sel ont toujours trois faces planes et perpendiculaires entre elles, dont l'ensemble forme chaque pointe du cube. On peut admettre que les molécules

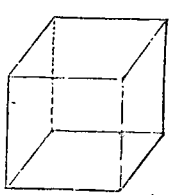


Fig. 1. Cube.

infiniment petites de sel ont elles-mêmes une forme déterminée, peut-être la forme cubique, puisque leur groupement se fait toujours de manière à donner naissance à des agglomérations ou cristaux cubiques.

Cette tendance des molécules d'un cristal à se réunir les unes aux autres toujours de la même façon, se retrouve pour le sel même dans les cristaux d'une certaine grosseur. Ils se groupent et s'unissent de manière à former des espèces de pyramides creuses, dont les faces sont composées de cristaux de sel disposés en escaliers : ces groupements portent dans les laboratoires le nom de *trémies* (fig. 2) ; dans l'industrie le sel qui se présente sous cette forme s'appelle *sel en écailles*. On explique de la façon suivante la formation des trémies à la surface d'une dissolution salée qui, en s'évaporant, abandonne le sel qu'elle contenait. Supposons qu'un petit cristal cubique se soit d'abord formé ; en vertu de sa plus grande densité, il tend à tomber au fond du liquide ; mais l'action capillaire le maintient à la surface (fig. 3). Bientôt il se forme d'autres cristaux dans le voisinage du premier : il est parfaitement démontré, en effet, que la présence d'un cristal quelque petit qu'il soit facilite la cristallisation. De nouveaux cristaux s'accolent au premier suivant ses quatre arêtes horizontales supérieures, et forment au-dessus de ce petit cube un cadre qui descend avec lui dans le liquide (fig. 4). De nouveaux cristaux se groupent autour du premier cadre de manière à en constituer un second (fig. 5) : après le dépôt d'un troisième, l'aspect serait celui de la figure 6 et ainsi de suite. Nous avons supposé qu'il se formait seulement une rangée de petits cristaux cubiques autour des arêtes horizontales du cadre précédemment constitué ; mais il peut aussi bien s'en former deux, trois ou quatre rangées

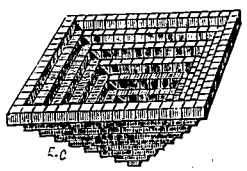


Fig. 2. Trémie du sel.

contenues dans un même plan horizontal. Il suffit pour cela que le groupe cristallin ne s'enfonce pas dans le liquide, immédiatement après la formation d'une première rangée. On conçoit donc que la hauteur des pyramides creuses peut varier beaucoup par rapport à la largeur de leur base, suivant que le liquide est plus ou moins tranquille et que l'action capillaire est plus ou moins forte. Lorsque dans les salines on veut obtenir du sel en écailles, il faut conduire l'évaporation d'une cer-

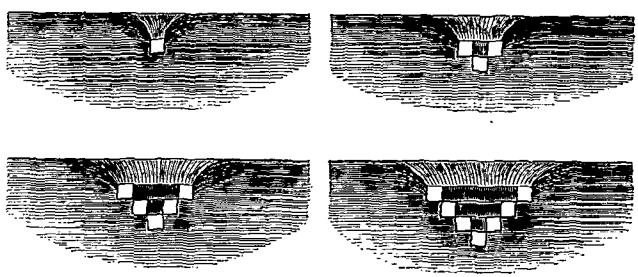


Fig. 3, 4, 5, 6. Formation d'une trémie.

taine façon et employer quelques tours de main bien connus des ouvriers qui dirigent l'opération.

Un grand nombre de substances en cristallisant au milieu de l'eau peuvent se combiner à ce liquide, de sorte que les cristaux formés contiennent une proportion déterminée d'eau : l'alun, les cristaux de soude sont dans ce cas; ces derniers, par exemple, contiennent près des deux tiers de leur poids d'eau (63 %). Il n'en est pas de même du sel; ses cristaux sont *anhydres*, c'est-à-dire qu'ils ne contiennent pas d'eau unie au sel en proportion définie ou, comme l'on dit, *d'eau de cristallisation*. Mais il reste toujours de l'eau interposée entre les lamelles cristallines. Il en résulte un effet curieux quand on chauffe brusquement le sel; l'eau dont nous venons de

parler se réduit subitement en vapeurs sous l'action de la chaleur, fait éclater les cristaux et en projette les fragments de tous côtés avec de petites détonations. On dit que le sel *décrépite*. Il suffit pour le constater de jeter dans le feu une poignée de gros sel; on entend une véritable fusillade accompagnée de projections des parcelles cristallines.

On peut cependant obtenir des cristaux de sel contenant de l'eau de cristallisation. Il faut, pour cela, prendre une dissolution saturée de sel et l'abandonner à elle-même sous l'action d'une température de 15 à 20 degrés au-dessous de 0°. On voit s'y former des plaques cristallisées hexagonales qui ne ressemblent en rien au sel ordinaire. Qu'on les sépare, qu'on les mette égoutter, toujours à la même température, et qu'ensuite on les soumette à l'action de la chaleur, l'eau est chassée, le sel reste. On trouve, en comparant le poids du sel restant avec celui des cristaux primitifs, que ceux-ci contenaient :

Sel	58, 5	62
Eau	36, 0	38
	94, 5	100.

Les chimistes regardent ces cristaux comme formés de 4 atomes d'eau unis à un atome de sel, et les représentent par la formule chimique : NaCl + 4 HO. Ils ne peuvent se conserver à la température ordinaire, et se détruisent même au milieu du liquide dans lequel ils se sont formés : il en résulte de l'eau et une poussière cristalline cubique, formée de sel ordinaire, c'est-à-dire anhydre.

Les cristaux de sel pèsent environ deux fois autant que l'eau à volume égal : Karsten a trouvé pour leur densité le nombre 2,078; Kopp indique 2,15 et Buignet 2,145.

Le sel que nous employons journellement a été extrait, tantôt de l'eau de la mer, tantôt de celle des sources salées, tantôt enfin des bancs de sel naturel; mais dans

tous les cas, il a été l'objet d'une fabrication : on l'a fait cristalliser artificiellement. Celui que l'on trouve dans le sol, le sel gemme, n'a pas des propriétés moins curieuses. Le plus ordinairement il a un aspect fibreux et une couleur grise ou rougeâtre. Dans certains pays, il est translucide et même quelquefois tout à fait transparent : tel est le beau sel de Wieliczka, dont on trouve des échantillons dans tous les cabinets de minéralogie et que les physiciens recherchent particulièrement. Bien qu'il soit en masses énormes, sa structure intérieure est d'une régularité parfaite : quand on le brise à coups de marteau, il se casse dans trois directions perpendiculaires entre elles, de sorte que les morceaux obtenus ont leurs faces parfaitement planes et parallèles à celles d'un cube. C'est ce que les minéralogistes expriment en disant que le sel gemme *se clive*, suivant trois plans rectangulaires.

La lumière traverse aisément un morceau de sel gemme : cependant sa transparence est moindre que celle de l'eau ou d'un beau fragment de cristal ; mais il leur est bien supérieur sous un autre rapport. Les rayons du soleil ne donnent pas seulement de la lumière : cet astre nous envoie aussi de la chaleur. Celle-ci traverse l'air, puisque nous éprouvons une sensation de chaleur dès que la radiation solaire nous arrive à travers l'atmosphère. Le rayonnement calorifique traverse également les vitres de nos appartements et bien d'autres corps : mais aucun ne le laisse passer avec autant de facilité que le sel gemme. Pour constater le fait, on emploie l'appareil représenté dans la figure 7. Les rayons de chaleur partent d'une source quelconque A (lampe, boîte pleine d'eau bouillante, etc.), passent par l'ouverture d'un écran C et viennent tomber sur une pile thermo-électrique E : dès que celle-ci reçoit la chaleur, elle donne naissance à un courant dont on mesure l'intensité au moyen du galvanomètre G. On recommence ensuite l'expérience en pla-

çant sur le trajet des rayons de chaleur une plaque D formée d'une substance quelconque. L'effet produit sur le galvanomètre est moindre en raison de la chaleur que la plaque réfléchit et de celle qu'elle absorbe. La compa-

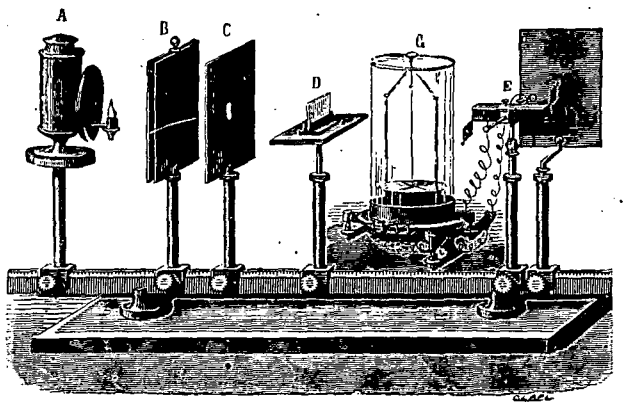


Fig. 7. Transparence du sel pour la chaleur.

raison des deux résultats obtenus permet de déterminer la proportion de chaleur que des plaques de nature différente peuvent laisser passer.

En opérant de cette façon, on a trouvé que le sel gemme laisse toujours passer les 0,92 de la chaleur qu'il reçoit, et qu'en outre la chaleur est transmise avec la même facilité, quelle que soit son origine. Enfin, l'effet produit reste toujours aussi fort, même si l'épaisseur de la plaque de sel devient plus considérable. Il faut donc reconnaître que le sel gemme possède pour la chaleur une transparence complète et qu'il n'absorbe aucune portion de celle qui le traverse. S'il ne transmet que les 92 centièmes et non la totalité de la chaleur incidente, c'est qu'il y a en même temps réflexion : les 8 centièmes qui manquent représentent la quantité de chaleur réflé-

chie par la plaque de sel vers la source de chaleur. On ne connaît pas de verre ou de cristal qui soit aussi transparent pour la lumière que le sel gemme l'est pour la chaleur.

Le sel fabriqué et cristallisé artificiellement se comporte d'une façon toute différente : il ne laisse passer qu'une quantité de chaleur beaucoup moindre, environ les 0,12 de la chaleur incidente.

Chauffé dans un creuset recouvert d'un couvercle, afin d'empêcher la décrépitation, le sel fond à 772°. Refroidi, ou bien coulé sur une plaque, pendant qu'il est fondu, il se solidifie et prend la forme d'une masse cristalline opaque qui ne décrépite plus au feu. A une température notablement supérieure à son point de fusion, le sel se vaporise sensiblement : il suffit d'en jeter un peu dans un foyer pour voir apparaître, au bout de quelque temps, des fumées blanches de sel vaporisé.

Cette propriété a reçu une application assez importante : on l'utilise pour le vernissage des grès. Lorsque la poterie est à une très haute température et que sa cuisson est achevée, on projette dans le four quelques poignées de sel marin humide : l'eau et le sel se vaporisent ; leurs vapeurs, agissant sur le silicate d'alumine de l'argile, donnent de l'acide chlorhydrique et un silicate d'alumine et de soude vitreux, très fusible, qui forme à la surface des pièces une sorte de vernis ou de glaçure légère.

Tout le monde sait que le sel se dissout dans l'eau : cette solubilité présente cependant des circonstances exceptionnelles. En général un corps se dissout en plus grande quantité dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Lorsqu'on veut faire du sirop de sucre, on a soin d'échauffer l'eau ; quand on laisse, au contraire, refroidir un sirop bien épais, préparé à chaud, on voit une grande partie du sucre se déposer en cristaux (sucre candi). La quantité de sucre qui peut rester en dissolution, est

moindre à froid qu'à chaud, et c'est pour cela qu'il cristallise. Rien de semblable ne se produit avec le sel: il ne se dissout guère en plus grande quantité dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Cela se déduit des résultats trouvés par Karsten et consignés dans le tableau suivant : les nombres inscrits dans la colonne *sel* indiquent le poids de matière solide contenue, à chaque température, dans 100 grammes d'eau salée.

SOLUBILITÉ DU SEL DANS L'EAU A DIVERSES TEMPÉRATURES.

TEMPÉRATURES	SEL	TEMPÉRATURES	SEL
— 17,4	26,3	61,4	27,9
— 7,3	26,4	64,9	28,0
— 1,1	26,5	68,3	28,1
+ 4,7	26,6	71,1	28,2
10,1	26,7	75,1	28,3
15,3	26,8	78,4	28,4
20,3	26,9	81,7	28,5
25,0	27,0	84,9	28,6
29,6	27,1	88,0	28,7
34,0	27,2	91.0	28,8
38,3	27,3	93,9	28,9
42,4	27,4	96,7	29,0
46,4	27,5	99.5	29,1
50,3	27,6	102,3	29,2
54,1	27,7	105,1	29,3
57,8	27,8	107,9	29,4

On peut donc dire que la solubilité du sel reste à peu près la même à toute température : 100 grammes d'eau dissolvent de 35 à 40 grammes de sel quand la température varie de 0° à 100°. Aussi le sel ne cristallise-t-il pas lorsqu'on laisse refroidir une dissolution saturée à chaud : il faut absolument évaporer la dissolution et en chasser l'eau par l'action de la chaleur, s'il l'on veut obtenir le sel qui s'y trouvait dissous.

L'eau salée possède une densité plus grande que l'eau pure et qui va en croissant à mesure que la quantité de sel dissous augmente. Pour s'en convaincre, il suffit de mettre un œuf dans un vase contenant de l'eau très salée (fig. 8), il flotte à la surface du liquide; il tombe au contraire au fond lorsqu'on le place dans l'eau pure. Si on verse, dans un troisième vase, l'eau pure à la sur-

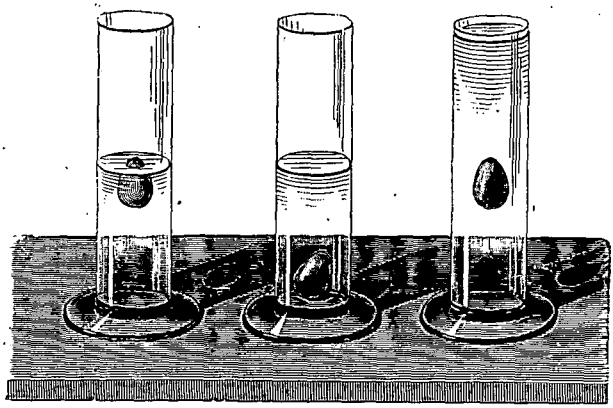


Fig. 8. Densités comparées de l'eau douce et de l'eau salée.

face de l'eau salée, il se fait un mélange des deux liquides dans les parties qui sont en contact : l'œuf mis dans ce liquide descend dans l'eau pure, et s'arrête dans un liquide salé dont la densité est égale à la sienne.°

La densité de l'eau salée contenant une même proportion de sel varie d'ailleurs avec la température. Le tableau suivant donne les densités à 4° et à 18°,75 (15° Réaumur) de dissolutions salées dans lesquelles la proportion de sel varie de 1 pour 100. La première colonne *Sel* donne la quantité de sel contenue dans 100 parties de la dissolution.

DENSITÉ DE L'EAU SALÉE

SEL	DENSITÉS		SEL	DENSITÉS	
	à 4°	à 18°,75		à 4°	à 18°,75
0	1,0000		14	1,1070	1,1032
1	1,0076	1,0071	15	1,1148	1,1109
2	1,0151	1,0145	16	1,1227	1,1187
3	1,0227	1,0215	17	1,1306	1,1265
4	1,0303	1,0287	18	1,1385	1,1344
5	1,0379	1,0359	19	1,1465	1,1424
6	1,0455	1,0432	20	1,1545	1,1504
7	1,0531	1,0506	21	1,1626	1,1584
8	1,0607	1,0580	22	1,1707	1,1666
9	1,0683	1,0654	23	1,1789	1,1748
10	1,0760	1,0729	24	1,1872	1,1830
11	1,0837	1,0804	25	1,1955	1,1913
12	1,0914	1,0879	26	1,2038	1,1997
13	1,0992	1,0956			

On peut donc juger de la quantité de sel renfermée dans une dissolution par la densité de celle-ci. Mais la détermination d'une densité est une opération toujours assez délicate, aussi l'a-t-on remplacée par une observation très simple, fondée sur l'emploi d'un instrument nommé *pèse-sel* (fig. 9).

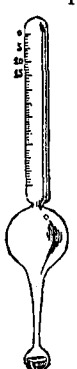


Fig. 9. Aréomètre ou pèse-sel.

Le pèse-sel ou aréomètre de Baumé se compose d'un flotteur ordinairement en verre, lesté à sa partie inférieure et surmonté d'une tige sur laquelle on met une graduation. L'instrument doit être lesté de façon à flotter dans l'eau et à s'enfoncer alors jusqu'à la partie supérieure de la tige : on a marqué en ce point un trait auquel correspond le 0 de la graduation. Si l'on plonge l'appareil dans l'eau salée, il y flottera également, mais en s'enfonçant d'autant moins

que l'eau est plus dense ou plus chargée de sel. On peut donc juger du degré de concentration de l'eau salée par la longueur de la tige qui émerge pendant la flottaison. Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus, on détermine sur l'instrument un second point de repère : pour cela, on fait une dissolution de 15 parties de sel dans 85 parties d'eau (densité 1,1148), on y plonge l'aréomètre et on marque 15 au point d'affleurement. L'intervalle 0 — 15 est ensuite partagé en 15 longueurs égales et l'on prolonge les divisions au-dessous du trait 15. On dit qu'une dissolution salée marque 22 degrés Baumé quand le pèse-sel y flotte en s'enfonçant jusqu'à la division 22. Connaissant le degré aréométrique, on peut connaître la densité du liquide et par conséquent la quantité de sel qu'il contient. Le tableau suivant montre que la proportion centésimale de sel est à peu près égale au degré de l'aréomètre :

TABLE POUR L'ARÉOMÈTRE DE BAUMÉ.

DEGRÉ du pèse-sel	DENSITÉ à 15° cent.	SEL pour 100	DEGRÉ du pèse-sel	DENSITÉ à 15° cent.	SEL pour 100
1	1,007	1	14	1,108	14
2	1,014	2	15	1,116	15
3	1,022	3	16	1,125	16
4	1,029	4	17	1,134	18
5	1,036	5	18	1,143	19
6	1,044	6	19	1,152	20
7	1,052	7	20	1,161	21
8	1,060	8	21	1,171	22
9	1,067	9	22	1,180	24
10	1,075	10	23	1,190	25
11	1,083	11	24	1,199	26
12	1,091	12	25	1,209	27
13	1,100	13			

La présence du sel en dissolution dans l'eau élève le point d'ébullition du liquide et abaisse au contraire la

température à laquelle il commence à se congeler. Une dissolution saturée de sel bout à 109°,4 et contient alors de 29,4 à 29,5 parties de sel pour 100 parties de dissolution. On utilise quelquefois cette propriété pour obtenir des bains-marie dont la température est supérieure à 100° : ainsi, lors de la préparation de certaines conserves alimentaires, on met les boîtes qui les contiennent dans un bain d'eau salée bouillante. Si, au contraire, on expose au froid l'eau plus ou moins chargée de sel, le point de congélation du liquide s'abaisse. La glace qui se forme alors contient toujours du sel, mais en quantité proportionnellement beaucoup plus faible que la saumure qui reste liquide. On peut de cette façon enrichir des solutions salées, en enlevant la majeure partie de l'eau sous forme de glace. Ce procédé est usité dans le nord de la Russie pour l'extraction du sel contenu dans l'eau de mer.

Le tableau qui suit donne les points d'ébullition et de congélation de quelques dissolutions contenant plus ou moins de sel. Il a été dressé par Karsten :

POINTS D'ÉBULLITION OU DE CONGÉLATION DE L'EAU SALÉE

SEL dans 100 p. de dissolution	POINT de congélation	POINT d'ébullition	SEL dans 100 p. de dissolution	POINT de congélation	POINT d'ébullition
0	0°	+ 100°			
1	— 0 ,76	+ 100 ,21	16	— 11°,69	+ 104°,14
2	— 1 ,52	+ 100 ,42	17	— 12 ,39	+ 104 ,46
3	— 2 ,28	+ 100 ,64	18	— 13 ,07	+ 104 ,79
4	— 3 ,05	+ 100 ,87	19	— 13 ,76	+ 105 ,12
5	— 3 ,78	+ 101 ,10	20	— 14 ,44	+ 105 ,46
6	— 4 ,52	+ 101 ,34	21	— 15 ,11	+ 105 ,81
7	— 5 ,26	+ 101 ,59	22	— 15 ,78	+ 106 ,16
8	— 5 ,99	+ 101 ,85	23	— 16 ,45	+ 106 ,52
9	— 6 ,72	+ 102 ,11	24	— 17 ,11	+ 106 ,89
10	— 7 ,44	+ 102 ,38	25	— 17 ,77	+ 107 ,27
11	— 8 ,16	+ 102 ,66	26	— 18 ,42	+ 107 ,65
12	— 8 ,88	+ 102 ,94	27		+ 108 ,04
13	— 9 ,59	+ 103 ,23	28		+ 108 ,43
14	— 10 ,29	+ 103 ,53	29		+ 108 ,83
15	— 10 ,99	+ 103 ,83	29,4		+ 109 ,04

Le sel possède pour l'eau une certaine affinité : il se conserve, en effet, à l'air par un temps sec ; mais s'il fait humide, les cristaux de sel se mouillent et commencent à entrer en déliquescence. Cet effet est beaucoup plus prononcé avec le sel gris de cuisine : celui-ci contient toujours un peu de chlorure de magnésium dont la déliquescence est plus grande que celle du chlorure de sodium pur. Aussi les ménagères ont soin de conserver la boîte au gros sel dans un endroit chaud et à l'abri de l'humidité : cet appareil leur sert en outre de baromètre ; quand le sel se mouille, elles y voient un pronostic pour la pluie.

Mis en présence de la glace, le sel en détermine la fusion. Que l'on saupoudre de gros sel un morceau de glace bien transparente, chaque grain creuse un petit

trou dans la glace qu'il fait fondre, et se dissout dans l'eau ainsi produite. Ce procédé est employé dans certains pays pour faire disparaître rapidement la neige qui tombe dans les rues : on l'a essayé en France, à Paris notamment. Il faut évidemment employer à cet usage du sel impropre à la consommation et par suite exempt de l'impôt, afin que le prix de revient de la matière soit aussi faible que possible. L'emploi du sel dans ces conditions a cependant un inconvénient : la neige et le sel mélangés forment tout d'abord une bouillie liquide dont la température est d'environ 20 *degrés au-dessous de* 0 : aussi est-il fort désagréable d'y marcher.

L'abaissement considérable de température qui se produit alors s'explique aisément. La glace pour se fondre exige de la chaleur : abandonnée à elle-même dans une chambre chaude, elle fond peu à peu en empruntant à l'air la chaleur nécessaire à sa fusion : la met-on dans l'eau tiède, elle fond en prenant la chaleur de l'eau qui se refroidit. On démontre en physique que pour fondre un kilogramme de glace, il faut autant de chaleur que pour échauffer le même poids d'eau liquide depuis 0° jusqu'à 79°. Or, quand on met le sel sur la glace, celle-ci fond aussitôt, sans avoir le temps de prendre de la chaleur aux corps voisins : comme, d'un autre côté, la fusion ne peut s'opérer sans chaleur, la glace en emprunte à elle-même et au sel qui la recouvre : leur température s'abaisse puisqu'ils perdent de la chaleur ; il en résulte un *mélange réfrigérant.*

Le mélange du sel avec la glace pilée ou la neige est très souvent employé comme moyen de produire du froid ; les proportions les plus convenables sont : un quart de sel et trois quarts de neige ; dans ces conditions, on obtient un froid de 21° au-dessous de 0°. Les physiciens et les chimiste ne sont pas seuls à se servir de ce mélange : les glaciers provoquent la congélation des sirops et des crèmes en plongeant les vases ou *sorbétières*

qui les contiennent, dans un seau plein de glace pilée et mélangée de sel.

La solubilité du sel dans l'eau est modifiée et diminuée en général par la présence d'autres substances. Une dissolution saturée de sel, dans laquelle on verse de l'acide chlorhydrique, laisse déposer immédiatement une grande partie du sel qui y était contenu. Il en serait de même, si l'on ajoutait du chlorure de magnésium au liquide salé : cette propriété est appliquée dans l'extraction du sel marin; son emploi constitue la *méthode des coupages*. (Voir chap. IV, 3°.)

Un fait analogue se produit avec l'alcool. Lorsque celui-ci est pur et complètement exempt d'eau (alcool absolu), il ne dissout pas le sel; tandis qu'il y a dissolution d'une quantité plus ou moins grande de sel, quand l'alcool est mélangé d'eau.

La flamme de l'alcool dans lequel on a fait dissoudre du sel présente une teinte jaune particulière. Si l'on s'en sert la nuit pour éclairer l'intérieur d'une chambre, les objets perdent leur couleur propre et paraissent tous posséder la teinte jaune de la flamme. La figure des personnes ainsi éclairées n'a plus son aspect rosé et prend une apparence cadavérique particulièrement désagréable. Le changement de couleur est surtout remarquable pour certaines substances très richement colorées : le bichromate de potasse est ordinairement d'un rouge brun très foncé; il paraît alors presque blanc : le biiodure de mercure, dont la teinte rouge est plus vive peut-être que celle du beau vermillon, devient blanc avec une pointe de jaune pâle. Vue à travers une plaque de verre de couleur verte, la flamme de l'alcool salé est jaune orangé. Ces phénomènes sont faciles à observer, et tout le monde peut répéter l'expérience.

Elle réussit également, si l'on introduit un fil de platine imprégné d'eau salée dans la flamme d'une lampe à esprit-de-vin ou d'un bec alimenté par un mélange de

gaz d'éclairage et d'air (bec Bunsen) : ces flammes, dont la teinte ordinaire est d'un bleu pâle, deviennent aussitôt d'un jaune éclatant, tout à fait semblable à celui que produit l'alcool salé. L'effet obtenu tient donc à la présence du sel dans la flamme et non pas à la nature de celle-ci.

Étudions cette flamme de plus près et analysons-la au

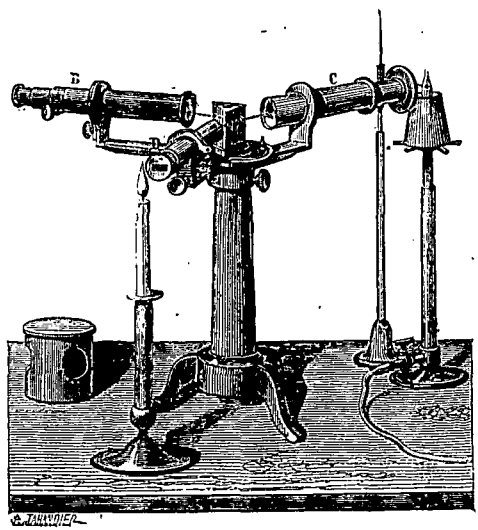


Fig. 10. Spectroscope.

moyen du spectroscope (fig. 10). Le tube C reçoit, à travers une fente étroite, les rayons partis de la flamme du bec Bunsen dans laquelle un support muni d'un fil de platine maintient un peu de sel : ces rayons traversent le prisme placé au centre de l'appareil, se séparent s'ils ont des réfrangibilités différentes, et viennent alors donner dans la lunette B un image colorée et étalée de la fente par laquelle ils sont entrés. Si la lumière émise

est homogène, c'est-à-dire si les rayons sont tous de même nature, ils se dévient également dans leur passage à travers le prisme, mais ne fournissent alors qu'une simple ligne lumineuse, dont la position et la coloration changent en même temps.

L'expérience ainsi faite montre que la lumière émise par une flamme, où se trouvent des vapeurs de sel commun, est très sensiblement homogène. L'image de la fente du spectroscope apparaît comme une simple raie lumineuse d'un beau jaune et qui correspond à la raie noire D du spectre solaire (fig. 11). Si l'on emploie un instrument ayant un fort pouvoir dispersif, la raie jaune se dédouble en deux lignes séparées l'une de l'autre, mais très rapprochées. Cette réaction est si extraordinairement sensible, que le sel marin renfermé dans les poussières atmosphériques suffit pour produire le phénomène. En regardant à travers le spectroscope la flamme obscure du bec Bunsen, dans laquelle on n'a pas mis le fil de platine, on voit apparaître la raie jaune, par intervalles. Ces éclats intermittents correspondent au passage des parcelles salées contenues dans l'atmosphère et que le courant d'air amène dans la flamme.

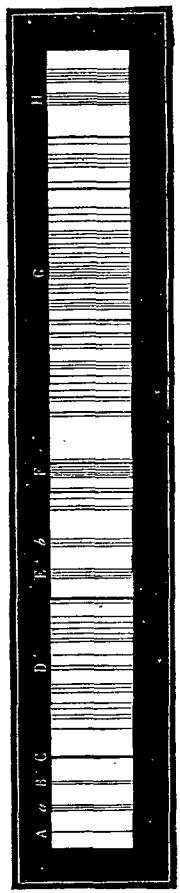


Fig. 11. Les raies noires du spectre solaire

3° LE SEL AU POINT DE VUE CHIMIQUE

Analyse du sel par la pile. — Il est composé de chlore et de sodium. — Propriétés du chlore. — Propriétés du sodium. — Flamme du sodium. — Son action sur l'eau. — Synthèse du sel. — Sa composition exacte.

Qu'est-ce que le sel? Est-ce un corps simple, ou bien est-il possible d'en séparer des matières diverses? Faisons fondre du sel dans un creuset sous l'action de la chaleur, et plongeons dans la masse deux baguettes de charbon communiquant avec les pôles d'une forte pile; une décomposition s'opérera par le passage du courant. A l'électrode positive, se dégage un gaz d'une odeur très forte, d'une couleur verdâtre et qui a reçu pour cette raison le nom de *chlore*. En même temps, se réunissent sur l'électrode négative des globules fondus, volatils même à cette température et pouvant brûler au contact de l'air avec une flamme jaune: si on les recueille, après leur solidification, on verra qu'ils sont légers, mous, faciles à couper au couteau : ils présentent alors une section brillante comme celle de l'argent et d'un éclat métallique très prononcé; mais ils se ternissent rapidement à l'air. Le corps auquel nous avons affaire est un métal; mais c'est un métal qui se rouille ou s'oxyde à l'air avec la plus grande facilité : aussi n'y conserve-t-il pas son brillant métallique. On a donné à ce métal le nom de *sodium*. Comme le chlore et le sodium n'ont pu jusqu'ici être décomposés par aucun moyen, on les regarde comme des éléments ou corps simples, et l'on dit que le sel commun est un composé de chlore et de sodium : c'est du *chlorure de sodium*.

Indiquons, en quelques mots, les propriétés les plus importantes du chlore et du sodium.

Le chlore est gazeux, d'un jaune verdâtre, plus lourd que l'air : 1 litre de chlore pèse environ 3 grammes, tandis que 1 litre d'air ne pèse que 1 gramme 3 déci-

grammes. Un froid de 40 degrés au-dessous de 0°, ou bien une pression de 4 atmosphères à la température de 15° suffit pour transformer le gaz chlore en un liquide jaune.

Si l'on verse de l'eau dans un flacon de chlore et qu'on agite, le gaz se dissout et donne une dissolution jaune pâle, employée dans les laboratoires et dans l'industrie sous le nom d'*eau de chlore*.

Même en petite quantité et mélangé à beaucoup d'air, le chlore produit, quand on en respire, une vive oppression et détermine une toux violente. Si l'on continue, il peut survenir des crachements de sang : aussi ne faut-il le manier qu'avec certaines précautions.

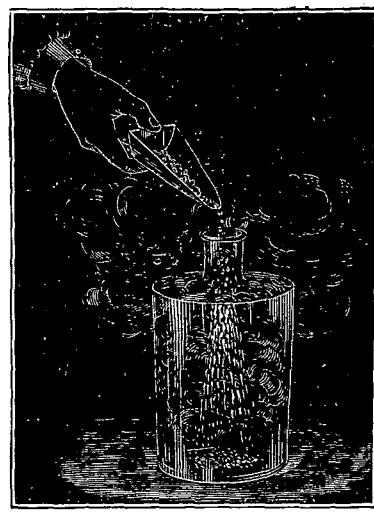


Fig. 12. Combustion de l'antimoine dans le chlore.

Le chlore est un des agents chimiques les plus énergiques. Le phosphore, l'arsenic, l'antimoine qu'on y introduit (fig. 12) s'enflamment en s'unissant à lui. Tous les métaux, même ceux qui sont le moins altérables, l'or et le platine, se combinent au chlore dès qu'on les met au contact de ce gaz.

L'hydrogène mélangé au chlore se combine peu à peu avec lui : cette combinaison est subite et accompagnée d'une violente explosion, lorsqu'on fait tomber la lumière solaire sur le mélange, ou qu'on en approche une allumette enflammée. Il se forme dans ces circonstances

un composé de chlore et d'hydrogène, l'*acide chlorhydrique*.

L'autre élément du sel est le sodium. Ce métal, d'un blanc d'argent, a des propriétés assez différentes de celles que nous sommes habitués à trouver dans les métaux usuels : il est très léger et pèse moins que l'eau à volume égal; sa densité n'est, en effet, que les 0,97 de celle de ce liquide. Le sodium fond vers 95°,5, température inférieure à celle de l'eau bouillante : le liquide ainsi obtenu bout à la température rouge.

Le sodium est très altérable à l'air; aussi doit-on le conserver au milieu d'un liquide non oxygéné, tel que l'huile de naphte ou de pétrole. Chauffé au contact de l'air et à une température notablement supérieure à son point de fusion, il finit par s'enflammer : il brûle alors avec une flamme jaune, qui présente tous les caractères indiqués (page 21) pour la flamme de l'alcool salé. C'est donc à la présence du sodium, qu'est due cette lumière caractérisée par la double raie jaune de la figure 11. Un composé quelconque du sodium donne le même aspect à la flamme du bec Bunsen.

Le sodium est peu altérable dans l'oxygène ou dans l'air sec, à la température ordinaire : cependant on reconnaît que le métal fraîchement coupé est très brillant, et qu'il se ternit rapidement : cet effet est dû surtout à l'humidité et à l'acide carbonique contenus dans l'air. Le sodium décompose, en effet, l'eau pour s'emparer de son oxygène et donne alors de l'oxyde de sodium ou *soude*. L'expérience se fait en projetant un fragment de sodium à la surface de l'eau contenue dans un vase : le métal, plus léger que l'eau, reste à la surface du liquide : mais la chaleur dégagée par sa combinaison avec l'oxygène de l'eau détermine sa fusion, de sorte qu'il prend la forme d'un globule fondu. Celui-ci court rapidement à la surface de l'eau, soulevé et poussé par l'hydrogène qui se dégage tout autour de lui.

On peut rendre manifeste le dégagement d'hydrogène, en approchant du globule métallique une allumette enflammée : l'hydrogène s'allume et brûle avec une flamme colorée en jaune par un peu de vapeur de sodium. Quant à la soude, on constate sa présence dans l'eau où elle s'est dissoute. Le liquide peut, en effet, ramener vivement au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide : si on y trempe le doigt, la dissolution de soude produit l'effet d'un liquide savonneux, parce qu'elle attaque la peau en formant un savon avec la matière grasse qui entre dans sa composition.

Au lieu d'exposer le sodium à l'action de l'eau ou à celle de l'air, plaçons un morceau de ce métal dans une petite capsule attachée à un fil de fer, et introduisons le tout dans un flacon plein de chlore (fig. 13) : le sodium s'allume, brûle en répandant une épaisse fumée et, quand le métal est brûlé, la couleur jaune du chlore a disparu ; il ne reste dans le flacon qu'une poussière blanche : c'est du sel. Nous pouvons donc faire du sel avec le chlore et le sodium : seulement il faut une proportion exactement déterminée de chacun de ces corps : 23 de sodium pour 35,5 de chlore. Après avoir analysé le sel, nous venons de le reconstituer avec ses éléments et d'en faire la synthèse ; nous trouvons ainsi qu'il est formé de

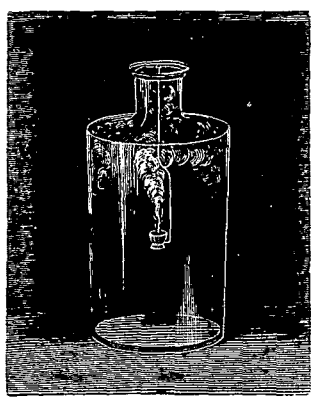


Fig. 13. Combustion du sodium dans le chlore.

Chlore	35,5	60,7
Sodium.	23	39,3
	58,5	100,0.

N'est-il pas curieux de voir un métal semblable à l'argent et un gaz vert donner par leur union une poudre solide blanche : celle-ci possède une saveur agréable; elle est tout à fait inoffensive, tandis que le chlore est suffocant, même à dose très faible et que le sodium brûle au contact de l'eau en donnant de la pierre à cautère. C'est en effet le propre des composés chimiques de posséder des propriétés et des caractères essentiellement différents de ceux de leurs composants.

CHAPITRE II

Les usages du sel

1° EMPLOI DU SEL DANS L'ALIMENTATION

e sel est un aliment nécessaire. — Il existe dans les liquides de l'organisme. — Le sel favorise les combustions organiques. — Il maintient l'albumine à l'état de dissolution. — Il facilite la digestion. — Rôle du sel dans les phénomènes d'absorption. — Expériences d'endosmose. — Le sang est salé et alcalin. — Quantité de sel contenu dans le sang. — De la quantité de sel nécessaire dans l'alimentation. — Travaux de Milne Edwards sur ce sujet. — Conclusions. — Observations faites en Angleterre. — Influence de l'impôt sur la consommation du sel.

Le sel joue un rôle des plus importants chez l'être vivant : il entre dans la composition du sang de tous les animaux et de l'homme en particulier. Aussi est-ce le plus employé de tous les condiments; on pourrait même dire que c'est un aliment nécessaire. La presque totalité des hommes en font usage : si quelques peuplades paraissent s'en passer, il ne faut pas oublier que le sel est fort répandu et que les aliments ordinaires en contiennent toujours naturellement. On raconte que des seigneurs russes, voulant réaliser des économies, privèrent un jour de sel leurs paysans : ces malheureux devinrent gravement malades, hydropiques ; au bout de peu de temps leur santé était si délabrée qu'il fallut leur fournir de nouveau cet aliment. Un physiologiste a voulu vérifier le fait sur lui-même : il se soumit à une alimentation absolument exempte de sel et put constater, qu'à partir de la fin du troisième jour, des désordres graves se produisirent chez lui.

Pendant le siège de Metz, en 1870, la privation la plus

sensible fut le manque de sel : tous les aliments, viandes, pain, légumes, paraissaient sans saveur, faute de ce condiment auquel nous sommes habitués.

Tous les liquides, tous les tissus de l'économie ,excepté l'émail dentaire, contiennent du sel marin : mais, en outre, on trouve dans les liquides organiques, ici de la soude, là de l'acide chlorhydrique libre ou combiné à différentes bases. Il n'est pas douteux que le sel leur en fournit les matériaux : la soude du chlorure de sodium est nécessaire à la composition du sang, de la salive, de l'urine, et de la bile qui lui doit son alcalinité ; l'acide chlorhydrique communique au suc gastrique d'importantes propriétés.

Quel est le rôle du sel dans les phénomènes de nutrition? Comme il est assez complexe, nous indiquerons successivement les points principaux. L'usage du sel amène une augmentation dans les combustions : chez l'homme soumis à un régime fortement salé, la proportion d'urée s'accroît d'une façon très notable et la température moyenne s'élève sensiblement. Cet accroissement dans la combustion organique est lié à l'augmentation du nombre des globules du sang : une personne prit chaque jour pendant deux mois 10 grammes de sel de plus qu'à l'ordinaire; les globules augmentèrent dans la proportion de 26 à 29; en même temps, l'eau et l'albumine diminuèrent sensiblement. Cet accroissement du nombre des globules rouges n'est pas dû à une action génératrice des globules, comme l'est celle du fer : il provient de l'action conservatrice exercée par le chlorure de sodium sur les éléments globulaires, sur les *hématies*. Place-t-on, sous le microscope, du sang additionné de sel marin, on voit les globules se détruire moins vite que dans l'eau pure. On comprend dès lors pourquoi le sel développe l'énergie des fonctions vitales.

On admet de plus aujourd'hui qu'une partie de l'albumine du sérum sanguin existe dans le sang à l'état de

combinaison avec la soude, et même avec le chlorure de sodium. Cette union maintient l'albumine à l'état de dissolution et l'empêche de passer à travers les membranes des organes sécréteurs en général et du rein en particulier. Que la proportion de soude diminue dans le sang, ainsi que cela se produit à la suite d'une alimentation dépourvue de sel, l'élimination de l'albumine apparaît bientôt. La privation de sel amène l'albuminurie et le dépérissement qui l'accompagne.

Projeté sur la peau dénudée, le sel produit un picotement vif et pénible, un afflux du sang et un écoulement de sérosité : sur la peau saine, le contact prolongé du sel amène à la longue une certaine irritation. Il n'est donc pas étonnant qu'il excite la muqueuse de la bouche, augmente la sécrétion de la salive et celle du suc gastrique : aussi provoque-t-il l'appétit. Mais il n'agit pas seulement sur la quantité de suc gastrique produit; il en modifie la composition et le rend plus fortement acide, ainsi que cela a été reconnu expérimentalement. Les matières alimentaires animales, certaines substances minérales, comme le phosphate de chaux, se dissolvent mieux; la digestion est, en un mot, plus complète. Un repas non assaisonné de sel pèse sur l'estomac : les aliments ingérés se ramollissent lentement et incomplètement : les matières nutritives versées dans l'appareil circulatoire deviennent moins abondantes.

Pris en quantité plus considérable, le sel provoque la soif avec sensation de sécheresse à la gorge et de chaleur générale. On est donc amené à boire davantage, ce qui produit l'augmentation de plusieurs sécrétions, et en particulier de celle du lait. Aussi recommande-t-on ordinairement aux nourrices d'user abondamment du sel. L'augmentation du lait est incontestable dans ces conditions; mais elle doit porter particulièrement sur la quantité d'eau : il y a donc probablement accroissement de la quantité aux dépens de la qualité.

Le sel, en résumé, produit une excitation générale des fonctions digestives et par suite de la vitalité : mais il agit encore puissamment, suivant Liebig, sur l'absorption des matières alimentaires. Adaptons à un vase *v* (fig. 14) un bouchon muni d'un tube *n*, fermons l'orifice inférieur avec un morceau de vessie *ab* ramollie dans l'eau, mettons de l'eau dans le vase et plongeons-le dans un verre contenant aussi de l'eau, de manière que les deux niveaux se trouvent dans le même plan : on ne remarque même après plusieurs jours aucun changement dans la hauteur relative des deux liquides. Mettons alors un peu de sel dans l'eau du vase *v*; en quelques instants, le niveau du liquide y montera au-dessus du niveau extérieur. Si, au contraire, on avait mis le sel dans l'eau du verre, il y aurait eu sortie du liquide du vase *v*. La même expérience peut être répétée en remplaçant l'eau salée par du sang de bœuf défibriné : il y a passage de l'eau vers le sang, à travers la vessie.

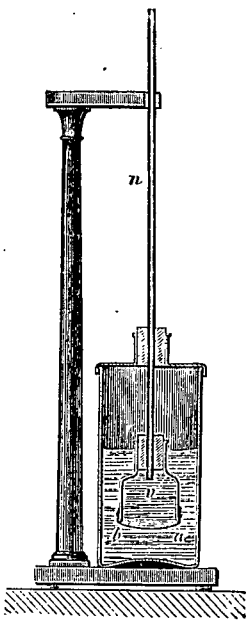


Fig. 14. Endosmose.

La faculté que possède la membrane de faire passer l'eau vers le côté où se trouve le sel, dépend d'un excès de celui-ci : lorsque les liquides sont également salés, il ne se produit plus de passage ; il se fait, au contraire, d'autant plus vite que la différence entre la proportion de sel des deux liquides est plus grande. Si l'on ajoute à la dissolution de sel une matière alcaline, un phosphate ou

un carbonate alcalin, la faculté d'absorption est aussitôt augmentée : si le liquide extérieur est légèrement acide et que l'eau salée contenue dans le tube soit alcaline, l'écoulement se fait très vite du liquide acide vers le liquide alcalin.

Ces expériences donnent une idée de l'absorption dans l'économie animale et du rôle que le sel y joue. L'organisme réunit toutes les conditions pour que les vaisseaux remplis de sang deviennent une parfaite pompe aspirante, fonctionnant sans robinet, ni soupape; car la dissolution des aliments effectuée dans l'estomac est acide, tandis que le sang est à la fois salé et alcalin. Si l'on avale de l'eau pure, elle pénètre immédiatement dans le sang et se trouve bientôt éliminée par l'urine : mais si l'on prenait de l'eau fortement salée, plus chargée que le sang, il se ferait le contraire d'une absorption; il y aurait purgation.

Nous voyons par là combien est important le rôle du sel : il est contenu dans le sang, non seulement à l'état de chlorure de sodium, mais aussi transformé sous forme de matière alcaline ; il fournit au sang de la soude, tandis que l'acide chlorhydrique passe dans le liquide digestif auquel il communique l'acidité. La proportion de sel dans le sang doit donc atteindre un certain chiffre pour que les phénomènes de la vie s'effectuent d'une façon normale : aussi le sang est-il le plus salé de tous les liquides animaux. Tandis que les matières minérales renfermées dans la salive, le suc gastrique, contiennent seulement 10 à 12 centièmes de sel, ce principe constitue 50 à 60 pour 100 des cendres du sang. Si l'on rapporte le poids du sel, non pas à la quantité des matières minérales, mais au poids total du sang, on trouve que le liquide nourricier renferme 4 grammes ou 4 grammes et demi de sel par kilogramme de sang

Le chlorure de sodium pénètre dans l'organisme par

les aliments et par les boissons : la quantité qui est absorbée chaque jour par le tube digestif varie beaucoup avec les personnes et avec le genre de nourriture. Cependant la proportion normale que nous venons d'indiquer pour le sel contenu dans le sang reste très sensiblement constante. On doit en conclure qu'il s'élimine rapidement, dès qu'il est employé en quantité supérieure à la dose nécessaire. La sécrétion urinaire est la voie ordinaire de l'élimination des matières minérales : aussi la proportion de sel contenu dans l'urine est-elle en rapport direct avec la nourriture de l'individu et avec la quantité de sel absorbée. Le sel dans l'organisme se comporte comme l'eau : il ne se fixe pas et se trouve dans un état d'échange continuel; celui qui entre en fait sortir une quantité équivalente. Quelle est donc la dose journalière indispensable? Ici les évaluations sont très diverses : Barral estime qu'elle varie entre 6 et 12 grammes pour un adulte, 3 et 5 grammes pour un enfant. Avec le genre d'alimentation des Français, la majeure partie est prise dans les potages : les autres aliments, le pain, la viande, les légumes, en contiennent aussi cependant : car tous les aliments, même ceux dans lesquels on met du sucre, doivent le plus souvent renfermer un peu de sel.

Milne Edwards, dans un travail fort important sur la consommation du sel, est arrivé à des conclusions remarquables et auxquelles l'esprit éminemment scientifique de leur auteur donne une grande valeur. On prétend souvent que la dose de la consommation normale de sel ne peut être obtenue en France, parce que l'existence d'un impôt élève le prix de cette marchandise, et fait faire des économies dans son emploi : aussi Milne Edwards a-t-il étudié comparativement la consommation en Angleterre, où l'impôt du sel est aboli depuis 1825.

Les observations de Milne Edwards, confirmées par celles d'autres savants, ont montré que l'on peut ad-

mettre pour la consommation annuelle de chaque individu à Paris, les nombres suivants :

Kilog.	Gramm.	
6	500	pour un homme adulte,
4	500	— une femme,
2	500	— les enfants et jeunes gens des deux sexes.

Si l'on admet, ce qui est conforme aux résultats des recensements, que la population est également partagée entre ces trois catégories, la moyenne générale pour la population entière sera de 4 kilogrammes 500 grammes par tête.

Passons aux observations faites en Angleterre. Pendant les 25 premières années du siècle, la taxe du sel a été considérable, et a varié de 50 à 75 centimes environ le kilogramme : la consommation était alors sensiblement ce que nous l'avons trouvée pour la France, 4 kil. 500 par personne. Depuis la suppression de l'impôt, le prix du sel est descendu extrêmement bas; la consommation, s'élevant à 5 kilogrammes 800 grammes, a augmenté *d'un tiers* à peu près. Cet accroissement ne tient pas à une augmentation réelle de consommation, mais à un gaspillage naturel d'une denrée de peu de valeur : on l'emploie, dans les cuisines, pour écurer les ustensiles de cuivre ou pour aviver le feu de braise dont on se sert pour faire griller la viande. Ajoutons que le mode d'emploi du sel n'est pas le même en France et en Angleterre. Chez nous les aliments sont d'ordinaire suffisamment salés avant d'être servis sur la table; les Anglais les salent fort peu pendant la cuisson, chacun prend le sel sur son assiette et en use suivant son goût : il en reste après le repas une quantité considérable qui est perdue. En réalité, le chiffre de consommation trouvé en Angleterre confirme celui qui a été obtenu pour la France; nous pouvons, par conséquent, admettre comme parfaitement établie la dose de 4 kilogrammes et demi par personne et par an. Il est,

en outre, démontré que l'existence d'un impôt, assez minime en réalité (10 centimes par kilogramme), n'a pas d'influence bien sensible, en France, sur la quantité de sel consommé pour l'alimentation.

2° CONSERVATION DES MATIÈRES ALIMENTAIRES.

L'homme civilisé cherche à conserver ses aliments. — Le sel dessèche la viande et la rend imputrescible. — Salaison de la viande. — Les momies égyptiennes. — Qualités du sel à employer. — Préparation de la viande salée. — Action du salpêtre. — Emploi du vide pour la salaison des viandes. — Salaison du porc. — Influence sur la santé de l'usage des viandes salées. — Le scorbut. — Salaisons d'Amérique. — Salaisons de poissons. — La morue. — Poissons divers. — Le caviar. — Salaison des œufs en Chine. — Salaison des légumes. — La choucroute.

De tout temps, les hommes ont cherché à empêcher la décomposition spontanée des matières alimentaires, et se sont efforcés de les conserver pour en faire usage selon leurs besoins. Tandis que le sauvage gorgé de viandes laisse perdre autour de lui le superflu de sa chasse, quitte à mourir de faim quelques jours après, l'homme civilisé domine le hasard en conservant ses provisions. Le sel représente, jusqu'à un certain point, le principe conservateur dans la nature : il empêche, au dire d'un poète anglais, les eaux de la mer de se corrompre et, après avoir servi à confire l'Océan (*to pickle the Ocean*), il permet à l'homme de sillonner sa surface. Sans l'usage des viandes salées, on n'aurait jamais pu entreprendre les voyages de long cours et les expéditions lointaines, dans lesquelles les navires restent quelquefois plusieurs années sans pouvoir se ravitailler.

Le plus puisssant moyen de conservation pour les matières organiques est la dessiccation : le sel la favorise énergiquement et agit dès lors comme antiseptique. Toutes les ménagères savent que la viande fraîche saupoudrée de sel finit, au bout de quelques jours, par nager dans une saumure liquide : il est bien connu que le poids

de la viande diminue beaucoup dans ces circonstances. Le sel s'empare de l'eau qui imprègne les fibres animales et, lorsque le liquide salé s'est écoulé, la dessiccation de la masse est par cela même fort avancée. Liebig prétend que la saumure liquide qui se sépare, contient une grande partie des principes nutritifs de la viande, et qu'on peut les retrouver en l'évaporant. Le sel agit ainsi sur les fibres et sur les matières albumineuses auxquelles il enlève leur eau de constitution : en même temps, il s'unit intimement avec elles et les rend alors plus sèches, plus coriaces et jusqu'à un certain point imputrescibles. Les poissons, les œufs, les légumes peuvent également se conserver sous l'action du sel.

Le secret de saler la viande est fort ancien ; il en est fait mention dans Homère et dans Hésiode. Selon Hérodote, il a été employé en Égypte[1] de toute antiquité. De nos jours, ce moyen de conservation est appliqué partout à la campagne pour l'usage journalier, et en grand, dans l'industrie, pour la préparation de produits alimentaires destinés à l'exportation et à la marine. Les viandes que l'on sale sont celles de bœuf et de porc : quant au sel, il n'est pas indifférent d'employer toute espèce de produit. Le meilleur pour les salaisons est blanc, en grains fins, doué d'une certaine déliquescence, c'est-à-dire contenant un peu de chlorure de magnésium. Les sels des marais salants du Portugal jouissent d'une grande réputation pour cet usage.

Les viandes destinées à être salées doivent avoir été saignées avec soin, séparées des gros os et dégagées de tout viscère ou débris. On les coupe en morceaux de peu d'épaisseur que l'on frotte soigneusement avec du sel, de

[1] Les momies égyptiennes, que tout le monde connaît, doivent leur conservation à la dessiccation qu'elles ont subie et au sel dont elles ont été imprégnées. Le peuple, qui avait ainsi trouvé le moyen de conserver les morts, devait certainement employer le même procédé, la salaison, pour les chairs qu'il mangeait.

manière à le faire pénétrer entre les masses musculaires. On dispose ensuite les morceaux dans des barils et on en forme des lits que l'on sépare avec des couches de sel : lorsque le baril est plein et que la dernière couche de sel a été placée, on verse avec précaution une quantité de saumure suffisante pour remplir les vides. Au bout de 8 ou 10 jours, on retire les viandes, on les laisse bien s'égoutter et on les remet de nouveau en baril avec du sel plus gros. Les barils sont alors fermés et livrés à la consommation.

Le sel employé seul donne à la viande une teinte pâle, d'un blanc grisâtre : aussi ajoute-t-on toujours au chlorure de sodium un ou deux centièmes de salpêtre. A dose très petite, ce produit a le propriété de conserver à la chair, pendant la salaison et même après la cuisson, cette belle couleur rouge que tout le monde recherche pour le lard ou le jambon.

Le procédé suivant donne de bons résultats pour la salaison de grandes quantités de viande. On place celle-ci dans un réservoir solide, hermétiquement clos et où l'on peut faire le vide au moyen d'une pompe pneumatique. A mesure que la pression diminue, la viande se gonfle, et quand le vide est fait, son volume est augmenté d'un tiers. Au moyen d'un robinet, on fait alors entrer dans le réservoir une saumure saturée de sel additionné de 2 à 3 pour 100 de salpêtre : elle entre dans tous les pores de la viande dilatée par le vide et, en quelques minutes, elle y a suffisamment pénétré. On retire la viande, on la fait égoutter pendant quelques jours ; après quoi, on peut la mettre en baril et l'expédier. La viande ainsi préparée est, paraît-il, plus nourrissante et possède une saveur plus agréable qu'avec les procédés ordinaires.

Les salaisons de porc se préparent à la campagne par des procédés fort simples : les morceaux bien apprêtés sont frottés de sel et placés dans un saloir en bois ou mieux en pierre, au milieu d'un mélange de sel, de sal-

pêtre et de quelques condiments aromatiques végétaux. Il se forme une saumure dans laquelle on laisse souvent la viande pendant fort longtemps : d'autres fois, particulièrement pour le lard, les morceaux sont retirés du saloir et abandonnés à l'air où ils se dessèchent.

Voici la composition approximative de différents morceaux de porc salé.

COMPOSITION	JAMBON SALÉ	JAMBON FUMÉ	LARD	LANGUE
Eau	62,6	59,7	9,1	69,7
Matières grasses. . . .	8,7	8,1	75,8	8,2
Sels	6,4	7,1	6,0	3,0
Matières albumineuses.	8,6	9,2	1,1	2,1
Fibres, nerfs, tendons .	11,2	12,6	7,3	4,3
Matières gélatineuses..	2,5	3,3	0,7	12,7
	100,0	100,0	100,0	100,0

On doit toujours, avant de consommer les viandes salées, leur enlever le sel en excès. On les met ordinairement dans un vase plein d'eau : mais il vaut mieux les suspendre au milieu de ce liquide. Il faut alors moins de temps et moins d'eau pour dessaler la viande. L'usage prolongé et exclusif des viandes salées n'est pas favorable à l'entretien de la santé : on lui a souvent attribué le développement du *scorbut*, affection terrible qui décime les équipages, particulièrement dans les régions polaires. Il est très probable qu'elle n'est pas due simplement à l'influence des salaisons, mais bien à un ensemble de causes diverses, telles que le froid humide, le mauvais air, l'agglomération des individus, les privations de toutes natures, la tristesse, enfin la mauvaise nourriture. On combat le scorbut par une médication qui consiste d'abord à supprimer autant que possible les causes qui l'ont produit; on fait en même temps prendre au malade

des aliments végétaux, oseille, cresson, fruits acides, vin.

L'Amérique livre actuellement à la consommation des quantités énormes de viandes salées. Le bœuf salé et le bœuf séché, ou *tasajo*, s'obtiennent dans les saladeros de l'Amérique du Sud où des milliers d'animaux sont sacrifiés chaque jour : on y sale également les peaux qui sont ensuite expédiées pour les besoins de la tannerie. Dans le Nord, à Chicago, à Cincinnati, etc., on fabrique les salaisons de porc : nous n'entrerons pas dans le détail assez répugnant des procédés mécaniques au moyen desquels les malheureuses bêtes sont égorgées d'une manière continue, flambées, vidées, dépecées et salées par quartiers.

Les poissons qu'on sale le plus ordinairement sont la morue, le hareng, la sardine, l'anchois, le maquereau, le saumon, le thon. Cette pratique paraît être fort ancienne et remonter au onzième siècle pour le moins : vers le milieu du quinzième le pêcheur hollandais, Guillaume Buckelz, la perfectionna et introduisit l'habitude de vider les harengs que l'on veut saler.

La pêche de la morue est une opération maritime des plus importantes : les navires se rendent à cet effet en Islande ou à Terre-Neuve. Chaque matelot, établi dans un tonneau amarré le long du bordage, est muni d'une ligne ayant près de 150 mètres de long. Quand le poisson a mordu, le pêcheur retire sa ligne, saisit le poisson, lui arrache la langue et la met de côté pour établir le compte des poissons qu'il a pris[1]. On ouvre alors les morues; les entrailles sont mises de côté pour servir d'appât; le foie est séparé pour en retirer l'huile; les œufs sont également enlevés et servent à faire la *rogue*, ou amorce pour la pêche de la sardine. On *habille* ensuite la morue, c'est-à-dire qu'on la fend et qu'on l'étale après avoir enlevé la tête et l'arête : puis on empile les poissons en les sé-

[1] Les langues de morue salées à part fournissent un mets délica

parant par une couche de sel; au bout de deux jours, quand ils ont bien pris le sel, on les entasse dans la cale ou dans des futailles. C'est la *morue verte*, celle que l'on consomme ordinairement en France, après lui avoir fait subir un lavage et une dessiccation rapide au port d'arrivée.

La *morue sèche* ou *merluche* se prépare à terre dans des baraques, au printemps et pendant l'été. Après l'avoir salée, on l'étend au soleil pendant 8 ou 10 jours consécutifs; elle se dessèche et prend de la couleur (fig. 15).

Le *stock-fisch* ou poisson-bâton est la morue salée,

Fig. 15. Séchage de la morue.

séchée au feu et roulée en bâton : on la consomme surtout en Norvège.

La salaison des autres poissons se fait d'une façon analogue. On les met une première fois dans le sel, puis, au bout de quelques jours, on les relève pour les emballer définitivement. Le maquereau se sale à bord des navires affectés à la grande pêche; on le prépare ensuite à Fécamp et à Saint-Valéry. Granville et Saint-Malo nous envoient le saumon salé. La sardine se pêche et se prépare à l'embouchure de la Loire. Dieppe est le port re-

nommé pour le hareng : on distingue les harengs *caqués*, qui ont été vidés avant d'être salés, et les harengs *braillés*, qui ont conservé les ouïes et les viscères; on fume ordinairement ces derniers pour en faire les harengs *saurs*. Les harengs sont *pleins* ou *gais* : on leur donne ce dernier nom, quand ils ne contiennent ni œufs, ni laitance.

Le grand esturgeon du Volga fournit une substance alimentaire très employée en Russie, en Allemagne, etc. : c'est le *caviar*. On le prépare avec les œufs d'esturgeon lavés soigneusement et confits dans le sel. Astrakan est le centre de la fabrication du caviar.

En Chine, on sale les œufs de poule et on peut ainsi les conserver pendant plusieurs années. Il suffit, pour cela, de les mettre dans une eau saturée de sel, et de les y laisser jusqu'à ce qu'ils coulent d'eux-mêmes au fond de l'eau; on les retire alors et on les met en caisse. Ces œufs ne peuvent qu'être mangés durs : et ils sont alors salés à point.

Les matières végétales alimentaires peuvent également être préservées de la décomposition par l'action du sel. Beaucoup de personnes conservent de cette façon les haricots verts; elles les mettent simplement dans des pots en grès et les saupoudrent de sel : au bout de quelques jours, il se forme une saumure abondante; on force les légumes à y rester plongés en les chargeant d'une pierre.

La salaison végétale la plus employée est la *choucroute*, (de l'allemand *sauer-kraut*, aigre-chou), conserve de chou fabriquée au moyen du sel; elle est plus salubre et plus facile à digérer que le chou dans son état naturel. On la prépare avec le gros chou blanc, que l'on coupe en tranches minces avec une sorte de rabot, après avoir enlevé la portion centrale: ainsi obtenus les rubans sinueux de chou sont placés par couches dans un tonneau, en alternant avec des couches de sel. Les couches de chou doivent avoir un décimètre d'épaisseur

à peu près : la proportion de sel est d'un kilogramme pour 40 kilogrammes de choux : on doit commencer et finir par une couche de sel, et avoir soin de bien tasser le tout avec une buche de bois, à chaque couche que l'on fait; ordinairement on ajoute des grains de genièvre ou de carvi. On recouvre alors la masse d'une toile et d'un disque de bois un peu moins large que le tonneau : un poids de 70 à 80 kilogrammes l'empêche de se soulever pendant la fermentation. Une odeur assez infecte se dégage, par suite de la formation d'acide lactique et même d'acide butyrique : aussi fait-on écouler la première saumure et on la remplace par de la fraîche. Une température basse est nécessaire pour la réussite complète de l'opération qui est terminée au bout de 3 semaines ou un mois. La choucroute est un excellent antiscorbutique : les Anglais en font de grands approvisionnements pour la marine; le capitaine Cook, pendant une navigation de trois années, en fit donner deux fois par semaine à son équipage, et parvint à le maintenir en bon état de santé.

3° EMPLOI DU SEL EN AGRICULTURE.

Stérilité des plaines de sel en Afrique, en Amérique, en Asie. — Les partisans du sel comme engrais. — Expériences faites en Angleterre. — Opinion d'un homme d'État anglais à cet égard. — Le sel n'est pas un engrais. — Goût des animaux domestiques pour le sel. — Observations sur les animaux sauvages. — Opinions diverses sur l'utilité du sel dans la ration des animaux. — Expériences de Boussingault. — Influence sur la production du lait. — Cas particulier de la Suisse. — Il est bon d'ajouter du sel à certains aliments. — Action hygiénique du sel sur le bétail. — Introduction du sel dans les fourrages avariés. — Conclusions.

Il est peu de questions qui aient donné lieu à autant de controverses que celle de l'emploi du sel en agriculture : elle comprend d'ailleurs deux parties tout à fait distinctes. Le sel peut-il servir comme engrais ou comme amendement dans la culture des terres? Son usage est-il

avantageux pour la nourriture ou l'engraissement du bétail ?

Il existe à la surface de la terre d'assez nombreuses contrées dont le sol est fortement salin : or rien n'égale l'aspect de désolation et de stérilité des plaines de sel qui remplacent çà et là le tapis de verdure de la terre. Dans celles de l'Afrique, toute trace de végétation a disparu : les esclaves qui récoltent le sel dans le Sahara périssent de faim et de soif, dès qu'il se produit un retard dans l'arrivée de la caravane qui doit leur apporter les provisions d'eau et de vivres ; car, autour d'eux, le sol n'offre aucune ressource. Il en est de même dans l'Amérique du Sud, où se trouve un immense désert salé.

La vallée comprise entre Tadmor et l'Idumée est également stérile à cause de la présence du sel. C'est probablement cette circonstance qui a inspiré aux écrivains juifs l'idée d'associer le sel à la vengeance divine et humaine. *Semer du sel* est une métaphore employée dans les Écritures pour figurer la désolation et la stérilité. La même image biblique reparaît de temps en temps dans l'histoire : en 1596, Jacques VI menaça la ville d'Édimbourg de la raser et d'y semer du sel pour la punir de la conduite séditieuse de ses habitants.

Comment se fait-il que le sel ait été prôné comme un des agents les plus favorables à la culture et que ses partisans ne voient d'autre obstacle à son emploi que l'impôt dont il est frappé? Pour juger la question, il n'y a qu'à voir ce qui se passe en Angleterre. A la suite de réclamations nombreuses et de grands discours au parlement, l'impôt du sel a été supprimé en 1824. Le prix de cette matière a baissé de près de 97 pour 100 : les publicistes n'ont cessé de préconiser sa puissance fertilisante et les marchands de sel distribuent à profusion des écrits destinés à en provoquer l'emploi. Des essais ont été faits : le sel a été appliqué à l'amendement des

terres dans les circonstances les plus diverses ; et si cette matière avait répondu aux espérances qu'on avait conçues, elle aurait aujourd'hui une valeur reconnue et consacrée par la pratique. Tous ces essais ont montré que les effets du sel sur la végétation sont extrêmement variables : quelquefois ils peuvent paraître utiles ; d'autres fois ils sont insignifiants ; souvent enfin on les trouve bien décidément nuisibles.

Un homme d'État anglais a résumé la question de la manière suivante : « Le rôle agricole du sel est extrême-« ment faible en Angleterre ; si on en a tant parlé autre-« fois, c'est qu'on voulait monter l'opinion et se défaire « d'un impôt gênant pour les pêcheries et lourd pour la « consommation [1]. On a mis en avant tous les agronomes « éminents ; mais une fois le dégrèvement obtenu, on a « laissé tomber toute cette effervescence d'opinion, toute « cette fièvre de promesses ; on n'a plus parlé du sel « comme engrais, et on a cultivé la terre comme aupa-« ravant, sans rien changer aux procédés employés. »

Les expériences faites en France par beaucoup de savants et d'agronomes n'ont pas donné d'autres résultats que les essais faits en Angleterre. Les conclusions ont été variables : mais, sur les points mêmes où elles étaient favorables, un usage continu du sel n'a plus rien donné d'avantageux et, le plus souvent même, est devenu nuisible.

On peut l'affirmer : rien n'est moins démontré que le rôle du sel dans la végétation et que son influence heureuse comme amendement ou comme engrais employé dans la grande culture. Il reste à examiner son emploi pour la nourriture du bétail.

Le goût des animaux pour le sel n'est pas douteux. Dans le haut Canada, par exemple, on abandonne les bes-

[1] L'impôt du sel était, en Angleterre, d'environ 75 centimes par kilogramme ; il n'est chez nous que de 10 centimes.

tiaux au milieu des bois et des pâturages vierges, où ils trouvent une grande abondance d'herbes : mais une fois tous les quinze jours, ils reviennent dans les fermes pour recevoir un peu de sel ; puis quand ils l'ont mangé, ils s'enfoncent de nouveau dans les solitudes.

Il en est de même dans les steppes américains de la zone équatoriale : on y considère comme un fait avéré que le bétail ne peut vivre sans recevoir de sel ; c'est du moins ce qu'affirment les éleveurs des Llanos. Quand un troupeau prospère dans un steppe, c'est qu'il existe un endroit où suinte de l'eau salée. Dans les savanes, dont le sel ne produit pas de substances salines, l'éleveur distribue régulièrement du sel aux animaux : ceux-ci ne manquent pas de se réunir tous les jours à la même heure au lieu de la distribution.

Le sel constitue dans ces contrées le lien entre l'homme et les animaux domestiques[1] ; mieux que la lyre d'Orphée, il rassemble au milieu du désert les brebis les plus farouches, les grands bœufs aux longues cornes, et les chevaux eux-mêmes, qui tous accourent et sortent des savanes à la vue du colon qui leur distribue cette friandise. Aucune autre substance n'exerce à un aussi haut degré une sorte d'attraction et de pouvoir irrésistible sur les animaux les moins apprivoisés. Dans le voisinage des lacs salés de l'Afrique et du nouveau monde, les voyageurs ont observé au milieu des forêts les traces d'animaux sauvages, qui se frayaient un chemin vers les lacs pour lécher la croûte de sel déposée sur leurs bords.

Les animaux domestiques, en général, aiment donc le sel : mais y a-t-il quelque avantage à leur en donner, et à augmenter ainsi artificiellement la dose normale de chlorure de sodium qu'ils trouvent dans les aliments ordinaires ? Le fermier qui élève ou qui engraisse du bétail,

[1] Esquiros. — Le sel en Angleterre (*Revue des Deux Mondes*).

celui qui nourrit des vaches laitières trouvera-t-il dans les produits obtenus une compensation à un accroissement de dépenses? Les avis à tous ces égards sont partagés. Suivant les uns, l'addition d'une certaine dose de sel à la ration ordinaire des animaux domestiques augmente l'effet utile des aliments, en favorise l'assimilation et accélère la production de la graisse. D'autres se contentent d'attribuer au sel des propriétés hygiéniques et en vantent l'efficacité dans certains cas particuliers. D'autres enfin se bornent à le regarder comme un excitant qui permet l'emploi de fourrages de qualités inférieures. Nous ne parlons pas de ceux qui, attribuant au sel des vertus merveilleuses, ont écrit ou répété *qu'une livre de sel fait dix livres de graisse :* ces exagérations sont de simples fleurs destinées à émailler les discours dans les assemblées politiques.

Des expériences précises ont été faites en Angleterre et en Écosse à l'époque du dégrèvement : on a reconnu que le sel n'exerçait aucune influence, ni sur la quantité d'aliments consommés, ni sur la rapidité avec laquelle augmentait le poids des animaux. M. Boussingault est arrivé aux mêmes conclusions. Dans une première série d'expériences, les animaux privés de sel ont augmenté de poids dans le rapport de 7, 9 pour 100 des fourrages consommés, et ceux auxquels on donnait du sel dans le rapport de 7, 8 pour 100. Une seconde série d'essais a fait voir que le sel excite les animaux à manger plus vite, mais ne les fait pas manger davantage. Enfin dans une troisième série d'expériences, le même auteur a constaté que des taureaux recevant une ration de sel étaient en meilleur état et avaient plus belle mine que ceux qui en étaient privés : ils ont aussi augmenté de poids un peu plus vite. Tous ces résultats indiquent que pour l'engraissement et l'élève du bétail l'influence du sel est trop faible pour qu'on puisse la reconnaître dans des expériences de courte durée.

Les essais faits sur les vaches laitières n'ont été ni plus concordants ni plus favorables aux partisans du sel. Les animaux qui reçoivent du sel boivent plus ; mais ils ne donnent pas plus de lait et ce produit n'est pas de meilleure qualité. Dans les comtés de Chester et de Gloucester où l'on fabrique d'énormes quantités de fromage et où le sel, grâce au voisinage des mines, peut être obtenu à vil prix, on n'en donne aux vaches laitières, ni régulièrement, ni en quantité notable. Il n'en est pas de même dans certaines contrées de la Suisse ; mais il y a là une raison spéciale. Sur les montagnes d'où descendent l'Arve et le Rhône, l'eau qui sert de boisson ne contient qu'une dose de chlorure de sodium bien inférieure à celle qui existe, en général, dans les eaux potables. Les plantes de cette région alpine et granitique doivent être également presque dépourvues de soude. On comprend que, dans ces circonstances ou dans d'autres analogues, il y ait avantage à donner au bétail des rations de sel destinées à compenser l'infériorité, sous ce rapport, des aliments dont il se nourrit. Il est également reconnu qu'il est bon d'associer, pour les vaches laitières, le sel à certains aliments particuliers ; tels sont les résidus de brasserie ou de distillerie, dépouillés d'une partie de leurs matières minérales par le travail qu'ils ont subi.

Quand les troupeaux de moutons paissent dans des terrains humides, on risque d'en perdre beaucoup par le développement des maladies contagieuses : le sel les préserve des effets de l'humidité, de la pourriture et des affections du foie. C'est donc un excitant précieux dans ces conditions défavorables : aussi est-il bon, dans les localités insalubres, de placer quelques blocs de sel à la portée des moutons ; ils viennent en lécher la surface de temps en temps et se conservent dans un meilleur état de santé, bien que la quantité de sel consommée soit très minime.

Mais c'est surtout pour obtenir la consommation de fourrages avariés que l'on a recours à l'emploi du sel : quelquefois même on le mêle avec le foin quand on fait les meules. Une récolte mouillée par la pluie et qui a subi un commencement de fermentation, peut être consommée sans danger, lorsqu'on l'a saupoudrée de sel. Il paraît même que les animaux recherchent ce fourrage de préférence à celui qui, étant de bonne qualité, n'a pas été salé. Beaucoup d'agronomes pensent, il est vrai, que les animaux profitent peu des aliments de mauvaise nature qu'on parvient à leur faire manger à l'aide du sel : mais il permet de tirer parti, dans de certaines limites, de fourrages avariés, en associant à cette ration des aliments de bonne qualité.

On peut donc résumer comme il suit les conclusions relatives à l'emploi du sel en agriculture. La valeur du sel considéré comme engrais est absolument nulle ; par conséquent, son usage est inutile et ne saurait augmenter, quand bien même le prix de revient du sel serait fort minime. Pour la nourriture des animaux domestiques, le sel est utile dans les lieux froids, humides et marécageux, ou bien lorsque leur santé se délabre par l'usage d'aliments sans sel naturel, aqueux et avariés ; il est inutile lors qu'ils reçoivent une nourriture suffisante, de bonne qualité et rationnellement distribuée ; il est nuisible, quand les animaux sont soumis à une alimentation riche et échauffante, ou quand on leur donne ce condiment à dose trop élevée.

Employé en quantité modérée, il donne aux animaux un meilleur aspect, une plus belle mine : il contribue enfin chez les animaux mis à l'engrais, à neutraliser les circonstances défavorables qui résultent de cet état contre nature.

4° EMPLOI DU SEL DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE.

Le sel est un minerai métallique. — Extraction de l'acide chlorhydrique. — Préparation du chlore. — L'eau de Javel et le chlorure de chaux. — Désinfection par le chlore. — Blanchiment par le chlore. — Préparation du chlorure de chaux. — Le sulfate de soude — Sa transformation en carbonate de soude. — Soude artificielle. — Fours à soude. — Procédé de Leblanc. — Procédé à l'ammoniaque. — Emploi de la soude. — Lessivage du linge. — Le savon de Marseille. — Les verres à base de soude. — Extraction de sodium.

Si la plus grande partie du sel est employée en nature, et surtout dans l'alimentation, une quantité considérable est encore utilisée dans l'industrie comme minerai métallique. Le fer ne se rencontre dans la nature, ni sous forme de barre, ni même à l'état de métal libre : on le trouve presque toujours à l'état de rouille, ou d'oxyde de fer : c'est ce qu'on appelle le minerai de fer. Il en est de même du plomb, du cuivre, du zinc; chacun de ces métaux a un minerai naturel particulier, qui n'est autre chose qu'un composé chimique du métal. Le sel lui aussi est un minerai, et même sous ce rapport il est supérieur à la plupart de ceux des autres métaux; car les deux éléments ou corps simples, le chlore et le sodium qui le composent, peuvent tous deux en être extraits et rendre les plus grands services.

Quand on traite le sel par l'acide sulfurique, on obtient du gaz chlorhydrique et un résidu solide de sulfate de soude (fig. 16).

L'acide chlorhydrique gazeux recueilli dans l'eau s'y dissout et fournit un liquide utilisé sous les noms d'acide muriatique, esprit-de-sel, acide hydrochlorique, enfin acide chlorhydrique. Il suffit d'y ajouter un minéral naturel, le bioxyde de manganèse, pour obtenir un dégagement de chlore. L'opération se fait industriellement au moyen des appareils représentés dans les figures 17 et 18. La figure 17 montre une disposition de vase en grès servant à la préparation du chlore. Les bonbonnes em-

ployées ont une capacité de 100 litres environ. Deux tubulures latérales servent, l'une à l'introduction de l'acide

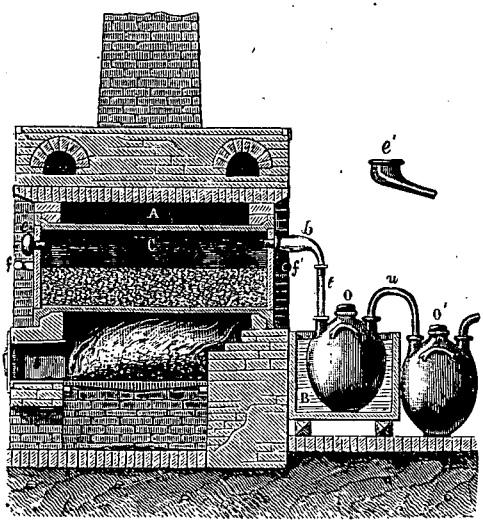


Fig. 16. Fabrication de l'acide chlorhydrique en dissolution dans l'eau.

A. Four. — B. Bonbonne contenant de l'eau et refroidie. — C. Cylindre renfermant le mélange d'acide sulfurique et de sel. — *e*, *e'*. Ouverture et entonnoir pour l'introduction de l'acide. — *b*, *t*, *u*. Tubes de communication.

chlorhydrique, l'autre au dégagement du chlore. La tubulure centrale porte un cylindre percé de trous dans lequel on met le manganèse en morceaux : cette ouverture est fermée par un couvercle à joints hydrauliques. Les bonbonnes se chauffent dans un bain de sable ou à la vapeur. La figure 18 donne une idée d'un appareil de plus grandes dimensions. Il se compose d'un cylindre en grès de 2 mètres de haut et de 1 mètre de diamètre. Le bioxyde de manga-

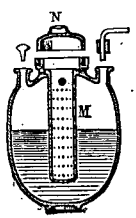


Fig. 17. Bonbonne à chlore.

nèse est introduit par une ouverture, *a* et déposé sur un double fond percé de trous. L'acide chlorhydrique est

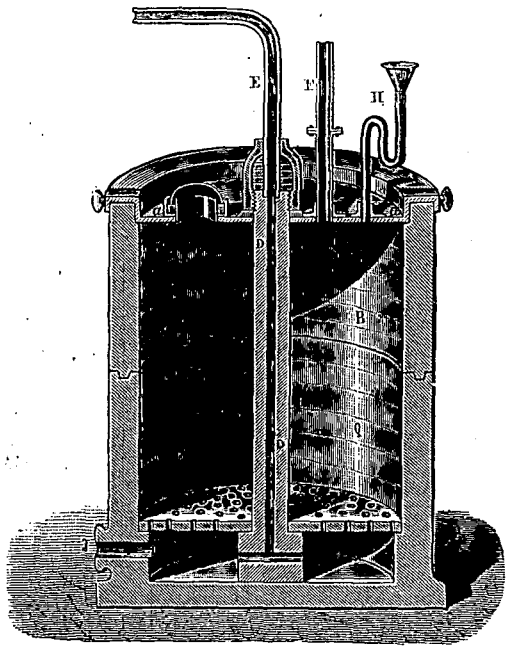


Fig. 18. — Appareil pour la fabrication du chlore.

versé au moyen de l'entonnoir H : le chlore se dégage par F. Le tuyau E permet d'introduire de la vapeur pour chauffer le mélange : enfin l'ouverture J est destinée à l'écoulement des résidus de l'opération.

Le chlore étant gazeux ne peut guère être employé dans l'industrie à l'état libre : on le fait ordinairement absorber par une dissolution faible de potasse ou de soude, et on obtient ainsi l'*eau de Javel*. En employant comme absorbant la chaux éteinte humide, on prépare le *chlorure de chaux* du commerce : c'est à cet état, sous forme

d'une poudre blanche fortement odorante, que le chlore est employé comme désinfectant et comme décolorant.

Le chlore est un désinfectant parce qu'il détruit les émanations ammoniacales ou sulfhydriques et les miasmes organiques infects et délétères. Il agit également sur les matières colorantes d'origine organique et sert comme décolorant. Scheele, qui découvrit le chlore, avait constaté ce fait important : mais ce fut Berthollet qui, en 1785, en entrevit toute la portée, songea le premier à utiliser l'action du chlore sur les matières organiques colorées et l'appliqua au blanchiment des

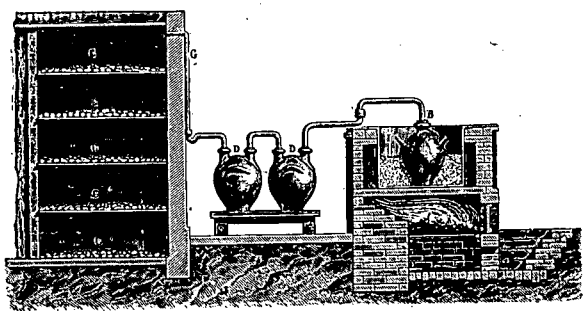


Fig. 19. Fabrication du chlorure de chaux.

tissus. Jusqu'à lui, on employait une méthode plus lente, de nombreux lessivages et l'exposition au soleil sur le pré : aujourd'hui le blanchiment au chlore est presque exclusivement appliqué, parce qu'il permet d'obtenir en moins de temps un blanc plus parfait. Le chlorure de chaux que l'on emploie à cet usage, est fabriqué au moyen de l'appareil représenté dans la figure 19. Le chlore se prépare dans la bonbonne B, et se lave dans les bonbonnes D,D, qui contiennent de l'eau : il se rend ensuite dans une chambre en briques C où se trouve de la chaux éteinte, disposée en couche mince sur des tablettes.

La quantité de sel employée à l'extraction du chlore est très minime en comparaison de celle qui sert à la fabrication du sodium, de la soude, et de leurs composés. Le sel est donc surtout un minerai de sodium. Donnons une idée générale des transformations successives qu'il subit pour fournir les produits divers que l'industrie chimique en peut tirer.

Le traitement du sel par l'acide sulfurique donne de l'acide chlorhydrique et un résidu de sulfate de soude. Le sulfate de soude, calciné avec un mélange de craie et de charbon dans un four à réverbère, se transforme en carbonate de soude. La masse lessivée à l'eau froide donne une dissolution, d'où l'on peut retirer le carbonate de soude par l'évaporation. Ce produit est désigné dans le commerce sous le nom de soude artificielle ou bien par celui de cristaux de soude, lorsqu'il a été purifié par une redissolution dans l'eau et une cristallisation.

Les figures 20 et 21 montrent deux dispositions des

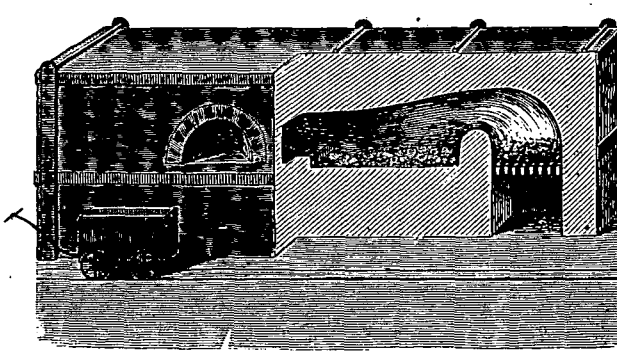


Fig. 20. Four à soude à deux soles.

fours à soude. Le four (fig. 20) est muni de deux *soles* que la flamme du foyer vient successivement lécher : c'est sur ces soles ou plates-formes que l'on met le mélange de sulfate de soude, de craie et de charbon à calciner.

Dans le four de la figure 21 on voit, outre le foyer A, deux compartiments distincts B et C : le premier est destiné à la calcination du mélange qui doit fournir la soude ; le second sert à préparer, au moyen de l'acide sulfurique et du sel, le sulfate de soude nécessaire à la réaction finale : l'acide chlorhydrique s'échappe par la cheminée D.

Le carbonate de soude ainsi fabriqué est appelé soude artificielle, pour le distinguer du carbonate de soude na-

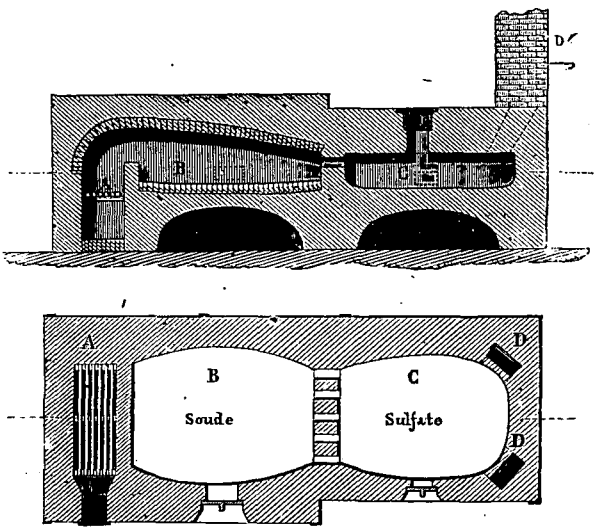


Fig. 21. Four à soude (Coupe et plan).

turel, obtenu par le lessivage des cendres de certaines plantes marines, telles que les salsola et les salicors. La méthode que nous venons d'indiquer a été imaginée par le chimiste français Leblanc et appliquée pour la première fois à Saint-Denis en 1791. Depuis cette époque, beaucoup d'autres procédés ont été proposés pour transformer directement le sel en carbonate de soude : le seul qui ait donné des résultats satisfaisants consiste à

traiter le chlorure de sodium par le bicarbonate d'ammoniaque; il se forme du chlorhydrate d'ammoniaque et du bicarbonate de soude peu soluble. On l'exploite en Angleterre, en Hongrie : en France, il n'a été appliqué que dans une seule usine située près de Nancy.

Les emplois du carbonate de soude sont fort nombreux. Dissous en petite quantité dans l'eau, il fournit une liqueur alcaline, excellente pour le lessivage du linge et bien préférable à la lessive de cendres; car elle est parfaitement incolore, et non pas jaune comme cette dernière.

La dissolution de carbonate de soude additionnée de chaux se transforme en carbonate de chaux insoluble qui se dépose, et en soude caustique qui reste en dissolution. Celle-ci, traitée par les matières grasses, huiles végétales ou graisses animales, fournit un composé solide, dur, nommé *savon*; tels sont les savons de Marseille et de toilette : le savon mou ou savon noir est à base de potasse. Le sel nous fournit donc le chlore nécessaire au blanchiment des tissus et le savon indispensable à leur propreté. La quantité de sel employé chez un peuple à ces usages peut donner une mesure de son degré de bien-être et de civilisation : car le défaut de propreté est un signe de misère et de pauvreté inintelligente.

Le carbonate de soude sert encore à la fabrication d'un autre produit de la plus haute importance. Si l'on introduit dans un pot ou creuset d'argile un mélange de sable, de chaux et de carbonate de soude, et qu'on le soumette à une température rouge vif, la masse entière se combine et prend une consistance pâteuse qui permet de la travailler, pendant qu'elle est chaude : c'est le verre. On peut le souffler, le tourner ou le mouler. Il est représenté chimiquement par un silicate double de soude et de chaux; parfaitement transparent et incolore quand il est pur, comme le verre à glaces, il devient verdâtre, s'il contient un peu d'oxyde de fer; c'est alors le verre à bouteilles. Il prend, en outre, les teintes les plus variées,

quand on y introduit des oxydes métalliques différents et fournit alors les beaux verres colorés, employés dans les vitraux des cathédrales.

Ajoutons enfin que le carbonate de soude, chauffé fortement en vase clos avec du charbon, laisse dégager sous forme de vapeurs le métal du sel, le sodium, dont les applications en chimie sont extrêmement nombreuses et des plus importantes.

Le sel est donc, en résumé, la matière première qui alimente, d'une part, la fabrication de l'acide chlorhydrique, celle du chlore et par suite l'industrie du blanchiment, et d'un autre côté toutes les fabrications où entrent le sodium et ses composés: sulfate de soude, carbonate de soude, savons et verres.

DEUXIÈME PARTIE

LE SEL EN FRANCE

CHAPITRE III

Les anciens procédés d'extraction.

Sel marin. — Sel gemme. — Le prix de revient du sel doit être peu élevé. — Georges Agricola. — Manières de se procurer le sel. — Le marais salant. — Ses différentes parties. — Sels ignigènes. — Installation des chaudières et des baraques. — Fabrication du sel. — Les ouvriers. — Le sel est mis en pains. — Nettoyage des chaudières. — Procédés divers. — Remarques sur ces anciens procédés.

La France peut se procurer très facilement tout le sel dont elle a besoin. La longueur considérable de côtes qu'elle possède sur la mer du Nord, la Manche, l'océan Atlantique, d'une part, et sur la Méditerranée, d'autre part, lui permet de puiser l'eau salée dans la mer et d'en retirer le sel qui s'y trouve contenu. Mais ce travail ne saurait être rémunérateur en tous pays et, sous ce rapport, le littoral méditerranéen possède des avantages marqués sur celui de l'Océan.

Outre le sel marin que l'on peut ainsi obtenir, il existe en France quelques gisements de sel gemme. Les plus importants sont situés dans l'Est, où les noms de plusieurs villes rappellent le voisinage des salines. Lons-le-Saunier,

Salins, Château-Salins, sont évidemment des localités qui jouent un rôle important dans l'industrie du sel. Dans les Basses-Pyrénées, les gisements de Briscous, Salies et Villefranque, bien que peu considérables, sont exploités par une population pauvre qui y trouve un élément de travail.

Partout ces industries sont fort anciennes ; et les moyens par lesquels on peut actuellement se procurer le sel en France ne sont que le perfectionnement de ceux dont se servaient nos pères.

Les procédés employés pour extraire le sel doivent être, en effet, des plus simples. Si l'on songe que le prix de revient de cette marchandise ne doit guère aller au delà de 1 fr. 75 cent. à 2 francs les 100 kilogrammes, on sera convaincu, à priori, qu'il ne faut employer dans sa fabrication ni appareils coûteux ou compliqués, ni combustibles d'une valeur élevée, ni procédés exigeant une main-d'œuvre un peu considérable.

Aussi les méthodes d'extraction sont-elles à peu de chose près ce qu'elles étaient au seizième siècle. Georges Agricola [1], dans son traité *de Re metallicâ*, a décrit soigneusement la fabrication du sel à son époque. Écoutons ce qu'il en dit et, pour mieux comprendre son récit, aidons-nous de deux figures choisies parmi celles qui l'accompagnent.

« Des hommes intelligents s'aperçurent un jour que les eaux de certains lacs, naturellement chargées de *sucs*

[1] Georges Agricola, né à Chemnitz, en Saxe (1494), mort en 1555. Son vrai nom est Landmann (paysan), en latin Agricola. Il cultiva d'abord la science hermétique ; son traité « *Sur la pierre philosophale* » fut plus tard regardé par lui-même comme un égarement de jeunesse. Il se livra ensuite à l'étude de la métallurgie et fit de nombreux voyages. Le livre « *de Re metallicâ* » publié en allemand et en latin (Bâle 1546-1556), est le premier ouvrage que l'on connaisse sur ce sujet. Il étonne par la netteté des idées et l'exactitude des descriptions. Ce traité est orné de très nombreuses figures dans le texte : les deux gravures que nous reproduisons ici donnent une idée de leur exécution.

concrets, se concentraient par les ardeurs du soleil et fournissaient des matières solides en se desséchant. Ils eurent alors l'idée, afin d'arriver au même résultat, d'en verser dans des bassins plats, d'une certaine profondeur et bien exposés au soleil. Ils reconnurent bientôt que cela ne pouvait se faire ni en tout temps, ni partout, mais seulement en été, et dans les pays chauds, où la pluie est rare en cette saison. Ils se mirent donc à concentrer l'eau par une cuisson opérée dans des vases exposés à l'action du feu, et purent de cette façon obtenir des matières salines à toutes les époques de l'année et dans tous les pays, même les plus froids.

« Certaines eaux sont naturellement salées; d'autres le deviennent par le travail de l'homme, en y dissolvant des pierres de sel (*sel gemme*). Toutes peuvent être transformées en sel, soit en les exposant dans des salines (*marais salants*) à la chaleur du soleil, soit en les chauffant dans des chaudières, dans des pots ou dans des fosses.

« Les salines peuvent être nombreuses, si le pays le permet : il ne faut cependant pas en établir plus qu'il n'est nécessaire; car on ne doit faire du sel que ce qu'on peut en vendre. La surface des salines doit être bien unie, et leur profondeur peu considérable, afin que la totalité de l'eau puisse se dessécher sous l'action du soleil. Il est bon qu'elles soient enduites d'une croute saline, afin que la terre ne boive pas l'eau. On y amène l'eau de la mer, et si les pluies ne viennent pas contrarier l'exploitation, on obtient un sel d'une saveur très forte. »

Agricola explique ensuite comment doit être construit le marais salant; il décrit les rigoles qui amènent l'eau de mer, les compartiments dans lesquels elle passe successivement; il indique soigneusement leurs formes ou leurs dimensions et continue ainsi :

« Quand tout est bien préparé, on débouche l'ouverture du réservoir qui renferme l'eau de mer pure ou

mélangée d'eau de pluie ou de rivière[1]. Les rigoles se remplissent : on ouvre alors la vanne qui permet à l'eau d'entrer dans le premier bassin. Elle s'y concentre et laisse déposer des matières terreuses. On fait ensuite passer l'eau dans le bassin suivant ; elle y séjourne jusqu'à ce que par l'action du soleil elle s'épaississe et commence à déposer du sel : à ce moment, on ouvre la vanne qui communique à un troisième bassin ; l'eau y pénètre et y reste jusqu'à ce qu'elle soit complètement transformée en sel : quant aux premiers bassins, on les remplit à nouveau d'eau de mer. Le sel est détaché du sol avec des râteaux et enlevé à la pelle. »

La figure 22 dans sa simplicité naïve nous fait voir tout ce travail. A est la mer ; B le réservoir d'eau de mer ; C une vanne qui permet d'établir ou de supprimer la communication avec les salines ; D, D, D, sont les rigoles, E E les compartiments du marais salant. On n'a pas oublié de représenter le soleil et ses rayons qui jouent un rôle important dans la fabrication du sel. Il n'est pas besoin de faire remarquer que les lois de la perspective et les proportions relatives des divers objets ne sont guère respectées : les dimensions du marais salant n'ont aucun rapport avec la taille des personnages et des ouvriers ; heureusement elles sont données dans le texte.

Agricola fait ensuite connaître les moyens employés pour extraire le sel par l'action de la chaleur.

« Les chaudières où l'on cuit l'eau salée sont installées dans des baraques, à proximité des puits d'où on l'extrait. Ces baraques peuvent avoir 40 pieds de hauteur ; elles sont construites en terre, en briques, quelquefois même en pierre : la construction est haute d'environ 16 pieds et

[1] Pourquoi ce mélange sur lequel Agricola revient à plusieurs reprises? Il paraît assez inexplicable : cependant l'auteur *semble*, en certains endroits, faire entendre que c'est l'eau même qui devient du sel par l'action du soleil. Cette appréciation absolument fausse des faits est conforme aux idées alchimiques qui avaient cours à cette époque.

Fig. 22. Extraction du sel contenu dans l'eau de la mer.
(Fac-similé d'une gravure d'Agricola.)

le toit de 24 : il est en chaume, mais enduit d'une épaisse couche d'argile pour diminuer les dangers d'incendie. Cette couverture protège de la pluie l'intérieur de la maison et y maintient la chaleur nécessaire à la dessiccation des pains de sel[1].

« Chaque baraque est divisée en trois parties : la première contient la provision de paille ou de bois; dans la seconde est installé le foyer sur lequel se trouve la chaudière : à droite, est un réservoir où des manœuvres apportent l'eau salée; à gauche, un escabeau sur lequel on peut placer une trentaine de pains de sel; la troisième partie de la baraque forme un grenier pour loger les pains de sel.

« Les parois sont également percées de deux fenêtres et le toit d'une ouverture qui livre passage à la fumée. Une porte toujours ouverte est devant le foyer : elle a 8 pieds de haut et 4 de large afin de permettre au courant d'air d'emporter la fumée. Une seconde porte de mêmes dimensions est percée dans la paroi opposée, en face de la première. On doit la fermer quand le vent souffle trop fortement, parce qu'il pourrait alors gêner la cuisson du sel; les fenêtres sont pour la même raison munies de carreaux de vitre : elles empêchent le vent et laissent passer la lumière.

« Le foyer est construit en pierres salées ou avec une terre mêlée de sel, qui devient fort dure sous l'action de la chaleur. Il est long de 8 pieds et demi, large de 7 pieds trois quarts et haut de 4 pieds si l'on brûle du bois, ou de 6 lorsqu'on se sert de paille. La chaudière est formée de lames de tôle; elle est de forme carrée, longue de 8 pieds, large de 7 et profonde d'un demi-pied seulement. Les lames qui la composent ne doivent pas être trop épaisses, pour que l'eau s'échauffe

[1] L'installation décrite par Agricola ressemble beaucoup à celle des anciennes salines de Salins.

plus vite et se convertisse plus rapidement en sel : elles sont unies ensemble par des clous; les joints sont garnis d'un lut formé de cendres mêlées avec de la bile ou du sang de bœuf.

« L'eau salée tirée des puits est apportée dans des mesures contenant 8 seaux (chaque seau vaut 10 setiers romains), et vidée dans la cuve qui est à côté de la chaudière. Si elle est suffisamment salée, on la transvase dans la chaudière avec des seaux; mais si elle l'est trop peu, on y ajoute d'abord des pierres de sel qui augmentent sa force. A Halle, dans le pays des Hermondures, 37 seaux d'eau salée donnent deux pains de sel ayant la forme d'un cône.

« Le travail à la chaudière est fait tour à tour par un maître et un compagnon : chacun d'eux a, en outre, un aide qui est souvent sa femme; un garçon met le bois ou la paille dans le foyer. Ils sont tous à demi nus à cause de la chaleur considérable qu'il fait dans l'atelier, et se couvrent la tête de chapeaux de paille (fig. 23).

« Dès que le maître a versé dans la chaudière le premier seau d'eau, le garçon allume le feu. Si l'on brûle du bois ou des fagots, le sel est bien blanc : il est souvent plus ou moins noir, quand on se sert de paille, parce que les étincelles et la fumée retombent en partie dans l'eau et la noircissent. Le maître après avoir versé dans l'eau 18 seaux d'eau, ajoute au 19e une cyathe et demie (la cyathe est une mesure romaine qui vaut un douzième de setier) de sang de bœuf, de veau ou de bouc et le répand également dans tous les coins de la chaudière : il se forme bientôt des écumes qu'il enlève avec sa pelle. Après l'écumage, qui dure environ une demi-heure, on laisse cuire pendant une heure trois quarts. Le maître et son compagnon brassent alors l'eau de la chaudière avec des barres de bois, puis ils l'abandonnent à la cuisson pendant une heure; après quoi ils procèdent à l'enlèvement du sel. Pour cela le compagnon dispose au-dessus

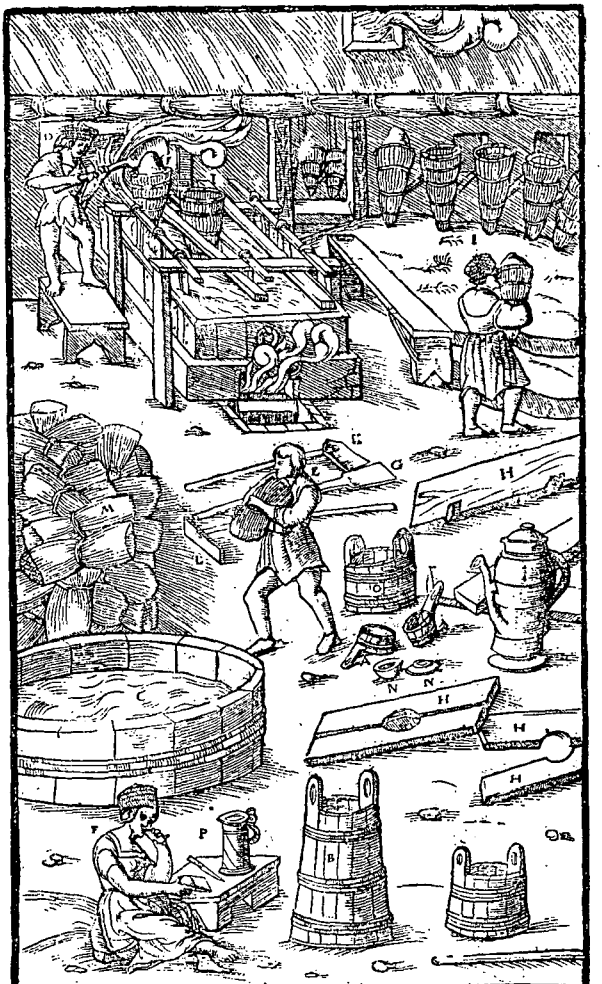


Fig. 23. Fabrication du sel au moyen de l'eau des sources salées.

A. B. Vases pour mesurer l'eau salée et le sang de bœuf. — C. Citerne d'eau salée. — D. Aide. — F. La femme du maître. — G, H, I, K, L. Instruments de travail et formes pour fabriquer les pains de sel. — M. Paille pour faire du feu. — P. Pot de bière.

(Fac-similé d'une gravure d'Agricole).

de la chaudière des barres de bois, et y accroche des corbeilles longues de deux pieds et ayant une forme conique : le maître les remplit de sel qu'il enlève de la chaudière avec sa pelle et qu'il entasse fortement; il peut ainsi garnir deux corbeilles, qui sont portées au grenier où le sel se dessèche. Les pains de sel obtenus ont généralement la forme conique : mais on leur donne aussi toute espèce d'autres formes, particulièrement celle de tablettes.

« Le maître et le compagnon travaillent ainsi jour et nuit à l'exception seulement des jours de fête. Une chaudière constamment chauffée ne supporte l'action du feu guère plus de six mois. Chaque semaine et même plus souvent lorsqu'elle est neuve, on lave la chaudière à grande eau et on la bat pour détacher les incrustations qui se sont formées au fond. Si l'on ne prenait ce soin, la production du sel se ferait moins vite et l'on brûlerait les lames de la chaudière. Quand celle-ci est neuve, on obtient pendant une quinzaine de jours du sel de moins bonne qualité et qui a le goût de fer.

« Dans les pays où l'on trouve du sel en pierres, les morceaux impurs sont mis dans l'eau douce : celle-ci, par la cuisson, fournit alors de fort beau sel. Dans d'autres localités, on recuit le sel marin dissous dans l'eau et on le met en pains. Ailleurs on retire le sel des eaux chaudes et salées qui sortent du sol. On se sert pour les cuire de bassins dans lesquels on fait arriver ces mêmes eaux chaudes; on y range ensuite des pots où l'on verse l'eau salée, de manière à les remplir à moitié. La chaleur du bassin permet d'obtenir du sel dans les pots. Enfin on fait quelquefois cuire les eaux salées et particulièrement l'eau de mer dans de grandes marmites de fer; mais comme on brûle alors de la paille, le sel est généralement noir. Certaines personnes traitent de la même façon la vieille saumure des salaisons : mais le sel qu'elles font a toujours le goût et l'odeur de poisson. »

Nous trouverons dans cet exposé l'idée première de tous les travaux exécutés de nos jours pour la fabrication du sel. Deux procédés sont décrits : l'évaporation de l'eau de mer au moyen de la chaleur du soleil fournit le *sel marin*, appelé aussi *sel solaire ;* l'emploi du feu donne des sels que l'on désigne encore aujourd'hui sous le nom de sels *ignigènes*. Rien n'est oublié : ni le raffinage du sel gemme ou du sel marin que l'on dissout dans l'eau pour le faire recristalliser par une nouvelle évaporation : ni l'économie qui consiste à employer un combustible de peu de valeur pour chauffer les chaudières. Du temps d'Agricola, on se servait souvent de paille ; de nos jours, on brûle les houilles menues que l'on obtient à bas prix.

Entrons maintenant dans le détail des procédés d'extraction aujourd'hui employés en France : et pour traiter la question d'une manière complète, nous examinerons successivement ce qui se fait dans le Midi ou dans l'Ouest pour obtenir le sel marin ; enfin nous traiterons de l'extraction des sels ignigènes dans l'Est de la France.

CHAPITRE IV

Les salins du Midi

1° ÉVAPORATION DE L'EAU DE MER.

Eau de mer. — L'eau de la Méditerranée. — Effet de l'évaporation. — Concentration graduelle de l'eau. — Compositions comparées de l'eau de mer à différents degrés de concentration. — Dépôt successif des divers sels. — Condition pour obtenir du sel pur.

L'eau de mer contient en dissolution un certain nombre de substances salines ; le chlorure de sodium ou sel ordinaire y occupe le premier rang par son abondance et par l'importance de ses applications. Parmi les autres matières dissoutes, les principales sont le chlorure de magnésium, le sulfate de magnésie, le sulfate de chaux, le chlorure de potassium. Mais cette énumération est loin de donner une idée complète de la composition de l'eau de mer, aussi reviendrons-nous sur ce sujet (voir chap. IX) et nous nous contenterons, pour le moment, de ce qu'il est indispensable de connaître afin de comprendre les procédés employés à l'extraction du sel marin.

L'eau de la Méditerranée, prise à une assez grande distance des côtes, présente une composition sensiblement constante. Elle marque 3°,5 à l'aréomètre de Baumé (voir page 16). Un litre pèse 1026 grammes et contient en dissolution 38 grammes de matière saline, sur lesquels, le chlorure de sodium entre pour 30 grammes environ. Cette quantité de sels divers est de beaucoup inférieure à ce que l'eau pourrait dissoudre ; mais si l'on soumet une certaine quantité d'eau de mer à une cause quelconque d'évaporation, la proportion d'eau diminue graduellement,

tandis que la quantité de sels dissous reste constante: la salure de l'eau va donc sans cesse en s'élevant. L'évaporation continuant, il n'y a bientôt plus que la quantité d'eau juste suffisante pour retenir en dissolution toutes les matières salines : on dit alors que l'eau est saturée. A partir de ce moment, l'évaporation a pour résultat d'amener un dépôt de sels.

Si l'eau de mer ne contenait que du chlorure de sodium, ce dépot commencerait quand l'eau marque 25 degrés environ à l'aréomètre; puis, à mesure qu'elle s'évaporerait, une quantité de sel correspondante se déposerait; le liquide conserverait toujours la même densité et ne pourrait jamais marquer plus de 25 degrés. Mais l'eau de mer contient d'autres sels très diversement solubles et qui entrent dans sa composition en quantités fort inégales. Il en résulte que l'état de saturation du liquide n'est pas atteint pour tous en même temps. Tandis que le chlorure de sodium se dépose, le sulfate de magnésie et les chlorures de potassium et de magnésium restent en dissolution; et, comme la proportion de ces sels par rapport à l'eau va toujours en augmentant, la densité du liquide et par suite son degré aréométrique continuent à croître. En prolongeant l'évaporation, le sulfate de magnésie se dépose à son tour et ainsi de suite pour chacun des sels contenus dans l'eau de mer.

Les résultats suivants d'analyses faites sur l'eau de la Méditerranée à différents états de concentration montrent bien ces changements successifs dans la composition de l'eau[1].

I. 100 grammes d'eau de la Méditerranée marquant 3°,5 à l'aréomètre (densité 1,026) contiennent:

	Grammes
Chlorure de sodium	2,9424
Chlorure de magnésium.	0,3219
A reporter.	3,2643

[1] Analyses faites par M. Usiglio.

	Grammes
Report.	3,2643
Sulfate de magnésie	0,2477
Sulfate de chaux	0,1557
Bromure de soduim	0,0556
Chlorure de potassium	0,0505
Carbonate de chaux	0,0114
Oxyde de fer	0,0003
Eau	96,2345
Total	100,0000

II. La même eau amenée par l'évaporation à marquer 25 degrés à l'aréomètre (densité 1,210), occupe environ le neuvième de son volume primitif et renferme :

	Grammes
Chlorure de sodium	22,2230
Chlorure de magnésium	2,4420
Sulfate de magnésie	1,8714
Sulfate de chaux	0,1712
Bromure de sodium	0,4320
Chlorure de potassium	0,4050
Eau	72,4554
Total	100,0000

III. A 30 degrés de l'aréomètre (densité 1,264), le liquide n'occupe plus que la trente-deuxième partie de son volume initial ; 100 grammes contiennent :

	Grammes
Chlorure de sodium	16,830
Chlorure de magnésium	8,041
Sulfate de magnésie	6,231
Bromure de sodium	1,161
Chlorure de potassium	1,449
Eau	66,288
Total	100,000

IV. A 35 degrés de l'aréomètre (densité 1,321), le volume du liquide n'est plus guère que la cinquante-neu-

vième partie du volume de l'eau de mer; sa composition est la suivante :

	Grammes
Chlorure de sodium.	12,105
Chlorure de magnésium.	14,796
Sulfate de magnésie.	8,676
Bromure de sodium.	1;545
Chlorure de potassium	2,497
Eau	60,381
Total.	100,000

Examinons maintenant les matières qui se déposent au fur et à mesure de l'évaporation. Jusqu'à ce que l'eau marque 16 degrés à l'aréomètre, on n'observe qu'un dépôt insignifiant d'oxyde de fer et de carbonate de chaux (craie); de 16 degrés à 21 se dépose la plus grande partie du sulfate de chaux (plâtre). Le dépôt de sulfate de chaux continue entre 21 degrés et 25 degrés, mais en moindre quantité. Vers 25 à 26 degrés, le chlorure de sodium (sel ordinaire) commence à se déposer; entre 25 degrés et 32°,5, il le fait à peu près seul; cependant dans le voisinage de 25 degrés, il contient un peu de plâtre; et, à mesure qu'on approche de 32 degrés, il renferme une proportion croissante de sulfate de magnésie. Au delà de 23°,5, la quantité de sulfate de magnésie devient telle que le dépôt doit être considéré comme un mélange de sel commun et de sel magnésien.

En résumé, pour obtenir du sel à peu près pur, il ne faut pas que l'eau soit amenée par l'évaporation à plus de 32 degrés: le produit obtenu est d'autant plus pur qu'il s'est déposé dans une eau moins dense. Dans une eau plus chargée, le dépôt de sel est toujours accompagné de sulfate de magnésie, amer et purgatif. En outre, les cristaux formés dans un liquide sont mouillés au moment où on les extrait: en les faisant sécher, l'eau s'évapore; mais les sels qu'elle contenait restent à la surface des cristaux en quantité d'autant plus grande qu'elle était elle-

même plus chargée. On doit donc s'attendre à n'obtenir dans ces conditions que du sel impur.

2° DESCRIPTION DU SALIN.

Les salins du Midi. — Leur importance — Les principaux salins. — Leur association. — Description d'un salin. — Chauffoirs. — Partènements. — Tables salantes. — Circulation de l'eau. — Élévation successive de l'eau. — Ses avantages. — Machines élévatoires de l'eau. — Situation particulière de certains salins. — Dimensions des partènements. — Disposition des tables salantes. — Aiguilles. — Sol des tables. — Le feutre Dol. — Sa culture. — Son utilité.

L'évaporation de l'eau de mer, au moyen de laquelle on obtient du sel, se produit par l'action du soleil et par celle des vents secs. Ces deux conditions sont admirablement remplies sur le littoral méditerranéen: la température y est élevée, le soleil brûlant; enfin il règne fréquemment un vent connu sous le nom de *mistral*, très vif et qui dessèche tout ce qu'il touche. Aussi les départements côtiers, Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault, Gard, Bouches-du-Rhône et Var, possèdent-ils tous de nombreuses exploitations de sel, que l'on désigne sous le nom de *salins*. L'étendue totale de la surface consacrée à l'évaporation de l'eau de mer approche de 8000 hectares dont plus de 3000 sont situés dans le Gard et 2500 dans les Bouches-du-Rhône. Un millier d'hectares environ appartiennent à la compagnie dite des Salins du Midi.

La production totale moyenne de chaque département peut être évaluée ainsi qu'il suit:

	Tonnes de sel
Var	40 000
Bouches-du-Rhône	118 000
Gard	55 000
Hérault	45 000
Aude	14 000
Pyrénées-Orientales	2 000

La production est assez égale; celle des meilleures

années ne dépasse la moyenne que d'un tiers environ ; celle des plus mauvaises lui est inférieure des deux cinquièmes seulement.

Les principaux salins exploités sur les côtes de la Méditerranée, sont :

1° Dans le Var : le salin des Pesquiers et les Vieux Salins d'Hyères, dans le voisinage de cette ville et d'une contenance de 243 hectares; le salin des Ambiers (cont. 18 hect.), au S.-O. de Toulon.

2° Dans les Bouches-du-Rhône : le salin de Ponteau (cont. 10 hect.); les salins de Martigues, situés sur l'étang de Caronte, le long du canal de Bouc à Martigues; les salins de Berre (cont. 331 hect.), sur l'étang de ce nom; le salin de Rassouen (cont. 36 hect.) sur l'étang de Lavalduc; ceux de Fos (cont. 71 hect.) et de Citis (cont. 46 hect.), à l'ouest de l'étang de Berre; dans la Camargue, le salin de Giraud (cont. 1000 hect.) près de l'embouchure du Grand-Rhône, et ceux de La Vignole (cont. 66 hect.) et de Badon (cont. 160 hect.)

3° Dans le Gard, les salins de Peccais (cont. 2500 hect.) et ceux des environs d'Aygues-Mortes, situés sur les étangs du Repos, du Repausset, du Roi, de la Ville, le long du canal d'Aigues-Mortes à la Mer.

4° Dans l'Hérault, les salins de Pérol, Gramenet, Villeneuve (cont. 160 hect.), Frontignan (cont. 122 hect.); ceux de Mèze (cont. 40 hect.), Villeroye (cont. 150 hect.) Bagnas (cont. 237 hect.) sur l'étang de Thau.

5° Dans l'Aude, les salins d'Estarac (cont. 59 hect.), le Lac (cont. 26 hect.), Sainte Lucie, les salins de Peyriac et Sigean (conten. 150 hect.).

Enfin, 6° dans les Pyrénées-Orientales le salin de Cordes (cont. 120 hect.) et celui de Durand (cont. 120 hect.)

Le morcellement de la propriété dans les salins du Midi n'a jamais atteint les proportions où il est arrivé dans l'ouest de la France : cependant, il y a une quarantaine d'années les exploitations salicoles étaient fort nombreuses.

L'industrie du sel subissait les fâcheux effets qui résultent d'une production sans mesure et d'une vente à tout prix. Pour les faire disparaître, un certain nombre de propriétaires d'exploitations importantes s'étaient depuis longtemps concertés. En 1865, cette entente à été généralisée, sous l'impulsion de la Compagnie des Salins du Midi : presque tous les producteurs de sel du Midi ont, à cette époque, arrêté les bases d'une société en participation. Le but de l'association est de diminuer les frais généraux et les frais de transport, de compléter l'assortiment de chacun en lui fournissant les qualités de sel qu'il ne fabrique pas, de mieux approvisionner les marchés; enfin, d'anéantir une concurrence fatale à tous. A cet effet, la vente est concentrée entre les mains de la Compagnie des Salins du Midi qui, chaque année, achète aux exploitants, soit une quantité déterminée à l'avance, soit les excédents des quantités dont il se sont réservé la vente. Les livraisons faites à la société sont d'abord payées par elle moyennant un prix fixé à l'avance; les bénéfices nets de la vente réalisés par l'association sont ensuite répartis par les associés selon une proportion déterminée par le contrat de société.

Examinons maintenant les procédés d'exploitation.

Le salin ou marais salant est un réservoir d'une très grande surface, dont le sol lui-même forme le fond : l'eau salée y est enfermée sous une faible épaisseur afin de favoriser son évaporation. Comme elle doit se réduire au 8e environ de son volume avant de commencer à donner du sel, il y a intérêt à recueillir les eaux déjà évaporées et amenées à saturation, dans une partie du marais plus soignée que le reste et qui doit recevoir le dépôt de sel. C'est ainsi qu'on a été amené à diviser le marais en plusieurs réservoirs successivement parcourus par les eaux; les uns servent de *chauffoirs* ou de bassins d'évaporation seulement, les autres sont destinés à la continuation de l'évaporation, mais surtout au dépôt du sel.

Les chauffoirs forment ordinairement deux séries de bassins. Les premiers, qu'on nomme *partènements extérieurs* (5.5.5. fig. 24), reçoivent directement l'eau d'alimentation qui peut y atteindre 8 degrés de l'aréomètre : les seconds, ou *partènements intérieurs* (4.4.4), sont remplis avec l'eau qui sort des premiers : elle se concentre jusqu'à 24 degrés. On l'introduit alors dans les bassins de dépôt ou *tables salantes* (5.5.5.). Chacune des subdivisions du marais salant est elle-même partagée en com-

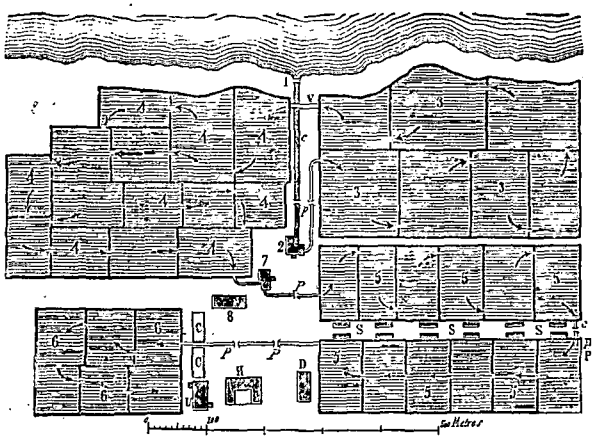


Fig. 24. Plan d'un salin du midi.

partiment disposés en pente légère; ils communiquent entre eux par des vannes, de sorte que l'eau peut les parcourir successivement. Les tables salantes sont en outre séparées entre elles par de petites digues en terre soutenues au moyen des planches.

L'eau doit parcourir successivement toutes les parties du salin : il faut pour cela que les divers compartiments présentent les uns par rapport aux autres de petites différences de niveau. L'eau d'alimentation introduite dans les plus élevés coule peu à peu dans ceux qui sont

plus bas. La très faible amplitude des marées de la Méditerranée ne permet guère de profiter de cette cause naturelle pour l'élévation des eaux : il est nécessaire de recourir à l'emploi d'une force motrice. Deux méthodes se présentent :

1° Faire parvenir primitivement l'eau de la mer à un niveau assez élevé pour qu'elle puisse parcourir ensuite tout le développement du salin;

2° Employer plusieurs élévations successives.

Dans le premier procédé, les partènements qui reçoivent l'eau de mer doivent occuper la partie la plus haute du salin, et les tables salantes, la plus basse. Cela présente deux inconvénients : il faut monter la totalité de l'eau à la partie la plus élevée du salin, ce qui est fort coûteux; en second lieu, les tables salantes, placées à un niveau ordinairement inférieur à celui de la mer, ne peuvent être vidées qu'au moyen d'une nouvelle élévation de l'eau.

On préfère donc opérer par élévations successives et de la façon suivante. L'eau de mer est introduite d'elle-même, grâce à une légère différence de niveau dans le premier partènement extérieur : à cet effet, on profite quelquefois, de la faible ascension produite par la marée. Mais cela n'est pas sans inconvénient : il peut arriver que le vent souffle de la côte et abaisse assez le niveau de la mer pour compromettre l'alimentation. En ménageant ensuite soigneusement les pentes du sol, on arrive à faire parcourir à l'eau la série des partènements extérieurs; pendant ce trajet, son volume se réduit par l'évaporation, et la quantité d'eau qu'il faut élever mécaniquement du dernier partènement extérieur au premier partènement intérieur, est déjà beaucoup moindre. Après cette première élévation, produite au moyen d'une force motrice, l'eau parcourt d'elle-même tous les partènements intérieurs; elle est ensuite élevée une seconde fois pour être amenée dans les tables salantes.

Les avantages de cette méthode sont faciles à comprendre. Supposons que la première élévation se fasse sur des eaux marquant 8 degrés, et la seconde quand elles marquent 23 degrés, ce qui est le cas ordinaire. 1000 litres d'eau de mer donnent 470 litres d'eau à 8 degrés et 122 litres d'eau à 23 degrés, de sorte que la quantité d'eau à élever en deux fois est bien inférieure à celle qu'il faudrait monter du premier coup : sans compter que les fuites qui se produisent toujours dans le salin, occasionnent une réduction notable sur la quantité des eaux concentrées. En outre, les tables salantes, se trouvant à un niveau élevé, peuvent être complètement et rapidement vidées; ce qui est très avantageux pour la pureté du sel obtenu.

Deux espèces de machines élévatoires sont employées : des pompes foulantes mues par la vapeur et des roues à tympan mises en mouvement par des chevaux, des mules et plus souvent par des machines à vapeur. Les tympans ne peuvent servir que pour les élévations d'eau à une faible hauteur. L'usage de ces moteurs entraîne des frais notables, mais d'autant moins sensibles que la récolte est plus abondante : ceux-ci peuvent, dans des circonstances défavorables, monter jusqu'à 2 francs par tonne de sel : ordinairement ils ne dépassent guère 75 centimes et peuvent même descendre au-dessous de 50.

L'eau introduite dans les partènements extérieurs n'est pas toujours l'eau de la mer : un grand nombre de salins du Midi reçoivent l'eau des étangs qui couvrent le littoral de la Méditerranée. Leur degré de salure diffère de celui de la mer et varie avec les saisons. En hiver, les pluies et les eaux douces affaiblissent la proportion relative de sel contenu dans l'eau : elle augmente, au contraire, beaucoup vers la fin de l'été, à cause de l'évaporation qui se produit dans ces espèces de réservoirs. Certains étangs ont une salure normale très faible, tandis que pour d'autres elle est de beaucoup supérieure à celle de la mer.

Parmi les premiers, on peut citer l'étang de Berre dont les eaux ne marquent pas plus de 1°,5 et parmi les seconds, le plus salé est l'étang de Lavalduc ; le degré aréométrique de ses eaux varie de 10 à 16 ou même 18 degrés.

Les compartiments du salin que l'eau parcourt successivement ne présentent pas tous la même disposition. Les partènements peuvent être de forme irrégulière. Il ne faut pas qu'ils soient trop étendus : l'action d'un vent violent pourrait en découvrir une partie et faire refluer l'eau sur une portion de la surface, où son épaisseur deviendrait considérable. Des étendues de 50 à 120 mètres de côté recouvertes de 5 à 10 centimètres d'eau sont très convenables. La série des partènements se termine par un ou plusieurs réservoirs chargés d'alimenter les tables salantes : c'est dans ces réservoirs ou *avant-pièces* que puisent les machines élévatoires.

La superficie totale des tables salantes est environ la sixième partie de celle du salin, lorsque celui-ci est alimenté à l'eau de mer. Elles sont construites avec beaucoup plus de soin que les chauffoirs; leur forme est régulière, rectangulaire ou carrée ; leurs côtés ont en général 50 à 60 mètres de longueur. Les parois latérales sont formées de planches soutenues au moyen de piquets verticaux : de cette façon les terres délayées par la pluie ne peuvent tomber sur les tables et salir le sel.

Autour des tables règnent de petits canaux, nommés *aiguilles*, dont le fond est à un niveau plus bas que celui des tables : ils communiquent avec celles-ci par des vannes ou *martelières*. Les aiguilles peuvent recevoir l'eau des avant-pièces et servir à alimenter les tables : mais, étant à un niveau plus bas, elles permettent également de les vider, soit complètement, soit en partie. On peut ainsi évacuer entièrement et rapidement les *eaux mères*, c'est-à-dire les eaux qui ont laissé déposer le chlorure de sodium et restent chargées de sels étrangers (voir plus haut la composition de l'eau marquant

35° Baumé) : la vidange complète de ces eaux mères est indispensable à la pureté du sel. Il est même possible, par un réglage convenable des martelières, de faire passer dans l'aiguille la couche superficielle de l'eau des tables : qu'une pluie vienne à tomber sur les tables en pleine récolte, l'eau douce plus légère reste à la surface ; si le vent n'est pas fort, le mélange avec l'eau saturée ne s'effectue pas ; on a le temps de faire partir presque complètement la couche d'eau douce sans perdre une portion notable des liquides qui sont sur le point de fournir du sel.

Le sol des tables doit être nivelé et préparé avec soin en vue du dépôt de sel qui s'y forme. Dans beaucoup de salins, il est aujourd'hui recouvert d'un tapis végétal formé par une algue particulière, le *microcoleus corium*, désignée plus ordinairement par les sauniers sous le nom de *feutre*. Les anciens propriétaires de marais salants avaient souvent vu le feutre se former spontanément sur certains points des tables ou des chauffoirs : mais c'est M. Dol de Martigues qui a songé le premier à le cultiver et à l'utiliser pour l'amélioration des tables. Son procédé est aujourd'hui employé dans plusieurs grands salins, notamment à Berre : il est également appliqué dans les salines de Sétubal (Portugal). La culture du feutre Dol exige certains soins, quand on veut arriver à un résultat satisfaisant.

La table qu'il s'agit de garnir est couverte d'eau faiblement salée : à Berre on emploie celle de l'étang dont le degré est seulement 1°,5. L'évaporation amène peu à peu l'eau jusqu'à 8 degrés, point qu'il ne faut pas dépasser. Le feutre commence à pousser et ses fibres, en s'entrelaçant, garnissent le fond de la table d'une couche très mince. On vide l'eau arrivée à 8 degrés et on laisse sécher un peu le feutre : puis on remet de l'eau à 1°,5 : une nouvelle couche de feutre se produit et recouvre la première. Après quatre ou cinq opérations de cette nature, on laisse sécher plus complètement, mais en ayant bien

soin que la dessiccation ne soit pas trop rapide : car le feutre pourrait se fendiller. On passe alors sur le fond de la table un rouleau en pierre calcaire très dure; après quoi on bat le sol à la pelle. Ces travaux ont pour but de donner au feutre plus d'homogénéité et d'en former un revêtement parfaitement continu. Toute cette série d'opérations, répétée trois ou quatre fois, donne dès la première année une couche de feutre ayant environ deux millimètres d'épaisseur.

Travaillé au rouleau et à la pelle, le feutre acquiert une ténacité remarquable que l'on peut comparer à celle du cuir. Celui d'une année persiste parfaitement jusqu'à l'année suivante : après plusieurs campagnes, les tables sont couvertes d'un revêtement épais, résistant, très propre et imperméable : le grand avantage du feutre sur les tables salantes est d'isoler le sel et de le séparer de la terre. Les sols mous et vaseux ont surtout besoin d'être feutrés : les argiles dures et compactes peuvent très bien s'en passer. Cependant le feutre y rendrait de grands services, si l'on pouvait l'obtenir absolument imperméable : car ces fonds argileux sont fréquemment criblés de trous dus aux piqûres des vers marins, ou *forets*, et acquièrent ainsi une grande perméabilité.

3° LA RÉCOLTE DU SEL.

Ouvriers du salin. — Le saunier. — Ses fonctions. — Le salin pendant l'hiver. — Bassins de réserve. — Travail du printemps. — Dépôt du sel. — Circulation de l'eau en sel. — Tables à alimentation indépendante. — Eau vierge. — Eau mère. — Méthode des coupages. — Ses avantages et ses inconvénients. — Disposition des tables en séries. — Du degré des eaux mères. — Excès de production saline dans le Midi. — Levage du sel. — Enjavelage. — Mise en camelles. — Portage du sel. — Procédés employés à Berre, à Giraud. — Frais de portage. — Époque de la récolte — Conservation du sel.

On emploie en général dans les salins trois classes d'ouvriers : 1° les *sauniers*, ouvriers spéciaux travaillant à

l'année : 2° les manœuvres employés aux travaux généraux et aux réparations : ils sont payés à la journée, mais occupés à peu près toute l'année ; 3° enfin les ouvriers spécialement embauchés pour la récolte du sel : ils viennent souvent de fort loin, sont payés à la tâche et retournent chez eux dès que la récolte est terminée, c'est-à-dire au bout d'un mois ou six semaines.

Un saunier suffit pour un salin de moins de vingt hectares : dans les exploitations plus importantes, il y a un chef saunier et un nombre de sous-sauniers qui augmente avec la superficie : il faut un sous-saunier pour 50 hectares, et 4 ou 5 pour 3 à 400 hectares.

Les sauniers doivent régler constamment la marche des eaux, d'après l'activité de l'évaporation, et de façon que, dans un compartiment déterminé, le degré de concentration de l'eau reste toujours sensiblement le même. Il faut à cet effet surveiller, non seulement la vitesse avec laquelle l'eau circule dans le salin, mais aussi l'épaisseur de la couche d'eau. Le saunier doit observer l'état de l'atmosphère, la force et la direction du vent; l'aréomètre de Baumé à la main, il va de tous côtés peser le degré des eaux. Pendant la nuit, il a soin d'arrêter la circulation de l'eau en fermant une partie des martelières: comme il n'y a plus alors d'évaporation, cette précaution est indispensable pour que les choses restent dans l'état. C'est encore le saunier qui dirige les manœuvres pour les réparations et les ouvriers pendant la récolte.

Dans presque tous les salins, le travail est suspendu depuis la fin de septembre jusqu'en février. Pendant tout ce temps, la totalité de la surface est cependant couverte d'eau, afin de préserver les différentes parties, et surtout les tables, des dégradations que la pluie leur ferait subir. Vers le mois de mars, on fait aux bordures des partènements et aux parois des tables les réparations nécessaires : puis on s'occupe d'avoir des eaux concentrées. Il n'est pas possible, en cette saison, d'avoir une évaporation assez

active pour produire la cristallisation du sel; mais on peut obtenir des eaux à un degré déjà suffisamment élevé et les recueillir dans des bassins de réserve.

Ceux-ci ne diffèrent des chauffoirs ordinaires que par une plus grande profondeur; ils sont précieux, au commencement de l'année pour emmagasiner les premières eaux évaporées, et à la fin de la campagne, pour recevoir les liquides contenus dans les différentes parties de l'exploitation et les conserver jusqu'à l'année suivante : dans les salins de Berre, on peut, grâce à leur emploi, travailler avec avantage des eaux faiblement salées et marquant seulement 1°,5 au lieu de 3°,5 que marque l'eau de mer.

Pendant cette première période du travail, on utilise pour la concentration toute la surface disponible et l'on couvre d'eau de mer non seulement les partènements, mais les tables elles-mêmes. Cependant on a soin de ne laisser l'eau sur ces dernières que jusqu'à 8 ou 10 degrés, et de l'évacuer alors sur les partènements intérieurs : on la remplace ensuite par de nouvelle eau de mer. Il faut éviter, en effet, qu'il ne se dépose du sulfate de chaux sur les tables, et cela arriverait nécessairement, si la concentration de l'eau devenait trop forte. Les tables se trouveraient alors recouvertes d'un dépôt de plâtre, qui nuirait beaucoup à la qualité du sel récolté dans la suite. C'est encore pendant cette période que le fond des tables se garnit de feutre soit spontanément, soit sous l'influence d'une culture plus ou moins soignée.

A partir du moment où les tables sont couvertes d'eau en sel, la circulation de l'eau dans toutes les parties du salin arrive à son régime normal : ce résultat est atteint dans les premiers jours de juin, si l'on dispose de bassins de réserve considérables; à la fin de juin seulement, lorsqu'on n'en a pas. Alors, pendant cinquante ou soixante jours, le sel se dépose, s'accumule sur le fond des tables et arrive à former une couche de 5 à 6 centimètres.

La circulation de l'eau en sel se fait de deux façons différentes sur les tables du salin. Celles-ci peuvent être disposées à la suite les unes des autres ou complètement indépendantes. Dans ce dernier cas, chaque table est directement alimentée par l'eau des avant-pièces et la conserve jusqu'à ce qu'elle arrive à l'état d'eau mère. La qualité du sel déposé est partout la même. Mais si les tables forment une série parcourue par l'eau, le sel qui se produit change de nature d'une table à l'autre : il se dépose, en effet, dans un liquide chargé d'une proportion de sels étrangers variable avec le rang que la table occupe dans la série.

Les tables à alimentation indépendante restent fermées : l'eau ne diminue qu'en vertu de l'évaporation et celle qui disparaît est remplacée par de *l'eau vierge* (eau arrivée au point de concentration convenable pour saliner, et qui n'a pas encore laissé déposer de sel) tirée des avant-pièces : mais comme le chlorure de sodium se dépose toujours seul, tandis que les autres sels, restent en dissolution, l'eau finit par arriver à un état où elle n'est plus propre à donner du sel pur : c'est alors *l'eau mère*, qu'il est nécessaire de faire écouler. L'enlèvement des eaux mères n'a lieu qu'à des intervalles assez éloignés : on les rejette ordinairement à la mer; quelquefois cependant on les conserve pour en tirer parti. Le mode de fonctionnement des tables indépendantes nous amène à parler d'une opération employée souvent par les sauniers, le *coupage* des eaux vierges avec les eaux mères. Celles-ci sont très chargées de chlorure de magnésium, sel dont la présence dans l'eau diminue notablement la solubilité du chlorure de sodium. Si donc on mêle des eaux vierges avec de l'eau mère très riche en chlorure de magnésium, celui-ci amène presque immédiatement le dépôt d'une certaine quantité de sel marin : tel est le but de ce mélange ou coupage. Il se produit de lui-même dans les salins à tables indépendantes, puisque les eaux qui ont déposé

du sel ne sont pas immédiatement enlevées, mais seulement *rafraîchies* par des additions successives d'eaux vierges : au moment même de l'alimentation, le coupage s'effectue et donne un dépôt de sel.

Le mélange se fait ici spontanément : les sauniers qui en ont reconnu les avantages l'ont alors fait entrer dans la pratique. Les eaux accumulées sur une table finissent par devenir tellement denses qu'il n'est plus posssible de les rafraîchir au moyen d'addition d'eaux neuves : au lieu de les rejeter à la mer, ils les recueillent et les conservent pour les mêler à des eaux vierges.

Le mode de fabrication adopté par la plupart des grands salins est caractérisé par le fractionnement des produits de la cristallisation, de manière à obtenir deux ou trois espèces de sel ayant des propriétés spéciales. Le sel type n° 1 est le plus pur; il se dépose dans des eaux marquant de 25 à 27 degrés : on produit le type n° 2 entre 27 et 29 degrés et le n° 3 entre 29 et 31 ou 32 degrés. L'emploi des coupages est complètement proscrit; car il ne permet pas d'obtenir le n° 1. En outre, les tables du salin, au lieu d'être indépendantes les unes des autres, sont disposées en séries ou *jeux*, dans lesquels s'établit une circulation continue d'eau en sel. La table placée en tête d'un jeu, nommée *pièce maîtresse*, est beaucoup plus grande que les autres : elle joue le rôle de réservoir destiné à assurer l'alimentation de toute la série. La marche des eaux est continue : l'eau vierge sortant des avant-pièces entre continuellement dans la pièce maîtresse; chaque table reçoit constamment de l'eau venant de la précédente et en envoie à la suivante; enfin l'eau mère sort continuellement de la dernière table du jeu. En ouvrant plus ou moins les vannes, on règle la circulation de l'eau de manière qu'arrivée à la sortie elle soit réellement de l'eau mère et ne puisse plus fournir de sel de bonne qualité.

Le degré auquel on évacue les eaux, le nombre et les

qualités de sels obtenus varient beaucoup d'un salin à l'autre. L'industrie salicole du Midi se trouve, en effet, dans des conditions assez extraordinaires, par suite de l'excès de sa puissance productive sur les débouchés commerciaux qu'elle possède : la plupart des grands salins sont obligés, non pas de développer, mais de restreindre leur production. A Peccais, on rejette les eaux à la mer, dès qu'elles marquent 27 degrés; à Giraud, on ne tire aucun parti du sel déposé entre 27 et 32 degrés; on fait cependant le travail pour avoir des eaux mères propres à l'extraction des sels de potasse ; à Rassuen, les eaux à 28 degrés sont jetées à la mer. On comprend dès lors qu'en présence d'un pareil excès de production possible, il n'y ait aucun intérêt à l'augmenter encore par des coupages ou autres méthodes qui donnent du sel d'un moins beau type. Les petits salins de la côte de Bouc le font seuls, parce qu'ils vendent leur sel aux pêcheurs et lui donnent par les coupages des propriétés recherchées pour la salaison du poisson.

Les conditions commerciales où se trouvent les marais salants du Midi, expliquent encore l'inégalité énorme que l'on observe dans leur rendement à l'hectare. A Peccais, par exemple, on ne récolte en moyenne que 16 à 17 tonnes par hectare; mais on rejette les eaux à 27 degrés. Il serait facile de tripler et même de quadrupler la production de ce salin, si l'on trouvait des débouchés pour la vente du sel, et d'arriver à 60 et même 100 tonnes par hectare, comme dans certaines petites exploitations.

Dans la plupart des salins du Midi, on ne fait qu'une seule récolte, un seul *levage* du sel. On laisse s'accumuler sur le fond de la table le produit total de l'évaporation de l'eau qui est amenée successivement. Pour lever le sel, on vide la table aussi complètement que possible. On laisse ensuite égoutter pendant deux ou trois jours, puis on enlève le sel avec des pelles plates en bois, dites *pelles à javeler*. Le tranchant de la pelle, muni d'un fer,

peut s'insérer très facilement entre la couche de sel et le fond de la table sans trop endommager celui-ci : le feutre, quand il y en a, résiste très bien à l'opération du levage. Comme ce travail exige beaucoup de soin, les ouvriers qui le font reçoivent leur salaire à la journée.

Le sel enlevé des tables par blocs est mis en tas ou *javelles :* chacune d'elles reçoit la récolte d'une surface de 100 mètres carrés, environ 5 à 6 quintaux. Après l'*enjavelage* ou *battage*, on laisse le sel s'égoutter pendant plusieurs jours encore, puis on l'enlève avec des paniers en nattes que les ouvriers portent sur la tête. On en fait ainsi de grands tas, appelés *camelles;* ils sont placés sur les *graviers*, sorte de larges chaussées disposées le long des tables. Le portage du sel des javelles jusqu'aux graviers est payé à la tâche.

Au salin de Berre, on transporte le sel des tables aux graviers au moyen d'un petit chemin de fer portatif, dont les rails se posent sur le sol des tables et viennent aboutir à la camelle en formation. A Giraud, dans la Camargue, le gravier est établi parallèlement au canal de navigation du Rhône, sur lequel s'enlèvent les produits. Chaque jeu ou série de douze tables est établi perpendiculairement au gravier : comme les tables ont plus de 60 mètres de côté, les ouvriers auraient environ 750 mètres à parcourir pour porter le sel de la douzième table au gravier. On évite ces frais de main-d'œuvre au moyen d'un système de canaux navigables. Un premier canal a été creusé parallèlement au gravier : il reçoit d'autres canaux perpendiculaires à sa direction, qui traversent toute l'épaisseur du salin et se reproduisent de 2 en 2 tables : chacune de celles-ci est donc desservie par un canal, soit à droite, soit à gauche ; des bateaux font circuler sur les canaux des caisses de 2 mètres cubes. Les ouvriers portent le sel aux bateaux ; ceux-ci l'amènent jusqu'au canal du gravier ; là des grues mobiles, mises en mouvement par une machine à vapeur, enlèvent les caisses et les vident

sur le gravier, de manière à former d'énormes camelles.

Les frais les plus considérables sont dus au portage du sel qui, sauf les exceptions que nous venons de citer, se fait à dos d'homme : il exige un nombreux personnel que l'on embauche à cet effet au moment de la récolte. Un bon ouvrier peut lever et mettre en javelles de 10 à 12 tonnes par jour; quant au porteur, il peut transporter 4 à 5 tonnes à une distance moyenne de 100 mètres : il faut donc pour un batteur environ 3 porteurs. Le travail de ces derniers est fort pénible. Exposés tout le jour à un soleil ardent, ils prolongent leur besogne fort avant dans la nuit et arrivent à gagner 8 à 10 francs par jour. Mais au bout de quelques semaines, ils sont complètement épuisés et ne pourraient recommencer une autre campagne.

Dans les Pyrénées-Orientales et dans l'Aude, le sel se recueille le plus souvent pendant les mois de juillet et d'août : exceptionnellement la récolte commence en juin et se continue en septembre pour les sels légers, dont on fait deux et même quelquefois trois récoltes dans une année. Dans l'Hérault, il n'y a qu'une récolte; elle commence à la fin de juillet et se continue en août. Dans tous les salins de la Compagnie des Salins du Midi, on lève vers le 25 ou le 30 juillet, de façon que la mise en javelles soit finie pour le 15 août, époque où surviennent de grosses pluies d'orage : le portage continue jusqu'au 1er septembre et la récolte est terminée en un mois. Elle se fait en 15 jours dans les petits salins, tandis qu'à Hyères, où l'on manque de bras, la récolte n'est achevée que fin septembre et dure ainsi deux mois. Dans les petits salins de Bouc, où l'on fabrique un sel léger et déliquescent, on lève deux fois par an et même cinq et six fois, si l'acheteur demande des sels très légers. On donne ce nom à des sels déposés en quelques jours sous forme de couches minces; ce sont des cristaux très petits qui n'ont pas eu le temps de grossir; ils se forment dans

une couche d'eau d'une faible épaisseur, 3 centimètres au plus.

Le sel récolté est conservé sur les graviers en énormes tas à base rectangulaire, terminés par une crête horizontale. Ces camelles restent à découvert pendant un temps plus ou moins long. Sous l'action de la pluie, le sel subit un déchet qui peut s'élever à 10 pour 100 pendant la première année et à 6 pour 100 environ pendant les suivantes. Une camelle, qui reste indéfiniment découverte, disparaît, dit-on, en douze ans. Le lavage à la pluie enlève au sel les parties les plus déliquescentes qu'il contient, et lui fait subir une sorte de raffinage ; aussi laisse-t-on toujours les camelles recevoir au moins les premières pluies d'automne. On les couvre ensuite avec des couvertures en joncs ou en roseaux, quelquefois en tuiles demi-cylindriques, comme dans le Var et les Bouches-du-Rhône. Cette opération se fait, en général, dans le courant de novembre, c'est-à-dire deux mois après la récolte : cependant certains sels légers ne se couvrent qu'en février ; dans quelques localités même, les camelles restent absolument découvertes.

CHAPITRE V

Les marais salants de l'Ouest

1° LES PALUDIERS.

Avantage des marées. — Principaux marais salants de l'Ouest. — Les anciennes salines d'Avranches. — Lavage du sable salé. — Paludiers et propriétaires. — Condition des paludiers. — Ses inconvénients. — Les marais de Guérande. — La ville de Guérande. — Le Bourg-de-Batz. — Les Bretons du Bourg-de-Batz. — Caractère des paludiers. — Le costume traditionnel des hommes et des femmes. — Situation actuelle des familles de paludiers. — Le colportage du sel. — La troque. — Suppression du privilège de la troque.

L'extraction du sel sur les côtes de l'Océan est favorisée par le phénomène des marées : l'eau de la mer peut à certains jours être recueillie et emmagasinée à une hauteur très supérieure au niveau moyen. Il est ensuite facile de la faire circuler d'elle-même dans les divers compartiments d'un marais salant : son propre poids suffit pour qu'elle descende de l'un à l'autre. Point de machines élévatoires de l'eau, comme dans les salins du Midi ; tel est le grand avantage des exploitations de l'Ouest. Malheureusement il est compensé, et bien au delà, par d'autres circonstances fâcheuses : la chaleur solaire n'a pas l'intensité qu'elle possède sur le littoral méditerranéen, et par conséquent l'évaporation est beaucoup plus lente : en outre, l'abondance des pluies sur les côtes de Bretagne, de Vendée ou des Charentes rend dans toutes ces localités la récolte du sel extrêmement précaire.

Les principales exploitations de sel sont les suivantes :

1° Dans le département de la Gironde, les marais de Certes et d'Audenge sur le bord septentrional du bassin

d'Arcachon; ceux du Verdon, de Soulac de Saint-Vivien et de Jau à l'embouchure de la Gironde.

2° Dans la Charente-Inférieure, les îles de Ré et d'Oleron ainsi que les côtes voisines contiennent de nombreux marais salants. Citons ceux de Saint-Pierre et d'Oleron, dans l'île de ce nom, ceux d'Arvert, de la Tremblade, de Marennes, de Brouage sur le littoral adjacent; enfin ceux d'Ars et de Saint-Martin dans l'île de Ré (fig. 25).

3° Dans la Vendée, on rencontre les exploitations des Sables-d'Olonne, de la Gachère et de Saint-Gilles qui forment un premier groupe. Plus haut, les marais de Beauvoir et de Bouin sont contigus avec ceux de Bourgneuf dans le département de la Loire-Inférieure, en face de l'île de Noirmoutier : cette dernière renferme également d'importants marais salants.

4° Outre ces exploitations situées à sa limite méridionale, la Loire-Inférieure contient les plus célèbres de toutes celles des côtes de l'Océan. Elles sont situées au nord de l'embouchure de la Loire et s'étendent jusqu'à celle de la Vilaine. Ce sont les marais salants de Saint-Nazaire, du Pouliguen, du Croisic, du Bourg-de-Batz, de Guérande, de Mesquer, de Saint-Molf et d'Assérac.

5° Le département du Morbihan contient les derniers marais salants de l'Océan. Ils sont situés sur la côte, au sud de Vannes, à Auray, Carnac, Saint-Colombier, Sarzeau, Séné, Ambon.

6° Les départements de la Manche et du Calvados contenaient autrefois quelques exploitations de sel situées sur les côtes de la Manche : elles ont été peu à peu abandonnées. Le sel y était d'ailleurs récolté d'une façon particulière, non par évaporation dans des marais salants, mais par lavage du sable salé. Cette méthode était déjà employée dans l'Avranchin, vers l'an 1600. Le sable mouillé d'eau de mer reste, quand celle-ci s'évapore, imprégné d'une certaine quantité de sel : on le récolte surtout en été et on *en fait* des tas que l'on abrite de la pluie. On

le lave ensuite à l'eau de mer dont la teneur en sel se trouve ainsi augmentée et portée à un degré assez élevé pour qu'on puisse, avec avantage, la soumettre à l'action du feu et l'évaporer par la chaleur artificielle. Les sels ainsi obtenus portaient le nom de *sels ignifères*[1].

L'exploitation des marais salants de l'Ouest se fait dans des conditions particulières. Le travail exige une certaine habileté qui s'acquiert par l'habitude : aussi est-il exécuté par une population spéciale de *paludiers* au nord de l'embouchure de la Loire, et de *sauniers* au midi de ce fleuve. Quant au régime du travail, il constitue presque toujours une sorte d'association entre le propriétaire et le paludier : ce dernier est un métayer ou colon partiaire qui reçoit pour prix de ses peines une portion convenue de la récolte ; il a droit en outre à rémunération pour certains travaux déterminés. Quelques paludiers sont en même temps propriétaires du marais : le plus souvent cependant, ils le cultivent pour le compte d'un ou de plusieurs propriétaires ; car les héritages sont excessivement morcelés dans ces pays, et le lot d'un propriétaire peut être insuffisant pour fournir du travail à toute une famille. En revanche le droit à la culture du marais se transmet de père en fils parmi les paludiers comme une véritable propriété : il faut des circonstances bien graves pour briser les attaches qui les retiennent au sol natal, et les forcer à changer de marais ou de profession.

Cette organisation ancienne n'est plus en rapport avec les nécessités de l'industrie actuelle, et présente un certain nombre de vices radicaux. Un marais appartient à plusieurs propriétaires ; s'entendront-ils lorsqu'il faudra faire des travaux ou des améliorations urgentes ? Comment un propriétaire qui ne possède peut-être pas un

[1] Les petites salines de la Manche jouissaient au point de vue de l'impôt de quelques privilèges : elles les ont conservés jusqu'à l'abandon de leur fabrication, à cause du peu d'importance de celle-ci.

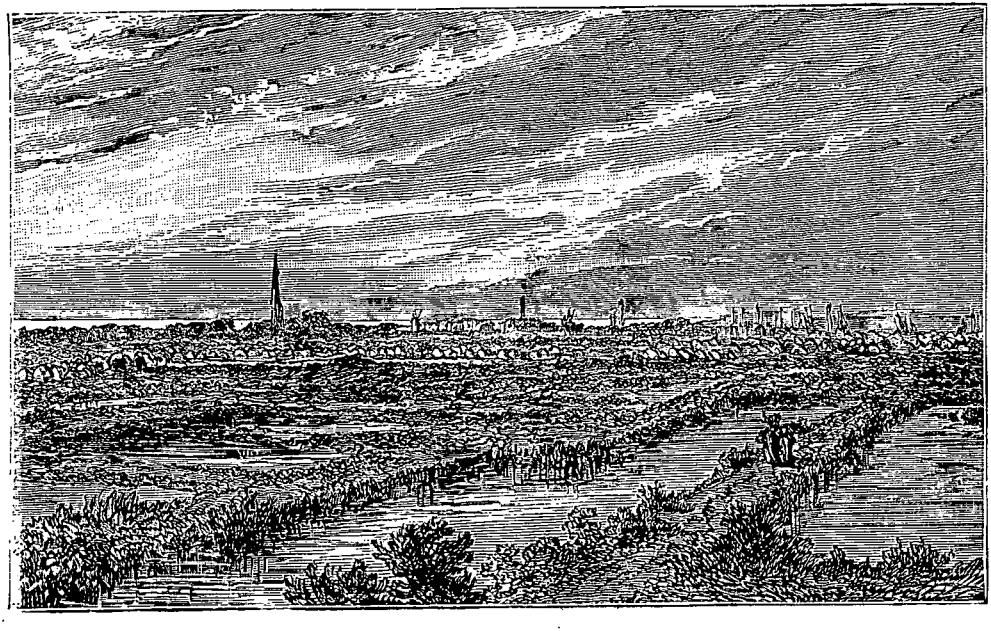


Fig. 25. Marais salants d'Ars dans l'île de Ré.

hectare entier, ira-t-il traiter avec les compagnies de chemins de fer pour le transport de ses produits ? S'agit-il de ventes, chacun des propriétaires et chacun des paludiers vend sa part, sans entente et sans accord préalable avec ses concurrents : le commerce qui y trouve son avantage entretient entre les détenteurs de sel une lutte de prix désastreuse pour eux.

L'un des groupes de marais salants les plus importants en étendue, le plus intéressant pour le voyageur ou le touriste, est celui qui est situé au pied du plateau de Guérande. Une ancienne chaîne d'îles, où sont bâtis le Croisic, le Bourg-de-Batz et le Pouliguen est, depuis près de quatre siècles, rattachée au continent par des terres basses. Les habitants les ont découpées en marais autrefois prospères, mais qui se changent aujourd'hui peu à peu en marais saumâtres : la figure 26 en montre la situation.

Centre commercial de tout le pays, la ville de Guérande le domine du haut du coteau sur lequel elle est bâtie. C'est une cité d'un autre âge, entourée de remparts à mâchicoulis flanqués de tours imposantes : elle communique avec le dehors par quatre portes où l'on aperçoit encore la trace des ponts-levis. Un manteau de lierre, de chèvrefeuille et d'autres plantes grimpantes recouvre la plus grande partie de ces murailles : des arbres gigantesques masquent la ville du côté de la plaine, de sorte que la vieille place de guerre des anciens temps féodaux n'apparaît plus que comme un nid de verdure. La principale de ces plantations d'arbres, nommée le *Mail*, forme une terrasse d'où l'on découvre toute la république des marais salants, les dunes envahissantes des sables d'Escoublac, l'oasis bas-bretonne du Bourg-de-Batz, le port du Croisic et, par-dessus ces aspects variés, l'horizon sans bornes de l'Océan[1].

[1] Joanne, *La Bretagne*. — Audiganne : *Revue des Deux Mondes*.

Descendons au cœur même de la population paludière, au Bourg-de-Batz, situé à égale distance entre le Croisic et le Pouliguen. Il était, comme ces dernières localités,

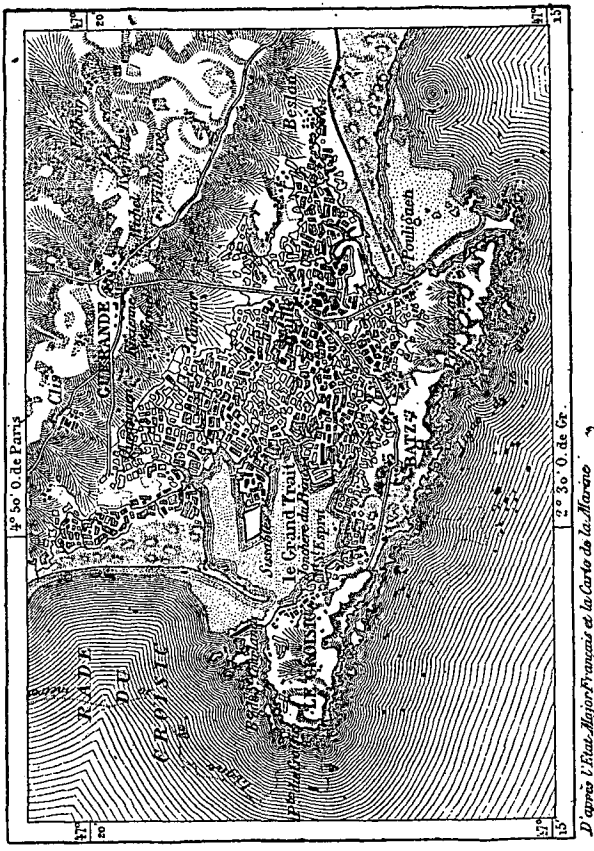


Fig. 26. Les marais salants des environs de Guérande.

primitivement situé dans une île ; le cartulaire de Redon, écrit au douzième siècle, s'exprime ainsi à propos d'une donation de salines : *In insula quæ vocatur Batz.* L'accu-

mulation des dépôts sablonneux a comblé en grande partie le bras de mer qui séparait Batz et Guérande et a réuni tout le pays. Édifié sur un fond de solides rochers, le Bourg-de-Batz montre de loin la haute tour de son église et les murailles ruinées d'une ancienne abbaye. La mer y est terrible en ses jours de furie, et l'on ne voit sur ses bords que rochers gigantesques aux formes capricieuses.

Les habitants de Batz prétendent ne pas appartenir à la même race que les populations bretonnes des villages environnants; ils se croient de souche saxonne ou scandinave : mais rien, dans l'aspect physique, la langue ou le costume des paludiers n'indique, au point de vue ethnographique, une ligne de séparation entre eux et leurs voisins du plateau de Guérande. Naguère il n'y avait pas d'exemple qu'un jeune homme ou une jeune fille de Batz se mariât avec un étranger : aussi tous les habitants du bourg sont cousins les uns des autres. Sur environ 3000 habitants, près de la moitié appartient à 7 ou 8 familles : une d'entre elles contient à elle seule plus de 500 membres. Aussi la confusion des noms est devenue telle qu'il a fallu pour se distinguer y substituer l'usage des sobriquets. Le danger que présentent les unions consanguines n'existerait donc point au Bourg-de-Batz, car la population se fait remarquer par une constitution vigoureuse. Les hommes sont grands et bien découplés; les femmes ont une fraîcheur de teint remarquable et y joignent une grande force : on peut voir les paludières, portant sur la tête dans les *gides* ou *geddes* une charge de sel de 25 à 30 kilogrammes, courir sur les bords du marais, les pieds nus, en courts jupons (fig. 27).

Le paludier aime son rude travail : il ne recule pas devant les grands coups de main, pourvu qu'ils soient interrompus par des repos plus ou moins longs, et les préfère à des efforts moindres, mais continus. Semblable au

pêcheur, il restera de longues heures assis au pâle soleil de l'hiver, sans se demander si le temps qu'il dépense ainsi stérilement ne pourrait pas être employé à un travail avantageux. Il peut se plaindre de l'insuffisance du salaire, jamais de la besogne elle-même et apporte à sa tâche héréditaire une fidélité qui devient de plus en plus

Fig. 27. Porteuses de sel.

rare ailleurs. Cependant la vie est dure et parcimonieuse : presque jamais il ne mange de viande ; le matin et le soir, une soupe maigre ; au milieu du jour, des pommes de terre auxquelles viennent s'ajouter la sardine et quelques coquillages vulgaires et invendables ; voilà son menu ordinaire. La situation déplorable de l'indus-

trie salicole dans l'Ouest et la ruine presque complète qui la menace actuellement, ont rendu même cette chétive alimentation de plus en plus précaire. Aussi la misère est-elle profonde au milieu de ces populations qui commencent à déserter le sol natal : il leur faut du reste un bien grand attachement au pays, un profond respect des traditions, et un culte religieux du passé pour avoir résisté si longtemps. Leurs qualités morales les ont soutenus puissamment : car tous les paludiers de Batz jouissent sous ce rapport d'une excellente réputation. « Une boule lancée dans les rues du village, dit un proverbe du pays, s'arrêtera toujours devant la porte d'un honnête homme! »

Jusque dans ces derniers temps, on pouvait considérer comme un signe visible de l'empire des mœurs la conservation du costume héréditaire. Aujourd'hui l'ancienne rigidité s'est affaiblie sous ce rapport : mais ce n'est pas au goût des populations qu'il faut s'en prendre; c'est à la difficulté des temps. Le costume du paludier du Bourg-de-Batz est coûteux : la gêne croissante dans les familles a dû nécessairement amener des modifications plus ou moins considérables. On le revêt généralement pour le jour des noces, et on le ménage ensuite soigneusement pour qu'il puisse servir toute la vie. Le costume de cérémonie d'un paludier comprend : un grand chapeau à larges bords garni de chenille de couleur et relevé d'une manière étrange en forme de pointe ou de corne; le jeune homme porte cette corne sur l'oreille, mais dès qu'il est marié, il la tourne par derrière et la dirige en avant, s'il devient veuf; une collerette de mousseline rabattue sur les épaules; plusieurs gilets de couleur différente et superposés par étage, de manière à laisser paraître les bandes de couleurs variées qui en garnissent les bords inférieurs; de vastes braies plissées, en toile fine, serrées au genou par des jarretières flottantes; des sandales d'un jaune pâle; enfin dans les cérémonies funè-

bres un grand manteau de drap noir coupé à l'espagnole. Pour le travail, il porte une blouse blanche, des culottes bouffantes et des guêtres de toile au lieu de bas de laine blanche (fig. 28).

Les femmes dans leur toilette d'apparat sacrifient souvent la grâce à la richesse. Elles ont une coiffe étroite rattachée sous le menton et formant une pointe derrière la tête; un corset rouge, avec de larges manches à revers,

Fig. 28. Paludiers en costume de travail.

et un plastron carré, vert, bleu ou broché en soie, recouvrent la poitrine; plusieurs jupes de drap à plis serrés sont superposées les unes sur les autres; une *livrée* ou ceinture, large ruban de soie souvent broché d'or ou d'argent se noue sur les hanches et sert à relever la jupe de dessus, que recouvre un ample tablier de soie violet, vert ou orange. Ce costume est complété par d'élégants bas de laine, rouges ou violets, à fourchettes de couleur et par des chaussures ressemblant à des mules de reli-

gieuse. Le jour des noces, la toilette de la mariée est enrichie d'une profusion de broderies d'or sur le plastron, la ceinture et la fourchette des bas.

Une des coutumes locales les plus anciennes consistait en de courtes pérégrinations commerciales faites dans un rayon de quinze à vingt lieues, et entreprises pour aller, de porte en porte, vendre le sel que l'on venait de récolter[1]. Les paludiers du Bourg-de-Batz semblaient posséder l'entente de ce négoce comme une sorte de don natal. Ils conduisaient devant eux leurs mules infatigables, qui faiblissaient au départ sous le poids d'une charge trop pesante d'abord, mais allégée à chaque station. Connaissant tous les chemins des campagnes, ils pénétraient jusqu'aux moindres hameaux, loin des sentiers battus. Le nombre des colporteurs de sel a notablement diminué aujourd'hui, et la zone parcourue par eux est devenue plus restreinte : il y a pour cela deux raisons. Depuis l'établissement des chemins de fer, le commerce à dos de mulet a vu s'affaiblir ses chances de succès; avec des habitudes et des moyens un peu primitifs, il n'a pu lutter contre le développement de la grande industrie. Mais le principal motif de la disparition du colportage du sel est la suppression d'un privilège consistant dans la franchise de droits pour le *sel de troque*.

Ce bénéfice a été accordé jusqu'au 1er janvier 1865 aux sauniers et paludiers des bords de l'Océan, depuis la rive droite de la Loire jusqu'à l'extrémité du département du Morbihan. Il remonte à une époque fort ancienne et bien antérieure aux lettres patentes du 12 janvier 1644, qui l'ont spécialement confirmé pour les paludiers de la ville du Croisic et de la paroisse de Batz. Il consistait dans le droit qui leur était accordé d'échanger (*troquer*), avec franchise d'impôt, une certaine quantité de sel proportionnée au nombre des membres de la famille, contre une

[1] Voir plus loin; le sel en Afrique : La caravane du sel.

quantité correspondante de grains qu'ils devaient rapporter dans le pays. La valeur de ce privilège était d'autant plus grande que l'impôt sur le sel était lui-même plus élevé. Il avait pour but de permettre aux habitants de cette portion de la Bretagne de s'approvisionner des céréales qui leur manquaient dans ce temps-là. A certaines époques de l'année, on voyait partir des marais salants de longues caravanes de mules chargées de sel, qui se dirigeaient vers Nantes ou les pays voisins, et revenaient ensuite avec une provision de blé.

La suppression de l'impôt du sel en 1791 entraîna comme conséquence la disparition du privilège de la troque : mais celui-ci ne fut pas rétabli en 1806 en même temps que l'impôt. Le décret de cette époque se borna à accorder aux paludiers, qui voudraient vendre dans l'intérieur les sels de leur récolte, la faveur de n'acquitter, moyennant caution préalable, les droits qu'au retour.

Le gouvernement de la Restauration, en 1814, octroya en outre aux paludiers une remise de droits de 10 pour 100 sur tous les sels expédiés à destination de la troque[1] : puis, en 1827, il rétablit expressément l'ancien privilège en faveur des communes de la côte de Bretagne. Aux termes de cette ordonnance, chaque saunier ou paludier avait le droit d'exporter en franchise, hors du rayon des douanes, autant de fois 100 kilogrammes de sel que sa famille comptait d'individus de tout âge et de tout sexe, à la charge de rapporter dans le pays une quantité de grains proportionnée[2]. Décidée en principe, en 1840, l'abolition de la troque fut ajournée jusqu'au 1er janvier

[1] Il existait, en 1817, plus de 9000 troqueurs jouissant de cette remise exceptionnelle de 10 pour 100 et de la faculté de crédit accordée en 1806, faculté qui exposait le trésor à des pertes considérables. Le commerce du sel à la troque portait sur plus de 2 millions de kilogrammes.

[2] Le nombre des personnes profitant de cette immunité était d'environ 10 000 en 1832 : ce qui représentait pour le trésor un sacrifice de 300 000 francs : il se réduirait aujourd'hui à 100 000 francs.

1856, sous la condition d'une réduction annuelle de un dixième dans les franchises accordées à partir de cette date. Réduites ainsi de 10 kilogrammes chaque année, les allocations du sel de troque ont donc complètement cessé le 1er janvier 1865.

On comprend que, depuis cette époque, les populations salicoles de l'Ouest n'ont cessé de solliciter le rétablissement de l'ancien privilège; et même elles demandaient que la franchise fût portée à 300 kilogrammes par individu. L'impôt ayant été réduit au tiers de ce qu'il était primitivement et abaissé de 30 francs à 10 francs les 100 kilogrammes, le bénéfice que l'on retirait de la troque se trouvait réduit dans la même proportion pour la vente d'une même quantité de sel. Ce serait, disait-on, un encouragement pour une industrie intéressante, un remède à l'abandon des marais, enfin un soulagement à la détresse des paludiers.

2° LE MARAIS SALANT ET L'EXTRACTION DU SEL.

Marais de la Charente. — Chenal. — Jas. — Conches. — Champ salant. — Aires. — Marais de la rive droite de la Loire. — Étier, vasière, cobier, fares, adernes, œillets. — Leurs dimensions. — Travail des paludiers. — Préparation du marais. — Nettoyage des œillets. — Concentration de l'eau et épaisseur de la couche liquide aux différents points du marais. — Récolte du sel. — Échaudement des œillets. — Examen du procédé de fabrication employé dans l'Ouest. — Nécessité d'une cristallisation rapide du sel. — Influence des pluies. — Adresse des paludiers dans le tirage du sel. — Mise en mulons. — Durée de la saunaison. — Conservation du sel. — Sel fin. — Nombre des œillets par hectare de marais. — Production annuelle.

La disposition générale des marais salants est à peu près la même sur toute la côte de l'Océan : mais les dénominations données aux différentes parties changent graduellement à mesure que l'on parcourt la côte du Nord vers le Sud. Ainsi dans les marais de Ré, une partie des noms est commune avec Marennes, une autre avec Guérande.

Les marais de la Charente sont construits sur d'anciens lais de mer : ils sont formés d'excavations séparées les unes des autres par des massifs de terre affectés à la culture et auxquels on donne le nom de *bosses*. Leur forme est variable, les hommes n'ayant fait qu'agrandir et régulariser un peu les bassins creusés par la mer. Tout marais salant est protégé contre l'invasion du flot par une digue, percée en général de plusieurs ouvertures en maçonnerie. Chacune d'elles est munie d'une porte qu'on élève ou qu'on abaisse pour régulariser l'alimentation en eau de mer. Les digues sont bordées de terrains incultes, couverts par les eaux lors des grandes marées, et où l'on établit souvent des réservoirs à huîtres.

Les parties constitutives d'un marais salant, à Marennes, sont les suivantes :

1° Le *chenal*, canal généralement navigable, qui sert à l'introduction de l'eau et d'où partent d'autres canaux plus petits.

2° Un réservoir ou *jas*, placé à un niveau assez élevé. Il n'est accessible à la mer que lors des grandes marées, aux pleines lunes et aux nouvelles lunes. Il joue à la fois le rôle de bassin d'évaporation, et celui de réservoir destiné à alimenter toutes les pièces de la saline dans l'intervalle de deux grandes marées.

3° Les *conches*, placées plus bas que le jas et formées d'une série de compartiments séparés les uns des autres par des bourrelets de terre. Une pente soigneusement ménagée permet à l'eau de parcourir les divers compartiments. On amène celle-ci du jas dans les conches au moyen d'un tronc d'arbre, percé d'une ouverture circulaire de 10 à 12 centimètres et appelé *couët* (*coëf* en Vendée).

4° Le *champ salant*, dont la surface est partagée, par des levées de terre, en compartiments désignés sous les noms de *mort*, *tables*, *muant*, *aires*. L'eau passe successivement de l'un à l'autre, en commençant par le mort,

jusqu'à ce qu'elle arrive aux aires où la cristallisation se produit : ce sont les plus petits de tous les compartiments. Ils sont séparés les uns des autres par des planches percées de trous garnis de chevilles. Cette disposition permet de faire varier la quantité d'eau en débouchant un plus ou moins grand nombre de trous et d'obtenir de l'eau à diverses densités suivant qu'on ôte les chevilles du bas ou celles du haut. Une pente insensible assure le cheminement de l'eau dans toutes les parties du champ salant.

5° Le *ruisson*, canal qui sert à vider le marais et à faire évacuer les eaux résiduelles.

L'importance de ces marais salants s'évalue au moyen d'une unité particulière, la *livre*, comprenant 20 aires et leurs dépendances. L'étendue de terrains, parties mouillées et bosses, qui correspond à une livre de marais salant, est excessivement variable parce que, d'un point à un autre, le rapport des bosses aux portions mouillées change beaucoup : elle est comprise entre 55 ares et un hectare.

La dimension des aires est telle que le saunier puisse toujours avec le *rouable* (instrument formé d'une planche de 1 mètre adaptée perpendiculairement à un long manche), atteindre toutes les parties de la surface. A Marennes, les aires sont des carrés de 6 mètres de côté; à l'île de Ré, elles ont de 5 à 6 mètres de largeur sur 6 à 7 mètres de longueur; aux Sables-d'Olonne de 6 à 7 mètres de côté; à Saint-Gilles, de 4 à 5 mètres; dans la Gironde, 5 mètres sur 6; à Beauvoir, $6^{m},66$ sur 8 mètres (20 pieds, ancienne mesure, sur 24).

Dans les marais salants de la rive droite de la Loire, au Bourg-de-Batz (fig. 29), à Guérande et dans les environs, l'eau arrive par un canal ou *étier*, dans un grand réservoir qui porte le nom de *vasière*. De la vasière, elle passe dans un deuxième grand bassin appelé *cobier*, puis dans une série de compartiments, en général rectangulaires, que

l'on désigne sous les noms de *fares* et d'*adernes*; elle arrive enfin dans les cristallisoirs ou *œillets*. En cheminant ainsi, l'eau se concentre de plus en plus et atteint la saturation dans les œillets, où le sel se dépose.

C'est, comme l'on voit, une disposition analogue à celle usitée au midi de la Loire. On trouve tout d'abord de grands réservoirs, le jas et les conches, ou bien la vasière et le cobier; vient ensuite la saline proprement dite avec ses morts, ses tables et ses aires au midi de la Loire, ses fares, ses adernes et ses œillets au nord du fleuve.

La figure 30 représente le plan général d'un marais salant dont la figure 29 donne une vue d'ensemble. Les flèches indiquent la circulation de l'eau, et les numéros successifs les portions qu'elle parcourt les unes après les autres. La vasière n'est pas représentée : 1 est un tuyau ou *cuy*, formé d'un tronc d'arbre percé longitudinalement, qui amène l'eau de la vasière dans le cobier. 2 une communication analogue. 3 permet à l'eau du cobier de pénétrer dans la saline proprement dite : elle parcourt d'abord les fares 4, 5 et les adernes 6, 7 pour arriver finalement aux œillets 8, 9.

La vasière est à un niveau assez élevé pour que le cheminement des eaux se fasse par une pente naturelle jusqu'aux œillets inclusivement. Ne recevant l'eau de la mer qu'aux marais des syzygies, elle doit être assez vaste pour alimenter la saline pendant 15 jours au moins; mais, par prudence, elle est ordinairement capable de contenir un approvisionnement d'un mois. Pendant ce temps, l'eau qu'elle renferme se concentre et peut s'élever de 3 degrés ou 3°,5 (aréomètre Baumé) jusqu'à 5 ou 6 degrés. C'est donc déjà un véritable chauffoir; aussi l'épaisseur d'eau doit-elle y être faible, 20 à 30 centimètres à peu près, sans dépasser jamais 1 mètre.

Le cobier, bassin de forme irrégulière et de dimensions très variables, est un second chauffoir qui ne reçoit, lui

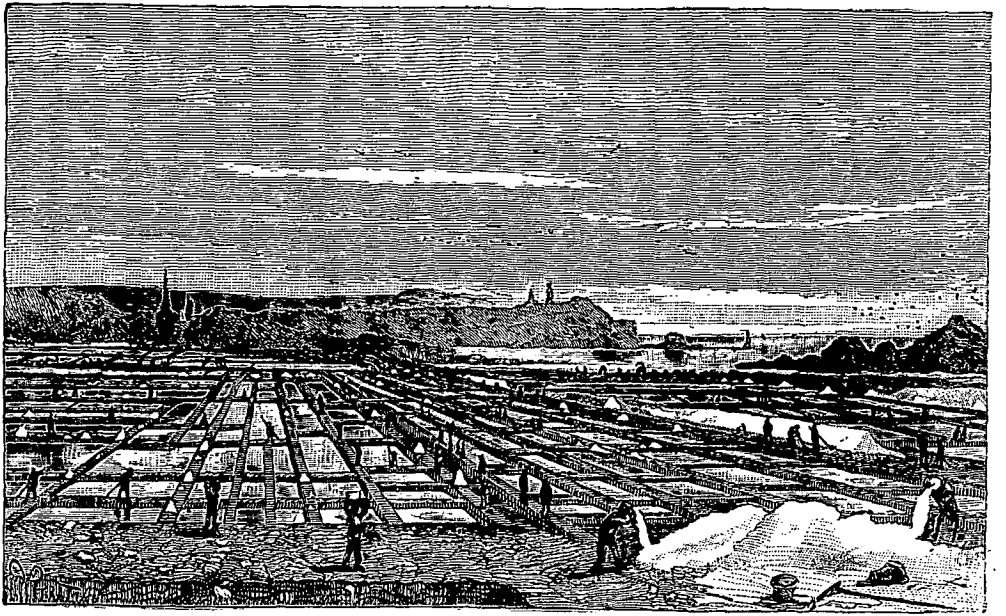


Fig. 29. Marais salant. (Vue générale.)

aussi, que l'épaisseur d'eau la plus petite possible. Dans quelques marais, il est divisé en compartiments.

Les autres bassins ont la forme rectangulaire et sont séparés entre eux par de petites digues appelées *ponts*. Elles servent au travail des paludiers et au transport du

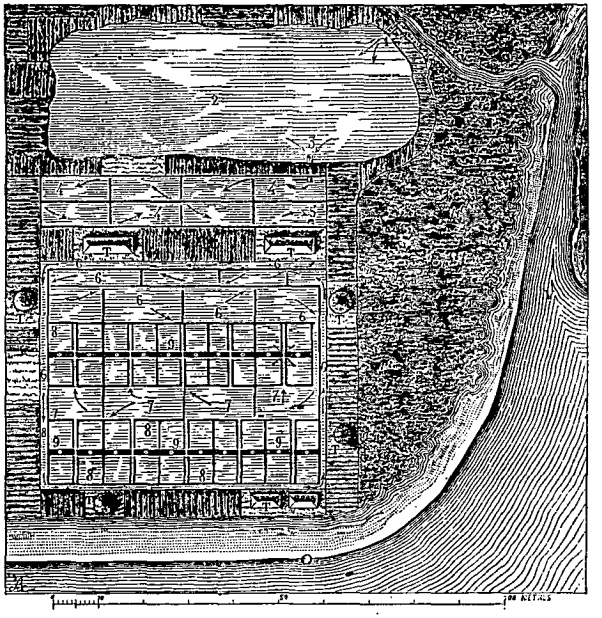


Fig. 30. Plan d'un marais salant de l'Ouest.

sel. Les communications entre les fares et entre les adernes sont percées en diagonale, de manière que l'eau parcourt la plus grande étendue possible. Au milieu du pont, sur les côtés des œillets, se trouvent ménagées de petites plates-formes circulaires, appelées *ladures*, sur lesquelles on rassemble le sel cristallisé dans chaque œillet. Dans

la région de Guérande, les œillets ont 32 pieds sur 22, soit $10^{m},67$ sur $7^{m},33$; dans le Morbihan, ils sont plus petits et n'ont que 6 mètres sur $7^{m},33$ ou 18 pieds sur 22. L'eau pénètre dans les œillets par de petits trous percés dans des plaques d'ardoise qui sont implantées dans les ponts. En débouchant tantôt un trou, tantôt l'autre, on règle l'épaisseur de l'eau sur l'œillet.

Pendant l'hiver, les marais salants sont abandonnés à eux-mêmes : l'eau de mer mélangée d'eau de pluie recouvre toutes les petites digues qui séparent les compartiments de la saline. Aussi se détériorent-elles beaucoup sous l'action de la gelée. En mars et avril, le paludier nettoie la vasière : c'est un travail pénible, à cause de la rigueur de la saison. Vers le 15 avril, on vide la saline en ouvrant à marée basse le cuy de décharge : on met ainsi à sec tous les compartiments, sauf les œillets. Ceux-ci placés à la plus grande profondeur restent ordinairement couverts d'eau sur une épaisseur de 10 à 15 centimètres, bien supérieure à celle de l'eau salée qui s'y trouve pendant la production du sel.

On nettoie alors les divers compartiments, cobier, fares, adernes, et l'on refait toutes les petites digues endommagées par l'hiver. En même temps, le paludier a rempli la vasière dès que son curage a été terminé : il fait ensuite marcher l'eau progressivement, à mesure que les réparations avancent, et arrive à couvrir toute la saline, à l'exception des œillets, d'une mince couche de liquide. Il s'étudie à mettre partout une épaisseur d'eau aussi faible que possible et cherche seulement à bien couvrir les surfaces, de manière à les utiliser très complètement pour l'évaporation. Si elle marche vite, si *le temps est fort*, il met un peu plus d'eau : mais comme la surface du fond est toujours très imparfaitement nivelée, la couche d'eau sur les points les plus élevés n'a guère plus de 2 ou 3 centimètres.

Pendant ce temps, on procède au nettoyage des œillets : en général, ils ne peuvent être vidés d'une façon complète; c'est de l'évaporation seule qu'on attend leur assèchement. On tient du reste à ce qu'ils ne soient jamais complètement à sec, pour que leur fond, formé d'une vase argileuse, ne se crevasse pas. Quand, par suite de l'évaporation, le paludier voit un peu de sel paraître, il enlève avec un râble la vase trop délayée et jette, par-dessus le pont, le mélange de vase et de sel dans un fare voisin. La vase se dépose : le sel se dissout rapidement et rentre dans la circulation des eaux; seulement cette vase est fortement imprégnée des eaux mères de la campagne précédente; les sels déliquescents qu'elle contient sont ramenés dans les fares et rentrent presque immédiatement dans les œillets.

Dès que ceux-ci ont été nettoyés et que leur fond a été lissé à la pelle, on y introduit l'eau des adernes sans s'inquiéter de son degré de concentration. L'emploi de l'aréomètre est absolument inconnu de la plupart des paludiers. C'est par le toucher et le goût qu'ils apprécient la qualité de l'eau.

Pendant la marche normale des opérations, l'eau sort de la vasière à 4, 5 ou 6 degrés; elle atteint dans le cobier 7 ou 8 degrés, se concentre dans les fares et marque lors de l'arrivée dans les adernes de 16 à 18 degrés. Comme elle passe directement des adernes dans les cristallisoirs, l'introduction dans ceux-ci a donc lieu à 18 degrés environ : on obtient quelquefois 20 degrés aux adernes, mais seulement après une période prolongée de beau temps.

Le point que le paludier surveille avec le plus de soin est l'épaisseur de l'eau dans les diverses parties de la saline. Elle diminue peu à peu dans la série des fares, à mesure qu'on s'approche des adernes : mais dans ces derniers elle est toujours un peu plus considérable, et on y maintient de 4 à 5 centimètres d'eau pour assurer

l'alimentation des œillets. Quant à ceux-ci, on n'y met jamais qu'une couche de liquide excessivement faible. Le fond des œillets n'est pas plan; il est légèrement bombé vers le centre : sur le pourtour l'épaisseur d'eau peut être de 1 ou 2 centimètres, au moment où l'on vient de regarnir l'œillet; mais au centre elle ne dépasse guère quelques millimètres. A Guérande, par un temps très fort, on va jusqu'à 5 ou 6 millimètres au centre de l'œillet; le plus ordinairement, l'épaisseur d'eau à cet endroit est d'environ deux millimètres : dans le Morbihan, le centre de l'œillet n'est souvent recouvert que par un millimètre d'eau.

Le procédé de récolte constitue le point capital de la fabrication du sel dans l'Ouest : c'est par là qu'elle se distingue essentiellement de celle du Midi. Tandis que, dans les salins de la Méditerranée, on ne fait qu'une seule récolte par an, les paludiers de l'Ouest font un grand nombre de petites récoltes très rapprochées les unes des autres. A Marennes, on tire le sel tous les trois jours en juillet, tous les quatre ou cinq jours en août, et une fois chaque semaine, si le temps permet de continuer la saunaison en septembre : à Saint-Gilles, dans la Vendée, la récolte se fait tous les trois jours : aux Sables-d'Olonne et à Noirmoutier, le sel est tiré chaque jour : dans les salines de Guérande, la récolte a généralement lieu tous les deux jours, tandis qu'elle se fait chaque jour à Mesquer et dans presque tout le Morbihan. Du reste, quand on ne tire le sel que tous les deux jours, on introduit cependant une nouvelle provision d'eau dans l'œillet au bout de 24 heures. C'est vers le soir que se fait cette addition d'eau neuve, destinée, disent les paludiers, à faire grossir le grain du sel. Comme l'eau de l'aderne ne marque que 16 à 18 degrés et n'est jamais saturée, le menu sel qui s'était formé se redissout dans l'eau neuve ; mais le lendemain le sel cristallise plus abondamment et en plus gros cristaux, de sorte que dans

l'après-midi on peut procéder au tirage : quand il est terminé, on fait arriver dans l'œillet une nouvelle quantité d'eau venant de l'aderne, et on l'ajoute à l'eau mère qui reste.

On continue ainsi chaque jour pendant un temps aussi long que possible. Il arrive cependant un moment où la cristallisation ne s'opère plus que très difficilement ; l'eau devient visqueuse, le sel beaucoup plus menu ; enfin la production finit par s'arrêter complètement : les paludiers disent que l'œillet est *échaudé*. Cet échaudement des œillets est dû à la conservation indéfinie des eaux mères : les sels déliquescents (chlorure de magnésium, etc.) contenus dans l'eau introduite à chaque opération s'accumulent sans cesse et finissent par fournir une eau magnésienne très dense (33 à 35 degrés Baumé) qui ne peut plus donner de sel. Lorsqu'elle remplit l'œillet, la production du sel cesse d'une façon absolue : le seul remède consiste à vider complètement l'œillet, opération que la disposition des lieux permet rarement ou rend au moins très difficile.

Les traits caractéristiques de la fabrication de l'Ouest sont donc : la conservation presque indéfinie des eaux mères, l'excessive minceur de la couche d'eau contenue dans les cristallisoirs et, comme conséquence, l'enlèvement du sel à des intervalles très rapprochés. Examinons rapidement les raisons et les inconvénients de cette manière d'opérer.

L'eau des œillets n'est pas évacuée après la cristallisation ; on se borne à la rafraîchir avec de l'eau neuve. Aussi est-elle au bout de quelque temps fort chargée de sels déliquescents et particulièrement de chlorure de magnésium. Le paludier de l'Ouest opère en réalité par la méthode des coupages : nous avons vu précédemment (page 86) que la cristallisation est alors plus rapide, mais que le sel obtenu est plus déliquescent et de moins bonne qualité. La grande minceur de la couche d'eau

exagère encore ces défauts : sous une épaisseur de quelques millimètres, le liquide se concentre très vite ; par un beau temps, il peut en quelques heures passer de 18 à 30 ou même 35 degrés de l'aréomètre Baumé. C'est presque une évaporation à sec : aussi, avant de tirer le sel, est-on obligé d'introduire un peu d'eau venant de l'aderne pour laver les cristaux. Il est donc certain que ceux-ci prennent naissance dans une sorte d'eau mère fort chargée de sels magnésiens, et qu'on les lave avec un liquide contenant ces mêmes composés : en outre, le grain du sel est assez fin, parce qu'il s'est formé rapidement ; et par conséquent, la quantité d'eau qui le mouille et reste à sa surface au moment du tirage, est relativement plus grande. Ajoutons enfin qu'avec une épaisseur d'eau de quelques millimètres il est nécessaire de récolter le sel dès qu'il est formé. Les pluies sont fréquentes dans l'Ouest, et la moindre d'entre elles redissoudrait une couche de sel recouverte seulement d'une faible quantité de liquide.

Tout se tient dans ce procédé que la routine des paludiers conserve scrupuleusement : on n'y pourrait rien changer sans le modifier complètement. Pourquoi donc opère-t-on avec une épaisseur d'eau si faible dans les cristallisoirs, qu'il est impossible d'évacuer les eaux mères et qu'il faut récolter presque chaque jour ? Uniquement parce qu'on veut marcher le plus vite possible ; on a hâte d'enlever le sel des eaux déjà concentrées avant que la première pluie vienne les affaiblir. C'est dans le même but que l'on conserve les eaux mères : leur mélange avec les eaux neuves accélère le dépôt du sel contenu dans ces dernières. Dans un climat plus chaud, où l'évapration est très active et où l'on peut compter sur une longue suite de jours sans pluie, il est permis de recouvrir les tables salantes d'une épaisse couche d'eau saturée de sel et de laisser celui-ci s'accumuler sur les tables : c'est ainsi qu'on opère dans le Midi de la

France[1]. Il n'en est pas de même dans l'Ouest : les pluies y sont fréquentes, l'évaporation beaucoup plus lente. Aussi faut-il reconnaître que les paludiers sont arrivés, par une pratique de plusieurs siècles, à employer un procédé en rapport direct avec le climat du pays où ils opèrent. Placés dans des conditions d'infériorité évidente pour la production, ils n'obtiennent qu'un produit inférieur en quantité et en qualité à celui que l'on peut avoir dans des régions plus favorisées.

Leur adresse se montre d ailleurs dans l'opération qui consiste à tirer le sel déposé dans les œillets. Si l'on voulait le rassembler en raclant le fond de l'œillet avec un râble, on tirerait certainement plus de vase que de sel. Il faut recueillir les cristaux en effleurant à peine la vase qui les supporte, de façon que le sel n'en soit pas souillé. Le paludier commence par introduire une petite quantité d'eau prise dans l'aderne de manière à recouvrir tous les granis sans dépasser une épaisseur de quelques millimètres au centre. Armé d'un râble dont le manche a quelquefois cinq mètres de longueur, il rassemble le sel

[1] Des expériences faites en vue de comparer les quantités d'eau tombée sous forme de pluie, ou bien évaporée par l'action solaire, dans l'Ouest et dans le Midi, ont donné les résultats suivants :

LOCALITÉS	PLUIE ANNUELLE	EAU ÉVAPORÉE ANNUELLEMENT	RAPPORT DE L'EAU ÉVAPORÉE A LA PLUIE TOMBÉE
La Rochelle. . . .	0m,656	0m,628	0,95
Marseille	0 ,512	2 ,289	4,47

Ainsi, à la Rochelle, l'évaporation n'est pas assez active pour faire disparaître la totalité de l'eau tombée chaque année; tandis qu'à Marseille la quantité qui peut s'évaporer est 4 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que la quantité de pluie reçue par le sol.

vers l'une des ladures en choisissant celle vers laquelle le vent chasse l'eau. Pour cela, il pousse l'eau avec son râble, en l'effleurant légèrement : le bourrelet d'eau qui marche devant le râble, soulève et entraîne le sel, qui se réunit vers le point désiré sans avoir été touché directement par l'instrument. Il faut une extrême légèreté de main pour faire ce travail : pour peu qu'on touche le fond, la vase est soulevée et le sel devient malpropre. Malgré tout le soin qu'on y met, le sel rassemblé est encore sali par la terre ; aussi faut-il laisser l'eau s'éclaircir, avant de tirer le sel sur la ladure au moyen de râbles plus petits. On le laisse alors s'égoutter toute la nuit, puis on le porte sur les digues, où on l'accumule en tas ou *mulons*.

Pour le transport du sel des œillets aux mulons, toute la famille du paludier est mise en réquisition. Ce transport se fait dans des sacs contenant de 30 à 50 kilogrammes : les petits enfants tiennent le sac ouvert pendant que le frère ou la sœur y charge le sel : les plus forts portent le sac au mulon. D'autres fois, le paludier prend à son service des porteuses qui viennent chaque matin enlever le sel, et le transportent au mulon dans des paniers placés sur leur tête (fig. 27).

On ne commence ordinairement à tirer du sel que vers la fin de juin, et la saunaison se termine vers le 1er septembre ; dans quelques années exceptionnelles, on peut la prolonger jusqu'au 15. Pendant cette campagne il est rare d'avoir quinze jours de beau temps non interrompu : d'ailleurs quinze jours de très beau temps sans pluie suffisent déjà pour donner une excellente récolte. Le plus souvent, les variations atmosphériques apportent dans le travail de continuelles perturbations. Tantôt le paludier récolte au bout de 24 heures, parce que le temps menace de se mettre à la pluie ; tantôt il doit se lever la nuit et porter rapidement le sel au mulon, parce qu'une averse imminente pourrait le détruire.

Quand on regarde la récolte comme terminée, on couvre les mulons d'une couche de terre argileuse ayant 8 à 10 centimètres d'épaisseur. Ordinairement le sel a reçu plusieurs pluies avant d'être couvert : il subit en outre, malgré sa couverture, un déchet considérable, surtout pendant l'hiver qui suit sa fabrication. Il perd environ 10 pour 100 pendant les 6 premiers mois et 5 pour 100 pendant l'année qui suit. Ce déchet, à peu près de 15 pour 100, améliore la qualité du sel, qui perd ainsi la plus grande partie des sels déliquescents qu'il contenait. Dans les marais salants de la Charente-Inférieure les couvertures sont en général faites en chaume : à l'île de Ré, on diminue leur perméabilité en y mélangeant de la terre glaise.

Outre le sel ordinaire, les paludiers fabriquent aussi un sel blanc fin destiné à la table. Ce sont tout simplement les cristaux menus qui se forment à la surface de l'eau et y restent suspendus : lorsqu'il fait du vent, cette croûte est brisée au moment de sa formation et ne peut être recueillie. Le sel blanc se développe au contraire abondamment lorsque le beau temps et la récolte se prolongent, et que les eaux devenues très denses sont chargées de sels déliquescents. On le récolte en écrémant, pour ainsi dire, la surface de l'œillet au moyen d'une pelle en bois très mince. Comme ce sel est très déliquescent, il n'est l'objet d'aucun commerce ; aussi se borne-t-on à en recueillir quelques kilogrammes.

Nous donnerons, pour terminer, quelques renseignements statistiques sur les exploitations dans l'Ouest.

La plupart des salines n'ont que 40 à 50 œillets ; un très grand nombre n'en ont pas plus de 8 ou 10. Un paludier avec sa femme et un enfant de 12 à 14 ans peut cultiver 50 œillets : il lui faut, en outre, deux porteuses. Quant à la production annuelle, elle est des plus variables : l'amplitude des variations dans les récoltes augmente à mesure qu'on considère des climats plus septentrionaux.

Dans le Morbihan, il n'y a pour ainsi dire plus de minimum et la récolte peut devenir absolument nulle.

L'importance de la récolte moyenne est à peu près la suivante :

		Tonnes par hectare de marais.
Morbihan		7 à 8
Loire-Inférieure	Rive droite	25
	Rive gauche	22 à 24
Vendée	Les Sables, St-Gilles	15
	Beauvoir	30
	Noirmoutier	18
Charente-Inférieure	Marennes	7 à 11
	Oleron	10
	Ré	12

La production moyenne totale est environ :

Morbihan	7000	tonnes
Loire-Inférieure	55000	»
Vendée et Charente-Inférieure	140000	»

Quant aux écarts entre la production des bonnes années, celle des mauvaises et la production moyenne représentée par 100, les nombres suivants en donnent une idée :

DÉPARTEMENTS	RÉCOLTE MOYENNE	RÉCOLTE MAXIMUM	RÉCOLTE MINIMUM
Morbihan	100	186	2
Loire-Inférieure	100	156	15
Vendée et Charente-Inférieure	100	200	50

CHAPITRE VI

Les salines de l'Est

1° GISEMENTS DU SEL GEMME EN FRANCE.

Salines de Franche-Comté. — Salines de Lorraine. — Le syndicat des salines. — Ses avantages pour les producteurs. — Exemple à imiter par les paludiers de l'Ouest. — Situation géologique des bancs de sel de l'Est. — Sondage fait à Montmorot.

Le sel gemme ne se rencontre en France que sur deux points fort éloignés l'un de l'autre : 1° dans l'Est, où il constitue des gisements d'une très grande importance par leur richesse et leur étendue; 2° dans le département des Basses-Pyrénées, où ne sont que de petites exploitations.

Nous nous occuperons d'abord des grands dépôts de l'Est, divisés en deux parties distinctes : ceux de Franche-Comté et ceux de Lorraine.

Les salines de Franche-Comté sont situées :

1° Dans le Jura : à Montmorot, près de Lons-le-Saunier, à Salins et à Grozon.

2° Dans le Doubs : à Arc, dont la saline est alimentée par des eaux saturées et amenées de Salins au moyen d'une conduite en fonte de 21 kilomètres; à Châtillon et à Miserey.

3° Dans la Haute-Saône, à Fallon et à Gouhenans. Ce dernier gisement présente au point de vue de l'exploitation une importance particulière: il est voisin d'un banc de houille, qui appartient à la saline et lui fournit le combustible nécessaire.

Les salines de Lorraine sont encore plus nombreuses. Nous trouvons : 1° dans le département de Meurthe-et-Moselle, les salines de Laneuveville, d'Art-sur-Meurthe, de Varangéville-Saint-Nicolas, de Rosières-Varangéville, de Rosières, de Dombasle, de Sommerviller, de Crévic, d'Einville-Saint-Laurent, d'Einville-Sablonnières.

2° Dans la partie de la Lorraine devenue allemande depuis 1871, les salines de Saltzbronn, de Sarralbe, de Moyenvic, de Saléaux, du Haras ; enfin la plus importante de toutes, la saline de Dieuze, à laquelle est annexée une usine pour la fabrication de l'acide sulfurique et des produits chimiques[1].

Les salines de Franche-Comté, à l'exception de celles de Châtillon et de Miserey, appartiennnent à la Compagnie des anciennes salines domaniales de l'Est, propriétaire également des grandes salines de Dieuze et de Moyenvic, dans la Lorraine allemande : ces divers établissements sont administrés par un directeur général qui réside à Paris. Mais, en outre, afin d'éviter une concurrence désastreuse pour elles, toutes les salines de l'Est de la France ont formé un syndicat de vente. L'inépuisable fécondité des couches de sel comporte en effet une production presque illimitée : si chaque entreprise développait ses moyens outre mesure, la production deviendrait excessive, l'offre trop abondante et par suite la valeur du produit s'avilirait d'une façon menaçante pour tous les établissements producteurs. Au moyen du syndicat, la part pour laquelle chaque établissement doit entrer dans la vente générale est déterminée d'après

[1] Un fait curieux s'observe autour des salines de Dieuze : le terrain environnant est fortement imprégné de sel ; aussi y trouve-t-on à l'état spontané, certaines plantes que d'ordinaire l'on rencontre seulement sur les bords de l'Océan. Parmi ces végétaux marins, on peut citer la *passe-pierre* ou salicorne herbacée. On la récolte à Dieuze, et on la vend sur les marchés des environs, en particulier à Nancy. On l'emploie, comme condiment, après l'avoir fait confire dans le vinaigre.

ses moyens de production : l'industriel trouve dans cet arrangement une garantie de vente avec bénéfice raisonnable. Mais, en outre, les bureaux de vente étant peu nombreux (un à Paris et un à Nancy), le nombre des intermédiaires et les frais de vente se trouvent notablement diminués : le bénéfice du producteur augmente, sans que le consommateur paye plus cher. Ce dernier se trouve d'ailleurs assuré contre les dangers d'un monopole, car il a été entendu que le prix de vente à la consommation ne dépasserait pas 20 centimes le kilogramme. Cependant on peut prévoir le cas où les syndicats devenus maîtres du marché voudraient élever leurs prix ; mais alors l'État, gardien de l'intérêt général, pourrait, au moyen des modifications dans le tarif des douanes, amener la concurrence des sels étrangers.

Le syndicat des salines de l'Est, créé en 1863, avait été rompu en 1873 : le sel vendu au détail tomba, chez les marchands de Nancy, au prix de 15 centimes le kilogramme; les intéressés s'aperçurent bientôt qu'ils faisaient fausse route et rétablirent une convention dont ils avaient reconnu les avantages. Des arrangements analogues existent, ainsi que nous l'avons vu, entre les principaux salins du Midi. Les paludiers de l'Ouest devraient imiter ces procédés commerciaux, afin de pouvoir soutenir la lutte dans des conditions moins défavorables.

Les bancs de sel de l'Est de la France sont situés dans le terrain de trias ; ils appartiennent à l'étage géologique que l'on désigne ordinairement sous le nom de *marnes irisées* ou de *Keuper*. Les bancs salifères des bords de la Sarre, situés dans l'ancien département de la Moselle, se rattachent à ceux de la Souabe : il existe donc dans cette partie de l'Europe une masse de sel d'une étendue énorme, et dont l'exploitation remonte à des temps fort reculés. On peut juger de la nature du terrain salifère et de l'importance des bancs de sel qui s'y trouvent, par

les résultats suivants d'un sondage fait à Montmorot, en 1850.

NATURE DES COUCHES TRAVERSÉES	NIVEAU SUPÉRIEUR DE LA COUCHE	ÉPAISSEUR DE LA COUCHE
Terre végétale, sables, graviers, galets. etc. (Alluvion)		29m,00
Marnes bleues, vertes jaunes	29m,00	2 ,40
Marnes avec calcaire dolomitique	31 ,40	15 ,50
Marnes bleuâtres et grisâtres	46 ,70	22 ,60
Calcaire bitumineux avec pyrites	69 ,30	7 ,30
Gypse blanc fibreux ou amorphe	76 ,60	2 ,00
Gypse avec oxyde de fer hydraté	78 ,60	6 ,05
Dolomie compacte avec oxyde de fer	84 ,65	6 ,15
Dolomie verdâtre	90 ,80	11 ,10
Marnes avec sulfate de fer	101 ,90	1 ,20
Marnes triasées schisteuses	103 ,10	10 ,30
Schistes noirs bitumineux	113 ,40	15 ,05
Gypse compact avec anhydrite	126 ,45	6 ,75
Gypse cristallisé	133 ,20	0 ,95
1er Banc de sel gemme mélangé de marnes salifères gypseuses	134 ,15	**0 ,75**
Gypse salifère marneux	134 ,90	3 ,70
2e Banc de sel et marnes salifères	138 ,60	**1 ,45**
Marnes salifères gypseuses	140 ,05	0 ,50
3e Banc : sel lamellaire blanc, translucide ou fibreux rougeâtre	140 ,35	**19 ,10**
4e Marnes grises gypseuses salifères	139 ,45	4 ,05
Banc : sel gris et blanc avec polyalithe	163 ,50	**3 ,65**
Marnes grises et sel fibreux rose	167 ,15	0 ,95
5e Banc : sel rose et gris translucide	168 ,10	**9 ,80**
Marnes salifères grisâtres	177 ,90	1 ,35
6e Banc : sel blanc fibreux	179 ,25	**3 ,35**
7e Banc : sel gris cendré	183 ,80	**9 ,00**
Marnes gypseuses rougeâtres	194 ,80	0 ,50
8e Banc : sel blanc, rose, grisâtre	195 ,10	**1, 70**
Marnes salifères avec gypse et anhydrite	196 ,80	0 ,40
9e Banc : sel rose avec polyalithe	197 ,20	**3 ,00**
Marnes grises schistoïdes	200 ,20	3 ,20
10e Banc : sel transparent pur	203 ,40	**7 ,75**
Marnes gypseuses et rognons de sel	211 ,15	3 ,65
11e Banc : sel blanc, rose, gris	214 ,80	**9 ,30**
Gypse tendre, marne argileuse salifère	224 ,10	24 ,00
12e Banc : sel en grains transparents	248 ,10	**1 ,30**
Marnes gypseuses salifères	249 ,40	3 ,65
13e Banc : sel blanc et grisâtre	253 ,05	**1 ,55**
Gypse marneux salifère	254 ,60	1 ,90
14e Banc : sel grisâtre fibreux	256 ,50	**13 ,50**
Marne grise avec sel fibreux	270 ,00	5 ,20
15e Banc : sel gris ou noirâtre	275 ,20	**0 ,63**
Dolomie calcarifère	275 ,85	0 ,50
Marnes gypseuses sans sel	276 ,35	1 ,90
Gypse et marne grise sans sel	278 ,25	2 ,55
Anhydrite avec grains quartzeux	280 ,60	1 ,85
Grès gypso-marneux	282 ,45	73 ,55
Grès feldspathique	356 ,00	

Ainsi, à Montmorot, les couches salifères commencent à une profondeur de 135 mètres environ et disparaissent à 270 mètres. Dans cet intervalle, on a rencontré 15 bancs de sel d'épaisseurs variant entre 65 centimètres et 19 mètres. Pris dans leur ensemble, ils forment une épaisseur totale de 86 mètres. D'autres sondages, faits sur des points très différents, ont montré que ces résultats ne sont pas particuliers à Montmorot. On peut donc assigner une valeur moyenne de 80 mètres à la puissance de la couche de sel située dans l'Est de la France.

2° FABRICATION DU SEL.

Exploitation du sel gemme à Saint-Nicolas. — Abatage à l'eau, à la poudre. — Exploitation par des trous de sonde. — Pompe d'extraction. — Bâtiments de graduation. — Bâtiments à cordes de Moustiers. — Inutilité actuelle de la graduation. — Poêles à sel. — Pureté de l'eau salée. — Schlotage. — Chaulage. — Évaporatoires. — Leur utilité. — Marche de l'évaporation. — Espèces diverses de sel. — Sel d'ébullition. — Spatulage. — Tirage du sel. — Quantité obtenue. — Prix de revient. — Perfectionnements.

La saline de Saint-Nicolas-Varangéville est la seule, dans tout le rayon de l'Est, où l'on extrait du sel gemme en roche. La masse de sel est traversée par de nombreuses galeries, pour l'exécution desquelles on a longtemps employé l'action dissolvante de l'eau : on obtient de cette façon de l'eau plus ou moins chargée de sel et des morceaux de sel en roche. L'eau extraite des galeries n'est jamais complètement saturée : mais, avant de la soumettre à l'action du feu pour l'évaporer, on la recueille dans des réservoirs, et on l'amène à l'état de saturation, en y dissolvant les morceaux de sel gemme tirés de la mine. Ces fragments sont placés dans des nacelles en bois, dont le fond est percé de trous et qui flottent à la surface de l'eau. On arrive de cette façon à la saturation parfaite ; car le liquide moins chargé de sel et moins dense reste à la surface, tandis que celui qui

s'est concentré au contact du sel gemme, tombe au fond de la masse liquide. L'eau arrive au bout de quelque temps à marquer 25 degrés à l'aréomètre de Baumé; elle est alors absolument saturée.

Le procédé d'abatage du sel au moyen de jets d'eau a dû être abandonné à Varangéville : en 1873, à la suite d'infiltrations résultant de son emploi, un éboulement considérable se produisit dans les mines. L'ébranlement occasionné par cet accident fut tel qu'on le ressentit jusqu'à Nancy : la ville, située à 10 kilomètres des salines, fut secouée comme par un léger tremblement de terre. Depuis cette époque, les galeries des mines de Varangéville sont exploitées par les procédés ordinaires et notamment au moyen de la poudre. On obtient ainsi du sel gemme en morceaux : une partie est employée en nature à la fabrication des produits dérivés de la soude (carbonate, sulfate de soude); une autre portion dissoute dans l'eau, puis raffinée par cristallisation, fournit du beau sel blanc, semblable à celui que l'on obtient ailleurs au moyen de sources salées.

Dans toutes les autres salines de l'Est, l'exploitation se fait exclusivement par des sondages qui vont atteindre les bancs salifères. Dans l'axe du trou de sonde est installée une longue suite de tuyaux vissés les uns au bout des autres : son extrémité inférieure, qui est au niveau des couches de sel, est fermée; mais elle est percée, sur une longueur de 2 à 3 mètres à partir du bas, de petits trous par lesquels l'eau peut s'introduire. La partie supérieure de ce tuyau sert de corps de pompe : dans ce but, elle porte, à une certaine profondeur, une soupape qui s'ouvre de bas en haut; c'est le *clapet dormant* de la pompe (fig. 31). Un piston, également muni d'une soupape s'ouvrant dans le même sens, peut se mouvoir dans le tuyau : il est fixé à l'extrémité d'une longue tige mise en mouvement par un moteur quelconque, machine à vapeur ou bien roue hydraulique. On

fait arriver de l'eau douce entre la surface extérieure des tuyaux et les parois du trou de sonde. Cette eau s'écoule jusque dans l'amas de sel gemme et agit par dissolution. L'eau salée, plus dense, descend au point le plus bas, c'est-à-dire à l'extrémité du tuyau : elle y pénètre et le remplit. Mais elle ne peut remonter jusqu'au niveau du sol, parce que la pression exercée par une colonne d'eau salée est plus grande que celle d'une colonne d'eau douce de même hauteur. Supposons, par exemple, que la densité de l'eau salée soit 1,2 et que la profondeur du trou de sonde soit de 200 mètres : la colonne d'eau douce de 200 mètres de hauteur et de densité 1,0, contenue dans l'espace annulaire qui entoure le tuyau, fait équilibre dans celui-ci à une colonne d'eau salée dont la hauteur n'en sera que les $\frac{10}{12}$; l'eau salée montera seulement à 166 mètres du fond et devra être amenée à la surface du sol par l'action de la pompe.

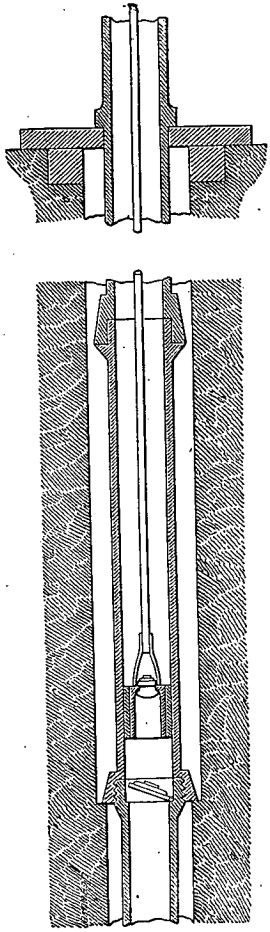


Fig. 31. Trou de sonde muni d'une pompe.

A mesure qu'on enlève de l'eau salée, on a soin de la remplacer par de nouvelle eau douce introduite à la partie supérieure du forage

aussi l'excavation produite par dissolution à la base du trou de sonde va sans cesse en grandissant et devient bientôt assez vaste pour fournir sans interruption des eaux presque saturées. Après une extraction active et prolongée, le degré de salure de l'eau peut fléchir, parce qu'elle ne reste pas assez longtemps au contact des bancs de sel : mais il suffit ordinairement de laisser reposer un peu le trou de sonde, pour que le degré remonte à un point très voisin de la saturation.

On comprend qu'il est fort important d'avoir des eaux saturées : elles doivent être, en effet, évaporées par l'action du feu ; et la dépense de combustible, pour obtenir une même quantité de sel, est d'autant moindre que l'eau en est plus chargée. Aussi avait-on imaginé, pour concentrer les eaux trop faibles, un procédé particulier d'évaporation à l'air libre, fondé sur l'emploi des *bâtiments de graduation*.

Ce sont de grands hangars très longs et assez élevés, ouverts à tous les vents (fig. 32), et dans lesquels on dispose des appareils destinés à diviser, autant que possible, l'eau à évaporer. Tantôt on emploie des fagots d'épine accumulés en une masse ayant la forme d'un parallélipipède rectangle, tantôt on se sert de cordes, quelquefois de tables. L'eau qu'on veut concentrer est versée sur les fagots, où elle se divise en couches infiniment minces, coule d'une branche à l'autre et se trouve en contact, pendant tout son trajet, avec l'air qui circule au travers des fagots. Lorsqu'on se sert de cordes, on les tend verticalement sous le hangar et on fait couler lentement l'eau tout le long des cordes. Elle se divise ainsi beaucoup et offre à l'air de nombreux points de contact. Dans les bâtiments à tables, on dispose des rangées de cuvettes en bois à bords peu élevés. Ces cuvettes sont légèrement inclinées tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et l'eau tombe d'une cuvette dans celle qui est au-dessous. L'air passe entre les cuvettes,

lèche la couche mince d'eau salée qui s'y trouve, rend l'évaporation plus rapide et se sature de vapeur.

Tous ces procédés sont fondés sur ce principe de physique que l'évaporation d'un liquide est plus active

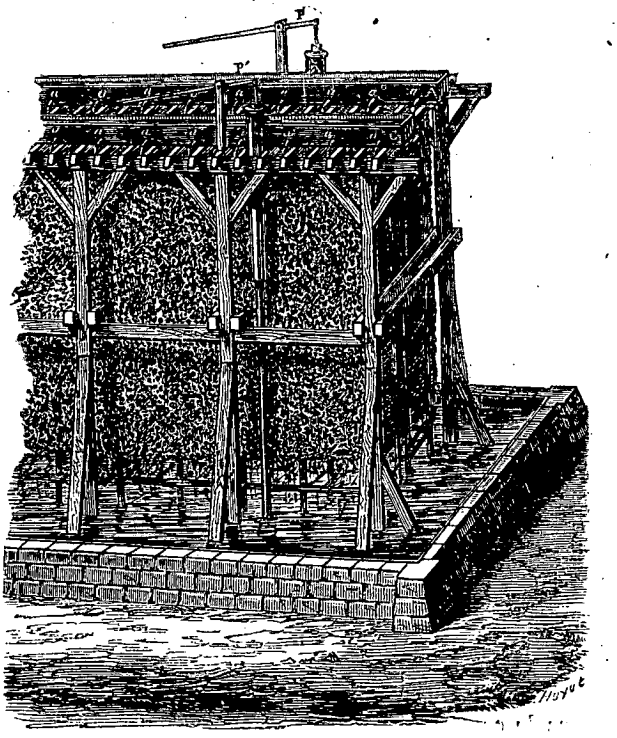


Fig. 52. Bâtiments de graduation.

lorsqu'elle se fait par une plus grande surface, et dans un air plus fréquemment renouvelé.

Les bâtiments de graduation ont été d'abord employés en Lombardie. On les introduisit ensuite en Saxe, et vers 1559, ils furent adoptés dans les salines de Bavière. On

les remplissait d'abord de paille; c'est vers 1720, que l'on paraît avoir remplacé la paille par les fagots. Les bâtiments sont formés d'une charpente en bois soutenue par des piliers en maçonnerie : ils sont couverts d'un toit en planches qui abrite les fagots et prévient le mélange des eaux pluviales avec les eaux salées. Leur position doit être étudiée avec soin, eu égard à la direction habituelle du vent dans le pays où ils sont placés : il faut évidemment les orienter, de manière que le vent les frappe le plus souvent possible perpendiculairement à leur longueur. Une rigole en bois percée de petits trous est placée à la partie supérieure du bâtiment : des pompes, mues ordinairement par une roue hydraulique, élèvent l'eau et l'amènent dans la rigole : celle-ci la déverse en mince filet sur le tas de fagots. Un bassin inférieur reçoit l'eau après sa chute. On partage souvent la longueur totale en plusieurs parties : la première reçoit les eaux sortant du sol; la seconde, celles qui ont déjà passé sur la première, et ainsi de suite.

A Moustiers, en Savoie, le bâtiment de graduation à cordes est employé, non pas à la concentration de l'eau salée, mais à la cristallisation du sel. Ce bâtiment a 90 mètres de longueur dont 70 sont garnis de cordes. Au sommet sont placés des canaux de 13 centimètres de large, espacés entre eux de 13 centimètres : des cordes sans fin passent dans des trous percés dans les canaux, et sont fixées à des solives disposées à la partie inférieure du bâtiment; il en entre plus de 100 000 mètres dans la construction totale. En été, on fait descendre le long des cordes l'eau saturée bouillante qui a été concentrée par l'action du feu : on répète l'opération plusieurs fois de suite, de sorte que le sel se dépose, partie dans les bassins inférieurs, partie le long des cordes. Celles-ci, dont le diamètre est d'environ 7 à 8 millimètres, acquièrent bientôt une grosseur de 6 centimètres. Pour les dépouiller, on brise le sel à l'aide d'une machine

particulière; on le fait ainsi tomber sur le sol et on le recueille.

Voici la composition des sels obtenus à Moutiers par ces procédés; elle est différente selon que le sel s'est déposé sur les cordes ou dans les bassins :

	CORDES	BASSINS
Chlorure de sodium	97,2	98,7
Chlorure de magnésium	0,2	0,2
Sulfate de soude	2,0	0,7
Sulfate de magnésie	0,6	0,4
	100,0	100,0

Les bâtiments de graduation ont été pendant longtemps employés dans les salines de l'Est, notamment à Montmorot. Aujourd'hui on ne s'en sert plus; on s'arrange de façon à n'extraire du sol, au moyen des pompes, que de l'eau marquant 24 ou 25 degrés Beaumé, c'est-à-dire à peu près complètement saturée. Cette eau est emmagasinée dans de grands réservoirs ordinairement en bois, nommés *bessoirs*, et conduite par des tuyaux jusqu'aux *poêles* qui servent à l'évaporer au moyen du combustible.

Les poêles sont en tôle et de forme rectangulaire : elles ont en général 15 à 20 mètres de long sur 6 à 8 mètres de large et 50 à 60 centimètres de profondeur. Chacune d'elles est pourvue de deux *chauffes* distinctes. La flamme est dirigée sous la poêle par un système de cloisons qui la forcent à revenir sur ses pas et à parcourir plusieurs fois la longueur de la poële avant de s'échapper par la cheminée.

Les eaux salées extraites des trous de sonde contiennent avec le chlorure de sodium divers sels étrangers : sul-

fate de chaux, sulfate de magnésie, chlorure de magnésium. Mais ils sont en proportion incomparablement moindres que dans l'eau de mer saturée de sel. Dans quelques salines, à Gouhenans, par exemple, l'eau est d'une pureté remarquable : elle ne contient pas une proportion appréciable de sulfates et ne renferme qu'une petite quantité de chlorure de magnésium.

Dans l'évaporation en chaudière, les sulfates et particulièrement le sulfate de chaux (plâtre) exercent une action extrêmement fâcheuse. Dès qu'ils sont en proportion notable, ils donnent lieu à une abondante production de *schlot :* on donne ce nom à des incrustations qui se forment au fond des poêles, et sont tellement adhérentes, qu'on ne peut les enlever qu'à coups de marteau. Il devient donc nécessaire d'arrêter l'évaporation pour écailler les poêles à des intervalles réguliers, et d'autant plus rapprochés que les eaux sont plus sulfatées.

Au lieu de laisser les chaudières s'incruster par le dépôt du schlot, on peut pratiquer, à chaque cuite nouvelle, l'opération du *schlotage*. Elle consiste à enlever avec un râble les premiers dépôts qui se forment quelques heures après la mise en marche de l'évaporation, et à les extraire de la chaudière, avant qu'ils n'aient eu le temps de former une croûte épaisse et adhérente.

Le *schlot* est une combinaison de sulfate de chaux et de sulfate de soude : aussi évite-t-on en grande partie sa production en transformant d'une manière à peu près complète le sulfate de soude en sulfate de chaux : comme ce dernier est fort peu soluble, il se dépose d'un seul coup. On arrive à ce résultat en ajoutant à l'eau une certaine quantité de chaux; elle contient alors :

Du sulfate de soude,
Du chlorure de magnésium,
De la chaux,

qui, en réagissant les uns sur les autres, donnent :

Du sulfate de chaux,
Du chlorure de sodium,
De la magnésie.

Le sulfate de chaux et la magnésie se déposent et le chlorure de sodium formé reste dans le liquide.

Le chaulage se pratique, tantôt dans les réservoirs, tantôt dans les poêles à évaporation. A Montmorot, on laisse l'eau s'éclaircir dans le réservoir après l'addition de chaux, et on ne l'introduit dans la poêle qu'après précipitation complète des composés insolubles. Dans d'autres usines, le lait de chaux est versé dans la poêle quelques instants après son remplissage : au bout de deux ou trois heures, on enlève le dépôt au moyen d'un schlotage exécuté avec le plus grand soin.

Les poêles sont recouvertes d'une hotte en planches : cette sorte de toiture est supportée par un cadre en forts madriers, suspendu lui-même par des tirants et des étriers en fer à la charpente du bâtiment. Des cheminées en planches s'élèvent du milieu de la hotte et emmènent au dehors les vapeurs qui se dégagent de la poêle. Un espace libre sépare la hotte de la surface du liquide. Celui-ci n'est cependant pas visible ; tout le pourtour de la poêle est garni de volets, ou panneaux mobiles en bois qui complètent la fermeture. L'ouvrier, pour les besoins du travail, ouvre un ou plusieurs de ces panneaux.

Les chapeaux en planches dont les poêles sont recouvertes portent le nom *d'évaporatoires :* on les utilise pour l'égouttage et la dessiccation du sel ; mais leur principal avantage est de procurer une assez grande économie de combustible et surtout une cristallisation plus régulière.

L'aspect du sel obtenu varie avec la marche et la température de l'évaporation. Plus elle se fait à une température élevée, plus elle est rapide et plus le grain de sel est fin. On distingue ordinairement quatre variétés de

sel, que l'on connaît, dans le commerce, sous les noms de sel *finfin*, sel *fin*, sel *moyen*, sel *gros :* on les désigne également par les expressions de sel *à la minute*, sel *de vingt-quatre heures*, sel *de quarante-huit heures* ou *de soixante-douze heures*, enfin sel *de quatre-vingt-seize heures*, qui donnent une idée de la durée nécessaire à l'évaporation. Quand celle-ci est lente et se fait à une température relativement basse, les cristaux de sel primitivement formés ont le temps de grossir, de se nourrir; le sel obtenu est à gros grains.

Le sel finfin s'obtient de deux façons : par l'ébullition et par le spatulage. Le liquide porté à la température d'ébullition est sans cesse agité par les nombreuses bulles de vapeur qui s'en dégagent : les cristaux qui se développent à sa surface sont aussitôt précipités au fond de la poêle. Un ouvrier les ramène constamment vers le bord au moyen d'un râble et les enlève du liquide bouillant avec une pelle percée de trous comme une écumoire. De là vient le nom de sel à la minute ou de *sel d'ébullition* donné au sel finfin.

Il est un principe parfaitement connu de tous ceux qui veulent faire cristalliser les corps : pour obtenir de gros cristaux, il faut abandonner à lui-même, loin de toute agitation, le liquide saturé au milieu duquel la cristallisation a commencé. Si, au contraire, on l'agite par un moyen quelconque, on n'obtient que de petits cristaux, une sorte de poudre cristalline. Un sirop épais, placé dans un endroit bien calme, donne de gros cristaux de sucre candi : mis dans un vase et remué de temps en temps dès que la cristallisation a commencé, il ne fournit que de petits cristaux; c'est le sucre en pains. Il en est de même pour le sel : dans la fabrication du sel à la minute, c'est l'ébullition qui produit l'agitation; mais on peut arriver au même résultat par le *spatulage*, pratiqué dans la saline de Montmorot. Cette opération se fait au moyen d'une planchette rectangulaire en bois fixée à

l'extrémité d'un long manche. L'ouvrier frappe l'eau tangentiellement avec ce râble et projette une nappe qui retombe en pluie sur la surface du liquide : les menus

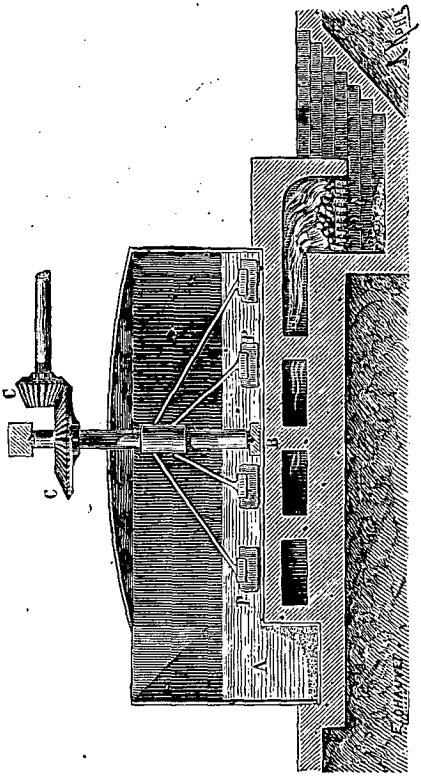


Fig. 33. Poêle anglaise pour la fabrication du sel fin.

cristaux qui viennent de s'y former sont immédiatement précipités au fond.

Depuis quelques années, on emploie à Montmorot pour faire le sel finfin un appareil, dit *poêle anglaise* (fig. 33), dans lequel une agitation analogue à celle que produit le

spatulage est obtenue par des moyens mécaniques. La poêle, de forme circulaire, est munie sur le côté d'une sorte de poche A, destinée à recevoir le sel au fur et à mesure de la cristallisation. Un arbre vertical peut tourner dans une crapaudine B fixée au centre du fond de la poêle : le mouvement lui est communiqué par un moteur quelconque au moyen d'un système d'engrenages CC. Un certain nombre de palettes PP fixées à l'arbre sont plongées dans le liquide et peuvent, en tournant, lui communiquer une agitation continuelle. Elles ramassent, en même temps, le sel qui se forme et lui impriment un mouvement gyratoire, en vertu duquel il s'écarte de plus en plus du centre de la poêle et finit par se déposer dans la poche latérale.

On économise de cette façon les frais de main-d'œuvre occasionnés par le spatulage, sans qu'il soit besoin d'échauffer le liquide jusqu'à l'ébullition. Cette méthode ne peut présenter d'avantages, que si la force motrice nécessaire pour mouvoir l'agitateur est une force naturelle dont la production n'entraîne pas de dépense sensible.

Les variétés de sels fin, moyen et gros s'obtiennent toutes trois de la même manière : il n'y a de différence que dans la durée du séjour dans les poêles et dans la température du liquide. Ces conditions varient d'ailleurs d'une saline à l'autre : dans la Meurthe, le gros sel s'obtient à une température d'environ 60 degrés centigrades; dans le Jura et la Haute-Saône, voici les chiffres adoptés :

		Durée des cuites	Température
Montmorot.	sel fin	24 heures	80 degrés
	« moyen	72 «	60 «
	« gros	5 à 6 jours	50 «
Gouhenans.	sel fin	24 heures	95 «
	« moyen n° 1	48 «	85 «
	« moyen n° 2	72 «	80 «
	« gros	96 «	75 «
Salins, Arc, Grozon...	sel fin	24 «	85 «

On fabrique quelquefois, mais d'une manière exceptionnelle, le *sel à écailles* dont les cristaux sont agglomérés en trémies : la cuite exige alors au moins 8 jours.

Pendant toute la durée d'une cuite, on évite avec soin toute agitation à la surface de la poêle : les volets des évaporatoires restent complètement fermés. On ne les ouvre qu'après le temps réglementaire, pour procéder au tirage du sel. On ramène celui-ci sur les bords au moyen d'un long râble, qui permet d'atteindre jusqu'au milieu de la poêle, et on le retire à l'aide de la pelle percée de trous. Après son extraction, le sel est placé sur les faces inclinées des évaporatoires : il s'égoutte d'abord et laisse écouler la plus grande partie de l'eau mère qui l'imprégnait et qui retombe dans la poêle; en même temps, il se dessèche un peu sous l'action de la chaleur perdue des poêles. Mais cette dessiccation est encore fort incomplète, quand on est obligé de l'enlever des évaporatoires pour faire place à une nouvelle récolte. Aussi doit-on toujours conserver le sel en magasin pendant plusieurs mois, avant de le livrer à la consommation.

L'eau mère qui reste dans la poêle après la récolte de sel n'est pas enlevée à chaque cuite : on ne vide généralement les poêles que quand il faut les écailler, c'est-à-dire au bout d'un mois ou 6 semaines. A ce moment les eaux mères marquent environ 30 degrés Baumé : abandonnées à elles-mêmes, à la température de 10 degrés, elles peuvent fournir une belle cristallisation de sulfate de soude. Mais ce traitement est sans importance : à Salins, les eaux mères sont livrées à l'établissement des bains.

La quantité de sel obtenu par l'évaporation dans les poêles est d'autant plus grande, dans un temps donné, que le grain du sel est moins gros. A Montmorot, on estime que, déduction faite des journées d'écaillage et de réparations, une poêle peut marcher de 250 à 300 jours par

an et fournir en 24 heures pour chaque mètre carré de surface :

Sel gros.	13	kilogrammes
« moyen	32	«
« fin.	55	«
« finfin	70	«

Le prix de revient de la tonne de sel est assez variable suivant les conditions de l'exploitation. A Gouhenans, la compagnie est propriétaire de gisements de houille situés dans le voisinage; aussi la tonne de sel revient seulement à 16 ou 17 francs. Dans d'autres salines moins favorisées, ce prix s'élève à 20, 25 et même 30 francs.

Est-il possible d'abaisser encore les frais de fabrication en réduisant la main-d'œuvre par l'emploi de moyens mécaniques et en utilisant d'une façon plus complète la chaleur fournie par le combustible employé? Tel est le problème qu'ont cherché à résoudre M. Gutton, directeur de la manufacture de tabacs de Nancy, et plus récemment MM. Piccard, Weibel et Briquet : mais les appareils qu'ils ont imaginés ne sont pas encore entrés dans la pratique industrielle.

ANNEXE DU CHAPITRE VI

Les salines du Sud-Ouest

Importance de cette exploitation. — Prix de revient du sel. — Ses usages. — Salies. — Briscous. — Villefranque. — Fabrication du sel. — Sel léger.

Il existe dans le département des Basses-Pyrénées quelques exploitations de sel gemme et de sources salées; elles sont situées dans l'arrondissement d'Orthez et dans celui de Bayonne : on a rencontré aussi le sel à Dax, dans les Landes.

Par l'importance de leur production les salines du Sud-Ouest n'ont qu'un intérêt tout à fait secondaire. Les 11 000 tonnes de sel, qui en sortent annuellement, ne peuvent entrer en concurrence avec les quantités produites par l'Ouest ou par le Midi. Le prix de revient du sel est en outre très élevé; la tonne de houille se paye dans les Basses-Pyrénées deux fois plus cher que dans l'Est : aussi emploie-t-on comme combustibles la houille et le bois. On comprend que dans ces conditions, le sel de cette région se vende à un plus haut prix que celui de l'Ouest ou du Midi. Néanmoins c'est une sorte de produit de luxe, très pur, et qui a trouvé moyen de conserver sa place. Il se vend dans les Basses-Pyrénées, dans les Landes et à Bordeaux : on l'emploie pour la table et pour la salaison des jambons de Bayonne et des thons de Saint-Jean-de-Luz. Les producteurs du pays se disputent sur la qualité relative des sels des diverses usines : mais ils sont unanimement d'accord pour attribuer la réputation des salaisons de leur pays, à l'excellence des sels qui ont servi à les préparer.

La prospérité de la région salicole du Sud-Ouest est moindre qu'au temps où les fontaines salées étaient la propriété indivise de tous les gens mariés du pays : mais les procédés de fabrication se sont perfectionnés, et la production du sel a rendu de grands services dans un pays dont beaucoup de familles ont été, depuis quelques années, ruinées par la maladie des vignes.

Les trois principaux centres d'exploitation sont : Salies, Briscous et Villefranque. A Salies est une source salée naturelle dont l'eau marque 22 degrés en moyenne à l'aréomètre de Baumé : elle est donc presque saturée et donne à l'évaporation un sel très pur. L'eau de Salies alimente en outre un établissement de bains qui jouit actuellement d'une assez grande faveur.

A Briscous, le banc de sel gemme s'exploite par des trous de sonde, comme nous l'avons expliqué pour les salines de l'Est.

A Villefranque, on extrait le sel en roche, et on opère la dissolution à la surface du sol. Le sel retiré de la mine est en gros morceaux ou en menus fragments : comme la cassure se fait dans les parties terreuses, le menu est moins pur que le gros. La dissolution de ce dernier se fait dans des bassins en maçonnerie cimentés, de 2 mètres environ de profondeur, et munis à une certaine hauteur d'un grillage sur lequel on met les gros morceaux de sel gemme. Quant aux menus fragments, on les place dans une caisse en bois percée de trous, et on lance sur eux des jets d'eau avec une pomme d'arrosoir. Le liquide traverse la matière à dissoudre, en entraîne une certaine quantité et se rend dans les cuves destinées à la dissolution du gros sel.

Les poêles employées dans les Basses-Pyrénées sont chauffées à la houille ou au bois : mais elles ont, dans tous les cas, de bien plus petites dimensions que celles de l'Est, 4 à 6 mètres au plus au lieu de 18 à 20.

La dessiccation du sel s'opère souvent dans des séchoirs

chauffés par la chaleur perdue des poêles. On peut ainsi, dans les moments de presse, livrer au commerce le sel qui vient de sortir des poêles. En hiver, époque des salaisons, on ne trouve presque jamais de sel en magasin, ni à Villefranque, ni à Salies. En été la vente est moins active et les magasins se remplissent.

Dans les usines des Basses-Pyrénées, on fabrique sur commande un sel léger destiné aux pays où l'habitude est de vendre le sel à la mesure. Il s'obtient par une sorte de coupage, en ajoutant de l'eau neuve aux eaux mères contenues dans la poêle, et en mélangeant, au commencement de l'opération, des blancs d'œufs ou de l'alun avec l'eau salée. La densité apparente du sel obtenu est réduite de près d'un quart par cette addition.

CHAPITRE VII

Les différentes qualités de sel

1° SELS LAVÉS ET RAFFINES.

Lavage et raffinage. — Influence du mode de perception de l'impôt. — Nécessité du broyage. — Méthode de lavage. — Renouvellement de l'eau de lavage. — Raffinage. — Dessiccation du sel raffiné. — Prix de revient du sel raffiné. — Sel ignigène obtenu avec l'eau de mer.

Les sels bruts de mer et particulièrement ceux de l'Ouest sont fréquemment soumis à des opérations destinées à en améliorer l'aspect et la qualité. Le *lavage* consiste simplement à laver le sel dans l'eau froide saturée préalablement de sel : son action est purement mécanique. L'eau saturée ne peut dissoudre le sel, mais elle entraîne les substances terreuses qui le souillent et le colorent.

Pour le *raffinage*, on dissout le sel brut dans l'eau douce; puis on le fait recristalliser en chaudière sous l'action du feu. On transforme ainsi le sel solaire en sel ignigène.

Les opérations industrielles de cette nature sont intimement liées, dans leur exécution, à la manière dont est perçu l'impôt sur le sel destiné à la consommation alimentaire. Elles entraînent, en effet, toujours un déchet plus ou moins considérable, et deviennent par conséquent absolument impraticables, si l'impôt est perçu, non pas sur le sel lavé ou raffiné, mais sur la matière première, sur le sel brut sortant du marais. Il semblerait naturel que le sel destiné au raffinage, n'étant pas livré à la consommation, ne payât l'impôt qu'après avoir été raffiné. Ce principe n'étant pas admis dans la législation, les usines

de lavage et de raffinage ne peuvent exister que dans les rayons francs, tels que la presqu'île du Croisic, les îles de Ré et de Noirmoutiers. Actuellement il existe deux usines au Croisic, deux au Pouliguen, une dans l'île de Ré. Il y en avait autrefois un certain nombre dans le Nord, à Douai, Cambrai, Dunkerque et à Saint-Quentin. Ces usines n'ont pu continuer leur travail : l'industrie du raffinage du sel dans le Nord a été forcée d'émigrer en Belgique.

Le lavage du sel brut est toujours accompagné d'un broyage : ce dernier est nécessaire, non seulement pour donner au sel un grain plus uniforme, mais encore pour obtenir une blancheur suffisante. Les grains de sel brut contiennent, en effet, de la vase incorporée dans leur intérieur : dans les marais où on ne tire le sel que tous les deux jours, on rafraîchit l'eau de l'œillet chaque soir avec de l'eau neuve, et on agite l'eau avec le sel déjà formé. Les grains sont ainsi remués dans une eau plus ou moins mélangée de boue : ils se recouvrent d'une vase qui ne les empêche pas de grossir le lendemain; finalement ils sont formés d'un noyau central, et de couches extérieures séparées du premier par un peu de terre. Un simple lavage ne suffirait pas pour les blanchir : il faut par un broyage, dégager le noyau et permettre ainsi à l'eau d'atteindre toutes les surfaces colorées.

Le sel brut est chargé dans une sorte de chéneau demi-cylindrique en bois, où il rencontre un courant d'eau saturée qui l'emporte sous les cylindres broyeurs. Il tombe ensuite dans une seconde auge inclinée en bois, dans laquelle tourne une vis d'Archimède qui force le sel et l'eau à remonter la pente du laveur. Une chaîne à godets percés de trous fait passer le sel du premier dans un second laveur : un mécanisme semblable l'amène dans un troisième qui sert d'appareil de rinçage. Il ne reste plus qu'à faire égoutter parfaitement le sel et à le sécher à l'étuve. Celle-ci consiste en une chambre rectangulaire en planches, dans laquelle passe un gros tuyau

en tôle; on fait arriver dans ce dernier la vapeur d'échappement de la machine qui fait mouvoir les chaînes à godets et les vis des laveurs. Les sels bruts soumis au lavage sont ordinairement des sels de l'année : ils subissent pendant l'opération un déchet d'environ 10 pour 100.

L'eau que l'on emploie au lavage sert indéfiniment : on ne la renouvelle qu'en raison de la quantité qui disparaît par suite des déperditions inévitables. Aussi la reçoit-on au sortir des laveurs dans de grands bassins de clarification, où elle laisse déposer la vase enlevée au sel. Après s'être imparfaitement clarifiées par dépôt, les eaux sont filtrées sur une couche de sel pur et rentrent ensuite dans l'opération du lavage.

Il est certain qu'une eau saturée neuve agit de deux façons sur le sel soumis au lavage; elle lui enlève mécaniquement la terre qui le souille; mais, en outre, elle dissout les sels magnésiens dont elle ne contient elle-même qu'une faible proportion. Après un service prolongé, l'eau se sature de sel de magnésie, comme elle l'est déjà de chlorure de sodium et ne peut plus agir que sur les substances terreuses. Il y a donc avantage, quand cela est possible, à renouveler fréquemment l'eau de lavage : il est évident qu'il faut alors évaporer celle qui ne sert plus, afin d'en retirer le sel qu'elle contient. Aussi est-il bon que les ateliers de lavage soient associés à ceux de raffinage, parce qu'on pourra dans ces derniers faire évaporer les eaux saturées.

Les frais de lavage ne sont pas très considérables : néanmoins ils augmentent notamment le prix de la tonne de sel. Cette augmentation, en y comprenant le bénéfice du laveur, est d'environ 3 à 4 francs au Croisic et de 5 à 6 francs à l'île de Ré.

Le raffinage du sel se pratique en Bretagne, au Croisic et au Pouliguen, dans les rayons francs situés autour des marais : les raffineries qui y sont établies reçoivent le sel brut et n'acquittent l'impôt qu'après le raffinage. Il

consiste en une dissolution du sel suivie d'une seconde cristallisation.

La dissolution se fait au moyen d'eau de mer prise au quai, le long de l'usine. On laisse d'abord le liquide saturé se clarifier par dépôt dans de grands réservoirs; puis on l'évapore dans des poêles rectangulaires en tôle chauffées à la houille. La méthode, on le voit, ressemble beaucoup à celle qui est employée dans l'Est : elle permet d'obtenir à volonté du sel finfin ou d'ébullition, et des sels fins, moyens et gros. Il suffit de faire varier la température et la durée des cuites. Les poêles ne sont pas couvertes, mais simplement installées dans des chambres fermées, ou même à l'air libre sous des hangars. L'eau n'y est introduite que toutes les 24 heures : l'épaisseur d'eau après l'alimentation est de 40 à 50 centimètres; elle se réduit en une journée à 10 centimètres à peu près. L'extraction du sel est continue pour le sel raffiné finfin : mais elle n'a lieu que toutes les 24 heures ou toutes les 48 heures pour les autres types de sels. Au sortir de la poêle, le sel raffiné est mis à égoutter et se dessèche ainsi lentement : de cette façon les sels étrangers déliquescents contenus dans les eaux mères s'éliminent peu à peu d'eux-mêmes. Quand il faut satisfaire à des commandes urgentes, on sèche le sel à l'étuve : ce procédé rapide a plusieurs inconvénients. Le sel séché par l'action de la chaleur prend souvent une teinte rouge analogue à celle de l'eau des œillets saunants : en outre, l'eau qui mouille les cristaux s'évapore seule par l'étuvage; les produits magnésiens qu'elle tenait en dissolution, restent à l'état solide et se retrouvent dans le sel raffiné, auquel ils communiquent une certaine déliquescence.

L'eau mère qui reste dans les poêles n'est retirée que lorsqu'elle marque 28 à 30 degrés à l'aréomètre, et que le sel extrait commence à prendre une teinte rougeâtre. On la revivifie par le chaulage : l'addition de

chaux précipite complètement la magnésie et amène la désulfatisation du liquide par la formation d'un abondant précipité de sulfate de chaux. Après ce traitement l'eau mère rentre dans le raffinage.

Dans quelques usines, on retire des eaux mères un peu de sulfate de soude en les faisant cristalliser par refroidissement, puis on les évapore à 40 degrés Baumé. Elles se prennent alors en une masse compacte de chlorure de magnésium.

En général, on ne soumet au raffinage que des sels déjà purifiés par une longue exposition à l'air : s'ils ont deux ans de mulon, le déchet ne dépasse pas 10 pour 100, tandis qu'il pourrait s'élever au double avec des sels de l'année; sans compter que le travail dans ce dernier cas marche mal, et qu'il faut évacuer fréquemment les eaux mères. Les chiffres suivants donnent une idée des frais de raffinage au Croisic :

	Francs
Une tonne de sel brut rendue à l'usine. . .	15,00
Déchet au raffinage (10 pour 100)	1,50
Combustible : charbon anglais à 30 fr. la tonne, 500 kil. par tonne de sel.	15,00
Main-d'œuvre.	6,00
Frais généraux et intérêts.	5,00
Prix total d'une tonne de sel raffiné	42,50

2° PROPRIÉTÉS DIVERSES DES SELS FRANÇAIS.

Les différents types de sel marin du Midi. — Le sel marin de l'Ouest. — Sel ignigène. — Influence des habitudes locales sur l'aspect du sel destiné à l'alimentation.

Les sels de chacune des trois régions salicoles de la France ont des caractères particuliers. Dans le Midi, on trouve quatre types différents. Le type n° 1, déposé entre 25 et 27 degrés Baumé, est en gros cristaux légèrement translucides, à faces pleines et à pointes saillantes : il

est très pur et pèse 98 ou 100 kilogrammes à l'hectolitre. La proportion de chlorure de sodium contenue est de 97 pour 100. Le type n° 3, déposé entre 29 et 32 degrés est formé de trémies dont l'assemblage donne des cubes à faces creuses : il pèse seulement 90 kilogrammes à l'hectolitre, et contient 94 pour 100 de chlorure de sodium. Des traces sensibles de chlorure de magnésium le rendent très légèrement hygrométrique. Le type n° 2 est intermédiaire entre les précédents : quant au n° 4, c'est le sel léger obtenu par coupages dans les salins de Bouc : il est notablement magnésien et ressemble sous ce rapport au sel de l'Ouest; mais il est bien blanc.

Le sel marin de l'Ouest est en cristaux menus détachés les uns des autres : récoltés au fur et à mesure de leur production, ils n'ont pas le temps de grossir. Ils se forment, en outre, dans des eaux conservées indéfiniment, et sont par conséquent riches en chlorure de magnésium qui les rend déliquescents. Une coloration grise ou rougeâtre est un de leurs caractères distinctifs : elle est due à la vase qui constitue le fond des œillets et son intensité dépend surtout de l'adresse du paludier. Le poids de ces sels est fort variable : en général ils sont légers ; quelques-uns ne pèsent pas plus de 65 kilogrammes à l'hectolitre. Ils conservent, pendant une année à peu près, une odeur sensible de violette et ont, suivant certaines personnes, une saveur plus agréable que tous les autres sels. Leur déliquescence les fait rechercher pour saler le maquereau, le hareng ou la sardine : mais leur couleur grise est un obstacle à leur emploi dans la grande pêche ou dans la salaison du beurre : à Morlaix même, on fait venir pour ce dernier usage du sel de Bayonne. Les fabricants de produits chimiques leur préfèrent des sels plus purs, c'est-à-dire plus riches en chlorure de sodium.

Le sel ignigène de l'Est est d'un beau blanc, et à très

peu près pur. Son aspect et sa densité varient avec la durée des cuites, ainsi qu'il a été dit précédemment.

On ne saurait rien dire d'absolu sur les caractères extérieurs du sel destiné à la consommation alimentaire. Le volume du grain, la couleur et la saveur dépendent des habitudes du consommateur et de ses opinions qui ne sont bien souvent que des préjugés. Aujourd'hui encore, à Paris, il n'est guère de cuisinière se respectant un peu, qui consente à saler le bouillon avec du sel blanc : il lui faut du sel gris. La force de ce préjugé est même telle que les salines de l'Est, pour faire accepter à Paris leurs beaux sels blancs, ont été obligées de se livrer à une sorte de contrefaçon des sels de l'Ouest. Avant d'être expédiés ou bien à Paris même, les sels blancs sont mélangés avec une petite quantité d'argile grise qui les colore, et leur donne l'aspect sans lequel ils n'auraient pas droit de cité. En général, cependant, on doit dire que presque partout la blancheur du produit devient maintenant une cause de préférence : aussi l'Est et le Midi gagnent constamment sur le marché français, tandis que l'industrie salicole de l'Ouest est dans un état de dépérissement sans cesse croissant.

Les producteurs de sel doivent donc s'attacher à distinguer les goûts divers du consommateur et à fabriquer en conséquence. Dans le Lyonnais ou dans le pays de Gex, par exemple, on veut des sels gros comme des cailloux. On ne les consomme pas évidemment en cet état : dans chaque maison, on trouve le grand mortier à sel qui sert à le piler. Offrez aux gens du sel fin qu'ils n'ont pas besoin de triturer, ils n'en voudront pas. Aussi fabrique-t-on dans l'Est, pour ces localités, un sel spécial qui reste huit jours dans les poêles et peut faire concurrence aux gros sels des salins du Midi : ces derniers, en revanche, envoient sur les marchés de l'Est des sels moulus, et qui ressemblent alors aux produits raffinés de la Comté et de la Lorraine. Il n'est peut-être pas de produit usuel, pour

lequel les habitudes locales aient autant d'influence et présentent autant de variations que pour le sel : mais quand il s'agit du raffinage ou de la fabrication des produits chimiques, c'est uniquement la pureté du produit qui doit entrer en ligne de compte.

CHAPITRE VIII

L'impôt du sel

1° LES GABELLES

Le monopole royal. — L'impôt de consommation. — Origine de la gabelle. — Louis IX. — Philippe le Bel. — Philippe V. — Philippe VI. — Jean II. — Charles V. — Sel d'impôt. — Louis XI. — François Ier. — Taxe sur les marais salants. — Henri II. — Soulèvement à Bordeaux. — Provinces rédimées. — Les traitants. — Réformes de Sully. — Louis XIII. — La contrebande du sel. — Ordonnance de 1639. — Colbert. — Vauban : la dîme royale. — Soulèvement en Bretagne. — Ordonnance de 1680. — Peines contre les faux sauniers. — Nombre des condamnations. — Organisation du faux saunage. — État de la gabelle à la fin du XVIIIe siècle. — Suppression des gabelles et de l'impôt du sel.

L'histoire de l'impôt du sel en France comprend deux périodes distinctes. Sous la royauté, la vente de sel était un monopole réservé à l'État qui l'achetait et le revendait à des prix qu'il fixait lui-même : ce régime constituait la *gabelle*[1]. Elle fut abolie en 1789 : la vente du sel devint absolument libre et l'État ne perçut plus aucun droit sur cette marchandise. Mais, en 1806, le gouvernement, tout en laissant libre la vente du sel, frappa ce produit d'un impôt de consommation considérable, si l'on a égard à la faible valeur intrinsèque du sel récolté dans les marais salants ou dans les mines de sel gemme. Nous avons donc à faire connaître ce qu'il y a de plus intéressant, soit dans l'histoire des gabelles, soit dans celle de l'impôt de consommation perçu encore aujourd'hui par le gouvernement français.

[1] *Gabelle* vient d'un mot saxon qui veut dire *tribut*. Cette expression s'appliqua d'abord à différentes taxes, mais devint ensuite spéciale à la taxe du sel.

On s'accorde généralement à faire remonter l'organisation de la gabelle, en France, à Philippe IV le Bel (1284). Cependant l'existence de cet impôt est mentionnée dans une ordonnance de saint Louis portant la date de 1246, et dans laquelle ce prince accorde certaines exemptions à la ville d'Aigues-Mortes. L'impopularité de la gabelle était déjà grande en 1318, puisque Philippe V le Long, dans une ordonnance du 25 février, forme des vœux pour que les circonstances lui permettent de l'abolir.

« Sur ce qu'ils doubtaient que la gabelle du sel et les impositions fussent incorporées en notre domaine, et qu'elles durassent à perpétuité, nous leur feismes dire et déclarer que nostre intention n'estoit pas que les dites gabelles et impositions durassent à tousjours, et qu'elles fussent mises en notre domaine. Ainçois *pour la déplaisance qu'elles font à notre peuple*, voudrions nous que par bon conseil et advis, bonne voye et convenable fust trouvée par laquelle les dites gabelles et impositions fussent abatües à tousjours. »

En 1340, Philippe VI de Valois, afin de pouvoir soutenir les frais de la guerre, attribua au trésor royal le monopole du sel. Par cette ordonnance[1], la gabelle était constituée avec une administration absolument indépendante. Six commissaires souverains, dont deux résidant à Paris, étaient créés : ils devaient établir, dans les lieux où ils le jugeraient utile, des dépôts appelés greniers à sel, dont la garde était confiée à des gabeliers nommés par eux et justiciables d'eux seuls. Ils avaient en même temps le pouvoir judiciaire, car ils prononçaient sans appel sur tous les délits et dans tous les procès auxquels le commerce du sel donnait lieu. De sorte que l'expression de grenier à sel désignait, non seulement un magasin, mais aussi une juridiction où il y avait des officiers

[1] A cette occasion, Édouard d'Angleterre appela Philippe le *Roi Salique*, rappelant ainsi, par une plaisanterie, les avantages que ce dernier avait retirés de la loi célèbre, en vertu de laquelle il régnait.

pour rendre la justice au sujet du sel des gabelles. Philippe de Valois tient en outre dans son ordonnance à bien constater le caractère provisoire de l'impôt.

Aussi, quand Jean II, en 1355, d'après l'avis des états généraux, établit une gabelle du sel pour payer les frais occasionnés par la guerre, il ajoute : « Et pour la grant amour et affection que Nous avons à nos subgiez, et pour donner bon exemple à tous autres, Nous avons voulu et voulons que Nous meismes, nostre très chière Compaigne la Royne, nostre très cher fils le Duc de Normandie,.... contribueront pareillement aux dites gabelles et impositions. » Malgré ce dévouement de la famille royale, le mécontentement éclata partout avec une hardiesse inouïe : un soulèvement eut lieu à Arras; les Normands refusèrent de payer l'impôt. Les états, reculant devant cette résistance, supprimèrent la gabelle et la remplacèrent par une autre taxe. Mais pendant la captivité du roi, en 1360, le régent, d'accord avec le grand conseil, rétablit les greniers royaux pour la vente du sel et imposa une aide d'un cinquième sur le prix de cette denrée. Voici d'ailleurs le texte de cette disposition :

« On vendra du sel auxdits greniers en grosses mesures comme septiers, mines et minots[1] et ne l'y vendra-t-on pas à petites mesures, à quoi les regrattiers et revendeurs ont accoutumé gaigner leur vie, et ne pourra-t-on vendre sel en icelles villes, s'il n'est prins au grenier, sur peine du sel estre forfaict, et de l'amende à volonté.

[1] Le *minot* valait 4 boisseaux ou environ 52 de nos litres; il devait peser un quintal ou 100 livres: le *setier* ou *septier* représentait 3 minots, c'est-à-dire 12 boisseaux ou 156 litres à peu près. C'est là le setier de sel, car le même nom était donné à des mesures de capacités différentes, selon la nature du produit qu'elles servaient à mesurer; il y avait, par exemple: le setier de sel, le setier de blé, le setier d'avoine, etc. Le *muid* était, non pas une mesure réelle, mais une mesure de compte : elle valait 12 setiers et variait par conséquent de capacité avec le setier considéré. Dans le cas du sel, le muid était d'environ 1870 litres.

Et en tous lieux et villes où n'y aura grenier à sel, il est ordonné que sur le sel qui y sera vendu, de quelque lieu qu'il vienne, le roi prendra la quinte partie de l'achat toutes et quantes fois qu'il sera vendu; c'est à sçavoir si le vendeur le veut vendre vingt sols; il sera vendu vingt-cinq sols, et y aura le roi cinq sols d'aide. » Ajoutons que l'on déclarait d'une manière formelle, que c'était là une aide extraordinaire, dont on devait décharger incessamment les peuples.

Jusque-là l'impôt du sel avait conservé son caractère de subside extraordinaire. Charles V, par diverses ordonnances de 1366, 1372 et 1379, prescrivit que ce revenu serait joint au domaine et que la taxe serait perçue à perpétuité. Il est dit que, dans tout grenier, il doit y avoir un grenetier et un greffier ou contrôleur. Chaque grenier aura trois serrures fermant à différentes clefs : le grenetier en aura une, le contrôleur une seconde, enfin la troisième restera aux mains du marchand à qui appartient le sel. On fixera le prix du sel pour le marchand, et en outre il y aura 24 livres pour le roi, sur chaque muid de sel qui sera vendu : cette vente se fera en deniers comptants sans crédit. Cependant l'ordonnance de 1372 accorde un crédit de trois mois, mais à quelles conditions!

« Pour obvier aux fraudes et malices, qui se faisaient et se font de jour en jour, contre les ordonnances de notre gabelle, il est ordonné que tous les habitants de notre royaume des parties de Languedoy seraient contraintes de prendre le sel en nos greniers, de trois mois en trois mois, *chacun selon ce qu'il lui en faudrait raisonnablement pour son vivre en ces trois mois :* et afin qu'ils n'eussent cause de eux complaindre de ladite ordonnance, l'argent dudit sel ne sera payé qu'en la fin des trois mois. » . .

La gabelle est dès lors instituée avec ses officiers, ses inégalités choquantes entre les différentes provinces du royaume, avec son obligation d'acheter une quantité *rai-*

sonnable de sel pour la consommation, c'est-à-dire une quantité déterminée arbitrairement pour chaque habitant par les officiers des greniers à sel royaux. Plus tard la taxe deviendra plus précise encore : on devra acheter tant de sel pour le pot, tant pour la salière, tant pour les salaisons. Défense sera faite, sous les peines les plus sévères, de mettre dans la soupe le sel qui doit être mangé avec le beurre et les radis, ou d'employer à saler un pore les excédents de la quantité *raisonnable* imposée par le fisc pour d'autres usages. De nos jours, l'État s'est bien réservé certains monopoles; mais au moins il ne nous oblige pas à fumer par mois un certain nombre de cigares ou un nombre déterminé de pipes, à acheter chaque jour un poids obligatoire de tabac à priser, et à mâcher en outre un minimum de rôles. Nous avons le choix entre ces divertissements et nous pouvons même, si cela nous plaît mieux, n'user d'aucun. La gabelle procédait d'une façon différente. A partir de l'époque où nous sommes arrivés, il y aura deux espèces de sel : le sel imposé et celui qui ne l'est pas, le sel vendu aux acheteurs qui se présentent et celui qui doit être pris par les acheteurs taxés pour leur provision. L'institution de la gabelle n'a plus qu'à se perfectionner avec toutes ses conséquences et toutes ses rigueurs.

Louis XI essaya d'introduire la gabelle dans le duché de Bourgogne, au profit du trésor royal : mais le duc se plaignit si haut que le roi ne reparla plus de cette affaire.

François Ier avait besoin de sommes considérables, soit pour les guerres qu'il soutenait contre Charles-Quint, soit pour de folles dépenses. On s'adressa à la gabelle pour remplir les coffres du royaume, aussi bien lorsqu'il s'agissait de payer les soldats, que de célébrer à Chatellerault les noces de Jeanne d'Albret. Un faste si extravagant y fut déployé que le peuple, qui en faisait les frais,

les appela *noces salées*. Les provinces dans lesquelles se trouvaient les marais salants avaient été jusque-là épargnées : en 1542, une taxe de 24 livres par muid vint frapper tout le sel sortant des marais. La Rochelle et les pays voisins se soulevèrent : François Ier désarma les rebelles et confisqua tous les marais depuis Libourne jusqu'à Oléron.

Sous Henri II, les plaintes devinrent plus vives encore en Guyenne ; l'indignation des masses était d'ailleurs augmentée par les fraudes dont on accusait les agents du fisc. Les paysans se refusèrent à aller aux greniers à sel ; ailleurs les officiers de la gabelle furent massacrés et les gendarmes envoyés pour rétablir l'ordre chassés du pays. Enfin les insurgés se levèrent en armes au nombre de 50 000 au moins, s'emparèrent de Saintes et pillèrent Cognac et Ruffec, brûlant les maisons des magistrats et massacrant tous les employés du fisc qu'ils purent saisir. La révolte gagna même Bordeaux, où Tristan de Monneins, lieutenant du gouverneur de Guyenne, fut assommé par la multitude, puis dépecé et salé. Le parlement parvint à rétablir l'ordre : malgré cela le connétable de Montmorency marcha sur Bordeaux, y entra par la brèche, désarma les habitants, rasa l'hôtel de ville et fit brûler, pendre ou rompre vifs un nombre énorme de malheureux (1548).

Quelque temps après (1553), ces provinces profitèrent des embarras du trésor pour racheter l'impôt sur le sel moyennant une somme de 1 194 000 livres ; elles prirent dès lors le nom de *provinces rédimées*. C'étaient le Poitou, la Saintonge, l'Aunis, l'Angoumois, la Guyenne, la Gascogne, le Périgord, les Marches et le Limousin ; l'Auvergne était déjà rédimée depuis 1549. Les ministres de Henri II apportèrent un autre changement à l'impôt du sel. L'administration générale de la gabelle fut confiée à des traitants : chaque grenier fut adjugé pour 10 ans à des fermiers particuliers. Le peuple paya davantage, et le

trésor reçut moins qu'il ne l'aurait fait avec l'ancien mode de perception. Une brochure dédiée au roi et aux états généraux de 1588 établit, d'après des données officielles, qu'un fermier levait annuellement 1 636 000 écus dont 800 000 seulement entraient dans les caisses de l'état. Ceci explique comment se formaient les monstrueuses fortunes des partisans italiens, les Adiaceti, les Ruccellai, les Scipion Sardini, que le peuple appelait *Scorpion Serre-Desniers*.

Sully voulut remédier à ces abus : il ordonna que l'adjudication de la gabelle, comme celle des cinq grosses fermes, se ferait publiquement et il défendit l'intervention des sous-fermiers. Le produit de l'impôt doubla presque sous son administration : aussi ce ministre put-il diminuer d'un quart le droit sur le sel, bien que le bail de la ferme fût renouvelé au même prix. Pour atteindre ce résultat, il avait suffi de rechercher les nobles et les ecclésiastiques qui prétendaient, à l'abri de leurs ponts-levis, pouvoir se dispenser de la loi commune :

Sous Louis XIII, le tarif de la gabelle fut successivement augmenté : les émeutes et les soulèvements recommencèrent. En même temps la fraude se fit sur la plus grande échelle et par les moyens les plus variés. Le roi lui-même a pris le soin de nous renseigner à cet égard dans son ordonnance de janvier 1639, où nous relevons le catalogue suivant des procédés de contrebande :

« 5. Et d'autant que le plus grand mal qui arrive en nos gabelles procède de ce qu'aucuns ecclésiastiques et de la Noblesse, Officiers et autres, sous prétexte de leurs prétendus privilèges et usages de franc-salé, achètent et enlèvent des marais, ports et havres, telle quantité de sel que bon leur semble, en font de grands amas et le revendent aux contribuables à nos gabelles; lesquels s'en fournissent plus volontiers que de celui de nos greniers, pour le grand profit qu'ils y trouvent....

« 15. Et comme il est notoire que les faux-sauniers

ont retraite et font amas de sel en plusieurs abbayes, châteaux, maisons et places fortes, où ils espèrent que le respect des lieux et les maîtres d'iceux les mettront à couvert; voulons et ordonnons que recherche et visite sera faite ès lieux suspects, par les officiers de nos greniers.... Enjoignons aux maîtres des maisons *de quelque qualité et condition qu'ils soient*, à leurs fermiers,... d'en faire l'ouverture dès qu'ils en seront requis, à peine d'être punis comme participant aux crimes desdits faux-sauniers : et, où ils seraient refusants ou dilayants, permettons auxdits officiers de se servir de toutes sortes d'armes, même d'échelles et pétards pour faire lesdites ouvertures, en telle sorte que la force nous en demeure et à justice.... Si les propriétaires desdites maisons ou châteaux sont convaincus d'avoir permis la retraite auxdits faux-sauniers, d'avoir recelé et retiré leur sel, Ordonnons que leur procès leur soit fait et parfait, qu'ils soient punis des mêmes peines que lesdits faux-sauniers et leurs maisons, châteaux où ledit sel aura été trouvé, *rasés pour servir d'exemple à la postérité.*

« 16. Et, sur ce qu'il est venu à notre connoissance que plusieurs gentilshommes font le faux-saunage même à port d'armes et assemblées illicites, s'en rendant chefs de bandes.... Voulons en outre qu'ils soient déchus de titres et privilèges de noblesse, déclarés eux et leur postérité roturiers.

« 18. Comme aussi nous ayant été donné avis, qu'aucuns de nos officiers, même de ceux de nosdits greniers à sel, se sont tellement oubliés, qu'au lieu de tenir la main à l'exécution de nos édits et ordonnances, ils favorisent lesdits faux-sauniers, s'intéressent avec eux et prennent part à leur trafic....

« 19. Et étant aussi dûment avertis qu'aucuns des gouverneurs, capitaines, lieutenants des villes frontières se mêlent du trafic, protègent, et donnent retraite auxdits faux-sauniers....

« 20. Faisons aussi expresses inhibitions et défenses à tous mestres de camp, capitaines, lieutenants, enseignes et sergents étant en garnison dans nos villes frontières, de laisser sortir les soldats des dites garnisons avec armes et bâtons à feu, pour faire le faux-saunage, *assister* et *escorter* lesdits faux-sauniers, *ainsi qu'ils font ordinairement*....

« 22. Et comme il est certain et notoire qu'il se commet un très grand faux-saunage par les voituriers et conducteurs de sels destinés pour le fournissement de nos greniers, qui se font par les rivières de Seine, Somme, Loire et autres, vendant le sel qui est mis et déposé dans leurs bateaux; et pour couvrir leurs fraudes et larcins, feignent de faux naufrages et autres inconvénients, et vont quelquefois à tels excès et perfidie qu'ils font périr aucuns de leurs bateaux (après avoir vendu la plupart du sel), pour empêcher la preuve dudit larcin....

« 24. Et d'autant qu'il est reconnu qu'un abus s'est introduit par les marchands qui trafiquent de morue en barils et qu'au lieu que ci-devant il y avait trente-deux et trente-trois morues par barils, ils n'en mettent à présent que quinze, ou dix-huit au plus, remplissant le surplus de sel; si bien que le grand cent de morues qui est de six-vingt-douze ne se vend pas plus qu'un de ces barils, bien qu'il y en ait sept à huit fois autant....

« 26. Et ayant encore reconnu que les marchands qui trafiquent de beurres salés et les amènent des pays étrangers, ou de nos pays de Bretagne, Cottentin, mettent, les uns plus de la moitié, les autres plus des trois quarts de sel au fond des pots....

« 27. S'estant aussi introduit depuis quelque temps un très grand abus, qui est que quelques personnes vont quérir de l'eau de mer et la vendent au peuple, les abusant du prétexte qu'elle peut servir à saler leur potage, ce qui apporte une diminution à nos droits de gabelle

et cause des maladies contagieuses, flux de sang dont quantité en sont morts et meurent journellement.... »

Il résulte de ces considérants que tout le monde se livrait à la fraude, les nobles, les prêtres, les soldats, les officiers de la gabelle aussi bien que les paysans et les marchands; aussi le roi autorise-t-il les officiers des greniers à sel, les prévôts des maréchaux, les vice-baillis, les vice-sénéchaux, les adjudicataires des gabelles, leurs commis, les sergents, archers et gardes préposés aux gabelles, « à faire toutes recherches et visites toutes fois et quantes fois qu'ils le jugeront nécessaire ». On comprend combien ces visites domiciliaires, auxquelles tant de gens étaient autorisés, devaient être vexatoires : mais il y avait en outre des visites personnelles; ainsi il fut recommandé plus tard[1] aux agents de surveiller spécialement les femmes qui suivent les processions; certaines de ces cérémonies ayant pour objet le transport sous les jupons des sacs de sel d'une localité dans une autre.

Après Sully et Richelieu, Colbert devait nécessairement s'occuper de la question des gabelles. En 1668, il établit un règlement général que M. de Monthyon appelle un chef-d'œuvre d'industrie financière, et organisa de la manière la moins défectueuse un impôt vicieux par sa nature. Déjà, en 1667, la gabelle forcée avait été abolie dans 22 greniers; elle le fut encore dans 36 autres greniers en 1668, de sorte qu'à cette époque il ne restait plus que 48 greniers à gabelle forcée. En 1673, Colbert augmente le prix du sel de 30 sous par minot : mais 5 ans après, il le ramène au taux primitif quand

[1] Arrêt de la Chambre des comptes de Lorraine, du 24 janvier 1767, qui autorise les employés des fermes à visiter toutes personnes attroupées, dans le cas de pèlerinage et de processions : déclare les curés responsables s'ils s'opposent aux visites, et permet aux employés d'arrêter et emprisonner tous ceux qui font résistance ou rébellion aussi bien que ceux qui seraient chargés de sel.

les besoins d'argent sont devenus moins pressants. Le grand ministre n'hésite donc pas à recourir à la gabelle, lorsqu'il en a besoin. Vauban lui-même, dans la Dîme Royale, commence bien par appeler le sel *une manne dont Dieu a gratifié le genre humain et sur laquelle il semblerait qu'on n'aurait pas dû mettre d'impôt :* mais il conclut ensuite en lui demandant un produit de 23 400 000 livres, pouvant être porté au double dans de graves circonstances. Il est vrai qu'il a soin : 1° de faire disparaître toutes les inégalités existant entre les diverses provinces; 2° d'abaisser le prix du sel et de le réduire à 18 francs par minot au lieu de 40 et même 45 pour certaines localités; 3° de diminuer la taxe et de la réduire à un minot pour 14 personnes[1].

Vauban, dans la Dîme Royale, ne bâtissait que des projets : Colbert, en 1680, fit rendre au roi la célèbre ordonnance, qui est la codification de tous les règlements antérieurs sur la gabelle. Elle comprend 20 titres : les 4 premiers traitent de l'approvisionnement des greniers; les titres 5 et 6, des greniers à vente volontaire; les titres 7 et 8, des greniers à sel imposé; les titres 9, 11, 12, de la revente par les regrattiers, des déchets et péages divers; le titre 15, des salaisons; les titres 10, 13, 14, 16, du régime du sel dans les provinces privilégiées; les titres 18, 19, 20, des officiers des greniers et de leurs droits; enfin le titre 17 est le code pénal du faux saunage, auquel nous emprunterons tout à l'heure quel-

[1] A cette époque (1675) eut lieu l'un des plus atroces soulèvements qu'ait suscités la gabelle. Quatorze paroisses du pays d'Armorique formèrent une association dont les statuts étaient désignés sous le nom de *Code paysan ;* l'article suivant suffit pour faire apprécier le but de l'association : « Il est défendu, à peine d'être passé par la fourche, de donner retraite à la gabelle ou à ses enfants, de leur fournir à manger; mais il est enjoint de tirer sur elle comme sur un chien enragé. » Les prescriptions de ce code furent observées ; il ne fallut pas moins de 6000 hommes des meilleures troupes pour rétablir l'ordre.

ques citations. Au point de vue fiscal, la France est divisée en cinq circonscriptions :

1° Les pays de grande gabelle, dans lesquels le prix du sel est fixé par le roi et l'importance de la consommation imposée par tête.

2° Les pays de petite gabelle dans lesquels la consommation est volontaire.

3° Les pays rédimés.

4° Les pays de salines.

5° Enfin les pays de quart-bouillon, comprenant certaines parties de la Normandie, où l'on retirait le sel des sables salés et où l'on payait comme taxe le quart du produit obtenu.

Non seulement le prix du sel varie d'une région à l'autre, mais il change dans une même circonscription. Ainsi : dans la généralité de Paris, les greniers de Dreux, Mantes, la Rocheguyon, Poissy et Pontoise font payer le sel 40 livres le minot ; ceux de Paris, Lagny, Meaux, Senlis, Creil, Compiègne, Beauvais, Montfort, Étampes, Melun, Montereau, Nemours, Sens, Joigny, Saint-Florentin, Provins et Nogent, 41 livres le minot ; celui de Tonnerre, 42 livres le minot.

Ce prix diminuait beaucoup dans les pays de salines. Aussi l'énorme différence du prix du sel de province à province, et surtout des pays de franc-salé aux pays de grande gabelle, rendait le faux saunage extrêmement productif. Rien ne parvenait à décourager les faux sauniers qui se livraient à la contrebande, soit par ruse, soit de vive force : et cependant le faux saunage était rangé au nombre des crimes et puni des peines les plus sévères. On trouve au titre 17 de l'ordonnance de 1680 :

Art. III. Soient condamnés : 1° les faux sauniers attroupés avec armes, aux galères pour 9 ans et en 500 livres d'amende, et en cas de récidive, pendus et étranglés ; 2° les faux sauniers sans armes, avec chevaux, charrettes

ou bateaux, à 300 livres d'amende ; en cas de récidive, aux galères pour 9 ans et 400 livres d'amende ; 3° les faux sauniers à porte-col sans armes, à 200 livres d'amende ; en cas de récidive, aux galères pour 6 ans et 300 livres d'amende.

Art. V. Les femmes et les filles coupables de faux saunage, pour la première fois 100 livres d'amende, pour la seconde, au fouet et 300 livres d'amende ; en cas de récidive, outre les peines ci-dessus, bannies à perpétuité de notre royaume.

Art. VII. La peine des galères prononcée contre ceux qui s'y trouveront incapables d'y servir sera convertie : celle des galères pour 6 ans en celle du fouet et de la flétrissure ; celle des galères pour 9 ans, aussi en fouet et flétrissure et de plus au bannissement perpétuel, leur enjoignons de garder leur ban à peine de la vie.

Art. VIII. Si les condamnés ne payent l'amende dans le mois du jour de la prononciation de la sentence, elle sera convertie : celle de 200 livres, en la peine du fouet ; celle de 300 livres, en la peine des galères pour 3 ans à l'égard des hommes ; et à l'égard des femmes et filles en un bannissement pour 5 ans du ressort du grenier à sel, de celui de leur domicile et de notre bonne ville de Paris.

Art. IX. Ceux qui seront insuffisants de payer l'amende et incapables en même temps de servir dans nos galères seront fustigés, flétris et bannis à perpétuité.

Art. X. Les commis, capitaines, gardes et archers de nos gabelles, et autres préposés par l'adjudicataire qui seront convaincus d'avoir fait le faux saunage ou d'y avoir participé en quelque manière que ce soit, soient punis de mort.

Art. XIII. Déclarons les nobles qui seront assez lâches pour commettre le même crime, déchus eux et leur postérité des avantages de la noblesse : Voulons que leurs

maisons qui auront servi de retraite aux faux sauniers soient rasées.

Art. XVI. Déclarons ceux qui achètent le sel des faux sauniers pour le revendre, sujets aux mêmes peines que les faux sauniers ; voulons que ceux qui l'achètent pour leur usage soient condamnés pour la première fois en 200 livres d'amende, pour la seconde fois, 500 livres, pour la troisième fois, 1000 livres et aussi à proportion en cas de récidive.

Ce régime produisait, terme moyen, chaque année, 3700 saisies domiciliaires, 2300 arrestations d'hommes, 1800 arrestations de femmes, 6600 arrestations d'enfants, la saisie de 1100 chevaux et de 50 voitures. Plus de 300 hommes étaient envoyés aux galères : les prisons contenaient de 17 à 1800 captifs, le tiers des forçats du royaume. Le produit de la vente du sel variait de 50 à 60 millions : mais le nombre des gardes des gabelles dépassait 15 000 et occasionnait une dépense de plus de 7 000 000 de francs.

Néanmoins le faux saunage continuait à faire force désordres. Des cavaliers[1], des dragons, des soldats par bandes de deux ou trois cents hommes le firent à force ouverte (1686), pillèrent le sel des greniers de Picardie et de Bourbonnais et se mirent à le vendre publiquement. Il y fallut envoyer des troupes et détacher 200 hommes du régiment des gardes qu'on y fit marcher sous des sergents sages et entendus. Il y eut aussi de grands désordres en Anjou et en Orléanais. On résolut de décimer ces faux sauniers et on envoya à leurs régiments les colonels qui avaient des gens de ce métier dans leurs troupes.

Cet état de chose persista jusqu'à la fin de la royauté : les faux sauniers devenaient par moment redoutables ; car tous ceux qui avaient quelque intérêt à susciter des

[1] Saint-Simon. — Chap. CLXXXVII.

désordres étaient sûrs de trouver parmi eux de quoi recruter leurs bandes : il y avait là une armée toute prête pour le désordre.

Pendant la régence du duc d'Orléans, les faux sauniers fomentèrent de nombreuses séditions [1]. Ces gens qui, dans ce dangereux métier, ne songeaient qu'à leur profit, grossirent de plus en plus. Il y avait longtemps que tous ceux qui méditaient des troubles les avaient pratiqués ; mais ces espèces de troupes augmentèrent et se disciplinèrent à tel point, qu'on ne put enfin se fermer assez les yeux pour ne pas reconnaître la vérité.

Voilà où on en était arrivé avec le régime des gabelles. La répression était atroce dans sa rigueur et hors de proportion avec le délit considéré en lui-même. Le peuple était poursuivi, harcelé et réduit à la misère pour le forcer au payement du sel qui lui était imposé. Une armée d'officiers, de gardes et d'employés administrait la gabelle sans contrôle et souvent sans aucune conscience, employant de fausses mesures dans la vente d'une marchandise taxée à un si haut prix, et la falsifiant même souvent avec du sable, sans que les malheureux contribuables pussent faire entendre leurs plaintes : car le personnel préposé à la vente était en même temps un tribunal. Chaque grenier à sel comprenait un président, un lieutenant, un grenetier, un contrôleur, un avocat et un procureur du roi, des huissiers, des greffiers, des sergents et des gardes : à Paris, toutes ces charges étaient doublées. Enfin l'inégalité entre les personnes et les provinces était devenue plus grande que jamais. La noblesse, le clergé, la magistrature, tous ceux, en un mot, qui jouissaient dans l'État d'une haute position sociale, étaient parvenus à se soustraire légalement aux droits de gabelle : ils avaient leur franc-salé, de même qu'ils s'étaient fait exempter de la

[1] Saint-Simon. — Chap. DXX.

taille. Quant aux provinces, voici comment elles se divisaient :

1° Les pays rédimés, Auvergne, Poitou, Saintonge, Aunis, Angoumois, Guyenne, Gascogne, Périgord, Limousin, où la valeur du sel variait de 6 à 10 francs le minot ou quintal (100 livres).

2° Les provinces franches, Artois, Boulonais, Flandres où le quintal de sel se payait de 40 sous à 8 ou 9 livres.

3° Les pays de grande gabelle, Ile de France, Picardie, Champagne, Orléanais, Perche, presque toute la Normandie, Maine, Anjou, Touraine, Berry, Bourbonnais, Bourgogne qui consommait 760 000 quintaux, à raison de 9 livres par tête, et au prix exorbitant de 62 francs le quintal.

4° Les pays de petite gabelle, Maconnais, Lyonnais, Forez, Beaujolais, Bugey, Bresse, Dombes, Dauphiné, Languedoc, Provence, Roussillon, et partie de l'Auvergne. La consommation était de 640 000 quintaux, au prix de 53 livres 10 sous le quintal.

5e Les pays de quart-bouillon dont le régime a été précédemment indiqué. Ils comprenaient une faible partie de la Normandie; le sel s'y payait 16 francs le quintal.

6° Les pays de salines, qui s'approvisionnaient aux salines de Franche-Comté et de Lorraine ou bien à celles du Béarn : ils comprenaient, outre ces provinces, le duché de Bar, l'Alsace et la Navarre. La vente annuelle y atteignait 275 000 quintaux, au prix de 21 livres 10 sous le quintal.

On comprend, par ce qui précède, combien la gabelle devait être abhorrée : aussi Louis XVI, touché des plaintes élevées contre elle, s'occupait de proposer des réformes jugées indispensables, lorsque la révolution de 1789 éclata. Les députés aux Etats-Généraux avaient été chargés, pour la plupart, de demander la conversion de l'impôt de la gabelle en une taxe perçue à la sortie des

salines ou des marais. La loi du 21 mars 1790 donna satisfaction à ce vœu : elle supprima la gabelle, ou vente exclusive du sel, dans les départements qui formaient autrefois les provinces de grandes, de petites gabelles ou de gabelles locales, le droit de quart-bouillon dans la Manche et dans l'Orne, enfin les droits sur le sel destiné à la consommation dans les provinces franches ou rédimées. En 1791, le législateur alla plus loin : l'impôt du sel disparut complètement, aux applaudissements de la nation entière, par le fait de la suppression générale des impôts indirects.

En résumé, « les gabelles furent justement odieuses parce qu'elles étaient un impôt sans égalité et sans discrétion : sans égalité, parce que tel Français payait 14 sous pour une livre de sel, tandis que tel autre ne payait rien, ou était taxé de 1 sou à 8 sous. Les gabelles étaient sans discrétion, parce qu'en élevant la livre de sel à 14 sous, on exigeait jusqu'à 20 fois sa valeur intrinsèque. Les gabelles étaient odieuses par le monopole ou la vente exclusive réservée au gouvernement, par l'obligation imposée aux consommateurs d'acheter des quantités déterminées de sel, sans égard pour leur convenance ou leurs facultés, par les précautions qu'il fallait opposer à la fraude, par la présence d'une multitude d'employés, par l'exercice intolérable qu'ils étaient obligés de faire, enfin par les peines exorbitantes imposées aux fraudeurs. » Leur abolition fut donc justement considérée comme un des bienfaits de la révolution de 1789.

2° LA TAXE DE CONSOMMATION.

Impopularité de l'impôt du sel. — Loi de 1806. — Augmentation de la taxe en 1813. — Fixation de la taxe à 30 francs en 1814. — Décret de 1848. — Loi du 25 décembre 1848. — Législation actuelle sur le régime des sels. — Remises accordées pour déchets. — Insuffisance pour les sels de l'Ouest. — Exemption pour les sels destinés aux fabriques de produits chimiques. — Exemption pour l'agriculture. — La consommation du sel et le produit de l'impôt.

Les lignes qui précèdent sont extraites du discours prononcé par l'orateur du gouvernement, lors de la présentation, en 1806, du projet de loi relatif à l'établissement d'une taxe sur le sel. Les souvenirs laissés dans les esprits par la gabelle étaient encore vivants : aussi en proposant cet impôt, le gouvernement impérial tenait à flétrir l'ancienne institution, et à montrer la différence qu'il y avait entre elle et la taxe projetée. De nos jours encore, on trouve moyen d'exciter l'émotion populaire par ces mots : *L'impôt du sel*. La foule se rappelle vaguement qu'il a contribué à la chute de l'ancienne monarchie, qu'il a fait peser sur les roturiers un intolérable fardeau, que les bagnes se sont ouverts, que les échafauds se sont dressés pour ses victimes. Telle est certainement la cause de la réprobation qu'il inspire, bien que rien actuellement ne justifie les préventions exagérées dont il est l'objet.

La loi de 1806, dont les prescriptions règlent encore en partie cette matière, avait établi sur le sel une taxe de consommation de deux décimes par kilogramme de sel. Elle était perçue, comme maintenant, au moment où la matière imposable sortait des marais salants ou des salines : ces établissements sont donc soumis à l'exercice des agents des douanes pour les marais et des contributions indirectes pour les salines. Le sel n'y peut être fabriqué qu'en vertu d'une autorisation; il n'en sort qu'après avoir été pesé et avoir satisfait aux exigences du fisc : mais une fois dehors, il ne peut plus être l'objet

d'aucune recherche. Le commerce du sel est absolument libre : tout le monde peut en vendre; chacun peut en acheter où il lui plaît, autant ou aussi peu qu'il désire et le payer à un prix débattu entre l'acheteur et le vendeur. La surveillance incessante de la gabelle, ces visites et ces vexations opérées par des agents ramassés dans les bas-fonds de la société, et que l'on avait soin de choisir *parmi les animaux les plus terribles*, ont disparu avec le monopole de la vente réservé à l'État et avec l'obligation d'une consommation déterminée. Les fabriques de sel subissent seules les désagréments de l'impôt : le public le paye, mais ne s'en aperçoit pas. Les conditions établies par la loi de 1806 rendent l'impôt parfaitement supportable.

Ajoutons enfin, que pour faire accepter le rétablissement de l'impôt du sel, même sous une forme toute différente de l'ancienne, le gouvernement impérial eut soin de le présenter comme destiné à remplacer une autre taxe également fort impopulaire : c'était la taxe d'entretien des routes, qui fut effectivement supprimée à partir de ce moment.

Pendant les succès de la période impériale, le droit de 20 centimes par kilogramme de sel resta intact : Napoléon, appliquant ce principe que *la guerre doit nourrir la guerre*, pourvoyait à ses énormes dépenses par des contributions levées en pays étranger. Mais, en 1813, il fallut bien trouver l'argent en France : le 11 novembre parut un décret portant augmentation de plusieurs contributions et notamment de la taxe sur le sel. Celle-ci fut portée à 40 centimes par kilogramme.

La Restauration, voulant être agréable au pays, sans qu'il lui en coûtât trop cher, réduisit, le 17 décembre 1814, l'impôt du sel de 10 centimes et l'établit ainsi à 30 centimes le kilogramme, ce qui était une aggravation de moitié sur la taxe de 1806. Il fallait bien payer les puissances coalisées pour l'invasion de la

France et le rétablissement de la royauté. D'ailleurs la perception de l'impôt ne suscita aucune difficulté et, dans son rapport sur l'administration des finances, le ministre, M. de Chabrol, faisait valoir, en 1829, les mérites de cette contribution. Il constatait que la consommation avait toujours été en croissant, et qu'elle atteignait alors 7 kilogrammes et demi par tête, représentant un peu plus de deux francs par personne. Il montrait ensuite combien il serait difficile de modifier la taxe sans déranger l'équilibre budgétaire, ou bien de la remplacer par un autre impôt, en pratiquant un dégrèvement plus apparent que réel.

Après 1830, la Chambre des députés fut saisie de nombreuses réclamations contre cet impôt, que les besoins de la guerre ne justifiaient plus : plusieurs propositions tendant à réduire la taxe furent même acceptées par la Chambre des députés, mais sans succès, par suite de l'opposition de la Chambre des pairs. C'est ce qui arriva notamment en 1846, au sujet de la proposition de M. Demesmay. Le rapporteur fit valoir les arguments suivants : sans doute, disait-il, l'impôt est une nécessité sociale; il faut donc qu'il soit productif et pour cela il doit atteindre les masses. Mais il faut aussi que l'impôt soit proportionnel et que le pauvre n'y contribue pas pour une part plus considérable que le riche lui-même. L'intérêt de l'agriculture à la suppression de l'impôt fut également mis en avant. La Chambre vota la réduction de la taxe à 10 francs pour le sel destiné à la consommation, et à 5 francs pour celui que l'agriculture devait employer. La seconde partie de la loi reçut seule la sanction de la Chambre haute et la taxe de consommation resta à 30 francs jusqu'en 1848.

Le 15 avril 1848, un décret déclara l'impôt du sel aboli à dater du 1er janvier 1849. Mais les besoins financiers rendirent nécessaire l'abrogation du décret, avant même qu'il eût été appliqué. Le 23 décembre 1848, une loi

abrogea le décret d'avril, mais prononça en même temps une forte réduction sur la taxe : elle fut fixée à 10 fr. les 100 kilogrammes, ainsi que cela avait été adopté par la Chambre des députés en 1846. C'est également à la même époque que fut supprimée la prohibition sur les sels étrangers.

La réduction de la taxe a amené un accroissement de consommation d'environ 50 pour 100. Aussi bien que le droit ait été abaissé de 30 francs à 10 francs, c'est-à-dire des deux tiers, le produit de l'impôt n'a diminué que de moitié. La perception la plus élevée, avec le droit de 30 francs, a été celle de 1845, soit 70 681 542 francs pour une population de 35 160 000 habitants : aujourd'hui l'impôt rapporte 35 millions à peu près.

Depuis cette époque quelques modifications ont été apportées à la taxe des sels, mais elles n'ont pas en général été durables. En 1852, furent supprimés quelques privilèges, tels que l'exemption de la taxe, concernant les sels destinés à la fabrication des produits chimiques. Cette exemption a été rétablie depuis.

Le 2 juin 1875, la Chambre vota une surtaxe de deux décimes et demi, c'est-à-dire d'un quart, bien que les lois concernant l'impôt du sel aient toujours mentionné qu'il ne supporterait pas de décimes extraordinaires. La taxe de 12 fr. 50 cent. fut appliquée jusque dans les premiers jours de 1877 : la surtaxe ayant été supprimée le 27 décembre 1876.

Les conditions actuelles de l'impôt sur le sel sont donc régies par les lois de 1806, 1840 et 1848 auxquelles il faut ajouter un certain nombre de dispositions relatives aux exemptions, aux dégrèvements ou aux exploitations et habitudes locales (salines de Normandie, sel de troque). Voici d'ailleurs, en les résumant, les principes généraux de la législation qui régit les exploitations de sel. Les marais salants sont soumis à la surveillance des préposés des douanes; les fabriques de sel de l'intérieur à celle

des agents des contributions indirectes. Cette surveillance, destinée à assurer la perception de la taxe, s'exerce jusqu'à la distance de trois lieues des marais salants, fabriques ou salines situées sur les côtes ou frontières, et dans les trois lieues du rayon des fabriques ou salines de l'intérieur. Aucun enlèvement de sel ne peut avoir lieu sans une déclaration préalable et seulement après la délivrance par l'administration d'une pièce de régie (acquit-à-caution, congé, passavant) variant avec le motif du transport.

Les droits sont dus par l'acheteur, au moment de la déclaration d'enlèvement : le payement se fait, soit au comptant sans escompte[1], soit pour les sommes de 300 francs et au-dessus, en traites ou obligations dûment cautionnées à trois, six ou neuf mois, avec intérêts de retard.

L'exploitation des marais salants n'est pas soumise à l'autorisation préalable. Les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations des mines de sel, des sources salées et des eaux salées. Les concessions sont accordées par autorisation spéciale : elles ne peuvent dépasser 20 kilomètres carrés, s'il s'agit d'une mine, et un kilomètre carré dans le cas d'une source ou d'un puits salé.

Les eaux salées ou matières salifères ne peuvent être enlevées et transportées qu'à destination d'une fabrique régulièrement autorisée. C'est pourquoi l'on dit vulgairement qu'il n'est pas permis de prendre et d'emporter une bouteille d'eau de mer. La précaution législative est d'ailleurs tout à fait inutile en ce qui concerne les eaux dont la densité n'est pas supérieure à celle de l'eau de la mer : il faut en effet, avec cette dernière, évaporer

[1] Du temps de la taxte de 30 francs, l'acquittement des droits au comptant bénificiait, lorsqu'ils étaient supérieurs à 300 francs, d'un escompte de 6, de 5 et plus tard de 4 pour 100 : ce qui réduisait en réalité le droit à 28 fr. 50 cent. en moyenne.

97 litres d'eau pour obtenir 3 kilogrammes de sel. L'opération serait certainement plus onéreuse que le payement de l'impôt. Aussi en réalité existe-t-il une tolérance en ce qui concerne l'eau de mer : il y aurait peut-être inconvénient à convertir cette tolérance en un droit.

Les concessionnaires sont tenus de fabriquer, au minimum et annuellement, une quantité de cinq cent mille kilogrammes de sel destinés à la consommation intérieure et soumis au droit : si ce minimum de fabrication n'est pas atteint, le fabricant sera passible d'une amende égale au droit qui aurait été perçu sur les quantités de sel manquant pour atteindre le minimum.

Tout fabricant, exploitant des mines de sel ou des eaux salées, doit entourer les puits, galeries, trous de sonde et sources, ainsi que les bâtiments de son usine, d'une enceinte, de trois mètres d'élévation, en bois ou en maçonnerie : cette enceinte ne doit avoir qu'une seule porte donnant accès à l'extérieur, et de plus présenter à l'intérieur et à l'extérieur un double chemin de ronde de 2 mètres de largeur. Les sels fabriqués sont contenus dans des magasins placés sous la double clef de l'exploitant et des agents de la perception. Deux employés de l'administration au moins doivent être logés dans l'établissement, près de la porte d'entrée, moyennant un prix de location, convenu avec le fabricant ou fixé d'office par le préfet.

Les sels sont pesés en présence des employés de l'administration, lors de l'entrée dans les magasins et lors de la sortie : tous les trois mois, il est fait un inventaire des sels en magasins, et le fabricant est tenu de payer sur-le-champ le droit sur les quantités manquantes, en sus de la déduction accordée pour déchet de magasin : cette déduction est de 8 pour 100 sur les sels entrant en magasin après fabrication.

Ces prescriptions sont fort onéreuses pour les salines.

L'obligation de la double pesée entraîne des frais et des pertes de temps : elle sert à constater que le déchet de magasin ne dépasse pas 8 pour 100 et à rendre le fabricant responsable d'un déchet supérieur. On suppose donc que dans ce cas il y a eu fraude : cependant celle-ci est impossible, puisque les employés ont une double clef des magasins. Il faut remarquer que ces précautions avaient été prescrites en vue de la taxe de 30 francs, c'est-à-dire d'un droit triple du droit actuel.

Certaines remises de droit sont accordées en raison des déchets inévitables que les sels éprouvent pendant les transports ou pendant leur séjour dans les entrepôts : elles ont été établies par la loi de 1806 et confirmées par les lois suivantes. Ces allocations sont justifiées par un principe d'équité : l'impôt du sel est une taxe de consommation et, par conséquent, la partie consommée doit seule être frappée. Or, il est certain que les sels, par le fait de leur composition chimique, supportent, avant d'entrer en consommation, une déperdition plus ou moins grande ; la partie perdue doit échapper à l'impôt.

Les remises accordées pour déchet sont les suivantes :

		Remise par 100 kil.
Sels de l'Océan expédiés par terre ou par mer		5
Sels de la Méditerranée.	par terre ou petit cabotage	3
	par mer, en vrac, pour les ports de l'Océan ou de la Manche	5
Sels ignigènes de toutes provenances	par terre	3
	par mer, en vrac	5

Il est probable que ce tarif est défavorable aux sels de l'Ouest, non parce que leur déchet est supérieur à 5 pour 100, mais parce qu'il surpasse de plus de 2 pour 100, les déchets éprouvés par les sels du Midi et surtout par ceux de l'Est. La perte plus grande qu'éprouvent les sels de l'Ouest est un effet de leur composition

chimique, et celle-ci résulte de la nature même du climat sous lequel ils ont été fabriqués.

Il existe enfin dans la législation sur les sels, un certain nombre d'exemptions pour les matières qui ne doivent pas être employées à l'alimentation.

Les sels destinés aux fabriques de produits chimiques sont délivrés en franchise de droit sous des conditions, qui ont pour but d'en assurer l'arrivée à destination et l'emploi à l'usage déclaré. A cet effet, les sels expédiés aux fabriques de soude, doivent être contenus dans les sacs portant le plomb de l'administration des douanes ou de celle des contributions indirectes, selon qu'ils proviennent des marais salants ou des salines de l'intérieur. Les fabriques de soude sont soumises à la surveillance permanente des employés de l'administration et payent, à titre d'indemnité d'exercice, une redevance de 30 centimes par 100 kilogrammes de sel employé à la fabrication.

Les sels destinés à l'agriculture sont aussi exemptés de la taxe : seulement, pour sauvegarder les intérêts du fisc, la délivrance de ces sels est entourée d'un certain nombre de précautions : elle exige des formalités, des déplacements, des pertes de temps telles que beaucoup d'agriculteurs renoncent à l'emploi du sel, lorsqu'il pourrait leur être avantageux. Voici les principales prescriptions concernant ce sujet :

La délivrance des expéditions supérieures à 500 kilogrammes est subordonnée à la production d'un certificat de l'autorité municipale faisant connaître la qualité du destinataire, l'importance de son exploitation, et la quantité de sel dont il a besoin. Les sels doivent être d'abord réduits en poudre fine, puis dénaturés par des mélanges convenables; cette opération est faite aux frais du destinataire, par ses employés, aux jours et heures désignés par la régie et sous son œil vigilant. Parmi les mélanges admis par l'administration, il n'en est guère que trois

qui soient employés. Pour le sel destiné à la nourriture du bétail, on ajoute à 1000 kilogrammes de sel :

5 kilogrammes de peroxyde de fer (colcotar),
100 « de tourteaux oléagineux,

ou bien :

5 « de peroxyde de fer,
10 « de poudre d'absinthe,
10 « de mélasse.

Si le sel doit servir d'amendement pour les terres, on préfère ajouter à 1000 kilogrammes de sel :

5 kilogrammes de peroxyde de fer,
10 « de suie ou de noir de fumée,
10 « de goudron végétal.

Les tableaux suivants, extraits des publications officielles, donnent une idée de l'importance de la fabrication du sel destiné à la consommation alimentaire et des produits de l'impôt.

N° 1. — PRODUIT DE LA TAXE SUR LES SELS.

ANNÉES	DOUANES	CONTRIBUTIONS INDIRECTES	TOTAL
	francs	francs	francs
1875	24 548 608	10 460 921	35 009 529
1876	25 322 115	11 437 957	36 760 072
1877	23 833 560	9 860 368	33 693 928

Les différences qui existent entre ces trois années s'expliquent de la manière suivante. Le 2 juin 1875, fut votée une surtaxe de deux décimes et demi par franc : elle a été appliquée pendant les 7 derniers mois de 1875 et pendant toute l'année 1876. Ce supplément de droit a été supprimé le 27 décembre 1876. Aussi le produit de

1877 est-il inférieur à celui de 1876, bien que la consommation ait été plus considérable; c'est ce qui résulte du tableau n° 2 qui établit la comparaison des deux années 1876 et 1877.

N° 2. — COMPARAISON DES ANNÉES 1876 ET 1877.

Année 1876.

	SELS TAXÉS	PRODUIT DE LA TAXE
	kilogrammes.	francs
Douanes.	202 965 382	25 322 115
Contributions indirectes	91 523 424	11 437 957
Total. . . .	294 488 806	36 760 072

Année 1877.

	SELS TAXÉS	PRODUIT DE LA TAXE
	kilogrammes	francs
Douanes	238 800 677	25 853 569
Contributions indirectes	98 506 827	9 849 776
	211 460[a]	10 592
Total. . . .	337 107 504[b]	35 693 928

			Kilogrammes
Différence pour 1877	en plus	Sels	42 618 698
		Chlorure de Mg[a] .	211 460
	en moins	Produit de la taxe.	3 066 144

La consommation a donc augmenté en 1877 de 42 millions et demi de kilogrammes et le produit de la taxe a diminué de 3 millions de francs par suite de la réduction de celle-ci.

(*a*) Chlorure de magnésium extrait des salines.
(*b*) Total des sels (chlorure de sodium) soumis à la taxe.

TROISIÈME PARTIE

SEL MARIN ET SEL GEMME.

Dans cette troisième partie se trouvent réunies les principales données relatives à la distribution ou à l'exploitation du sel sur la surface du globe. Sous le titre *sel marin*, on a placé ce qui est relatif à la salure des mers et à l'extraction du sel marin. Le chapitre *sel gemme* comprend l'étude des principaux gisements de sel en roche. Deux remarques sont à faire : pour passer en revue, au point de vue géographique et au point de vue technique, ce qui a rapport au sel dans les différents pays du monde, il faudrait plusieurs volumes : nous nous bornerons donc aux questions les plus intéressantes. En second lieu, les procédés d'extraction varient quelquefois fort peu d'un pays à l'autre; ce que nous avons dit à propos du *sel en France*, permettra d'abréger considérablement la partie technique. Nous ne donnerons donc des détails sur ces questions, que si leur solution présente de notables différences avec ce qui se fait en France.

CHAPITRE IX

Sel marin.

1° LA SALURE DES DIFFÉRENTES MERS.

Caractères de l'eau de mer. — Elle n'est pas potable. — Distillation de l'eau de mer. — Pourquoi la mer est-elle salée. — Quantité de matières salines dans les différentes eaux. — Densité de l'eau de mer. — Nature des matières contenues dans l'eau de mer. — Analyses de l'eau de mer. — Manières différentes de représenter les résultats.

L'eau de mer diffère essentiellement de l'eau des rivières ou des lacs par ses caractères physiques et surtout par les composés salins qu'elle tient en dissolution. Sa saveur est salée, amère, désagréable; elle a une certaine viscosité et quelquefois une légère odeur : la proportion des sels qui y sont dissous est comprise entre 3 et 4 pour 100; le chlorure de sodium y entre à raison de 3 pour 100 environ, c'est-à-dire de 30 grammes par litre.

Cette proportion considérable des matières minérales rend l'eau de mer absolument impropre à la boisson. Loin de pouvoir servir à éteindre la soif, elle la rend ardente et produit d'abord des effets purgatifs, puis des accidents graves. On raconte que Pierre le Grand voulut obliger les enfants de ses matelots à ne boire que de l'eau de mer; il voulait en faire de solides marins, mais plusieurs périrent victimes de cette prescription; il fallut y renoncer. On ne peut rendre l'eau de mer potable qu'en la séparant par la distillation des sels fixes qu'elle renferme. Cette opération s'exécute couramment à bord des navires. La chaleur perdue des cuisines est utilisée pour

évaporer de l'eau de mer, dont les vapeurs vont se condenser dans un serpentin refroidi : un courant continue d'eau de mer froide produit ce refroidissement, pourvu que le serpentin soit placé (fig. 34) au-dessous de la ligne de flottaison du navire. Au moyen d'une double communication avec la mer, l'eau froide entre en *a*, s'échauffe dans le serpentin et sort en *b* en raison de sa plus faible densité. La distillation se fait d'elle-même : la saumure qui reste dans les appareils d'évaporation est vidée de temps en temps; l'eau distillée se recueille constam-

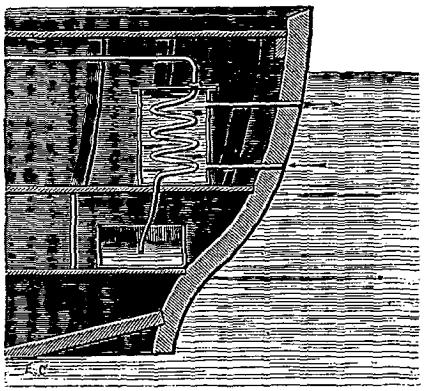


Fig. 34. Serpentin pour la distillation de l'eau de mer.

ment en *c*. Quand elle doit servir à l'alimentation, il est nécessaire de l'aérer par l'agitation à l'air, et d'y dissoudre un peu de carbonate de chaux. L'eau de mer est également impropre au savonnage : elle ne dissout pas le savon ordinaire fabriqué avec les matières grasses ; il est nécessaire de remplacer celui-ci par un savon résineux.

Pourquoi l'eau de la mer est-elle salée? Cette circonstance tient à la volatilité de l'eau qui peut se réduire en vapeurs par l'action solaire, tandis que les substances

salines qui sont fixes vont sans cesse en s'y accumulant. La terre a primitivement existé sous la forme d'une masse fondue incandescente : l'atmosphère qui entourait alors ce globe de feu, était bien plus chargée qu'actuellement et renfermait en vapeur toute la masse d'eau qui existe aujourd'hui à l'état liquide sur la surface du globe. Le sel marin qui est légèrement volatil devait s'y trouver lui-même en quantités notables. Un jour vint où par suite du refroidissement terrestre, la vapeur d'eau commença à se condenser et à couler à la surface de la croûte solide du globe : les matières solubles que l'eau, fort chaude encore, rencontra dans son cours, furent dissoutes et donnèrent un liquide très chargé de substances minérales. La masse des eaux, qui allait sans cesse en augmentant par suite de la condensation successive des vapeurs atmosphériques, se réunit dans les parties profondes du sol; elle forma des amas d'eau minéralisée par toutes les substances que le liquide avait pu dissoudre : ce furent les mers. Depuis ce temps, la surface de la mer est le siège d'une évaporation continuelle : l'eau réduite en vapeur se répand dans l'atmosphère, s'y condense sous forme de nuages et revient à la surface du globe à l'état de pluie ou de neige. De l'eau distillée pure s'échappe ainsi constamment de l'Océan, retombe sur le sol, en dissout certains éléments et retourne à la mer, contenant quelques dix millièmes de matières dissoutes. Elles accroissent sans cesse la richesse minérale de l'Océan, puisqu'une fois arrivées dans sa masse, elles y restent sans s'évaporer jusqu'au jour où, par suite de circonstances particulières, elles donnent naissance à des dépôts de matières solides et à des bancs de sel.

La quantité moyenne de tous les sels contenus dans la mer ou, si l'on veut, la salure moyenne des eaux marines, peut être évaluée à 3,44 pour 100 : elle est sensiblement constante dans chacun des grands Océans, mais elle varie beaucoup pour les différentes mers intérieures, ainsi que

cela résulte des nombres suivants, qui donnent le poids de sels divers pour 1000 grammes d'eau de mer :

	Gramm. de mat. solides.
Mer Caspienne	6,3 « «
Mer Noire	17,6 « «
Mer Baltique	17,7 « «
Mer du Nord	30 à 35
Océan Pacifique	32 à 35
Océan Atlantique	35 à 36
Mer Méditerranée	37 à 38
Mer Rouge	43 à 45
Mer Morte	270 à 280
Lac Salé de l'Utah	330 « «

Nous reviendrons plus loin sur la manière dont on peut expliquer ses variations. Pour le moment, nous nous bornerons à en conclure que la densité de l'eau de mer ne saurait être partout la même; on trouve par exemple, pour la densité de l'eau :

Océan Pacifique	1,026
Océan Atlantique	1,027
Méditerranée (entre Gibraltar et Malte)	1,028
« (entre Malte et Alexandrie)	1,029
Mer Rouge	1,039
Mer Noire	1,013
Mer Caspienne	1,005
Mer Morte	1,099

C'est à dire qu'un mètre cube d'eau de la Méditerranée pèse environ 1028 kilogrammes, tandis que le même volume d'eau de la mer Noire ne pèse que 1013 kilogrammes. Lorsqu'un navire passe de la première dans la seconde, il doit donc s'enfoncer notablement plus, puisque le volume d'eau qu'il déplace doit alors augmenter dans le rapport de 1013 à 1029.

La salure de la mer varie d'ailleurs un peu avec la profondeur à laquelle l'eau est prise. MM. Pelouze et Reiset en comparant la composition de l'eau de la Manche à la

surface et à la profondeur de 180 brasses, ont trouvé que la salure augmentait alors dans le rapport de 9 à 9,7.

Si l'on songe que bien peu de substances minérales sont absolument insolubles dans l'eau, on ne sera pas étonné de trouver dans l'eau de mer un nombre énorme de matières différentes. Elle contient d'abord des gaz dissous, empruntés en général à l'air atmosphérique : aussi la quantité en est-elle variable avec la profondeur. Elle augmente d'abord avec celle-ci jusqu'à 5 ou 600 mètres, puis elle diminue; de sorte qu'à 1200 mètres, on n'en trouve que des traces.

Quant aux matières solides, voici celles que l'on regarde ordinairement comme existant dans l'eau de mer : chlorure de sodium, de potassium, de magnésium, de lithium, d'ammonium ; sulfates de chaux, de magnésie, de potasse, de soude; carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse ; phosphates magnésien et ammoniaco-magnésien ; iodure de sodium ; bromure de sodium, de magnésium ; acide silicique, bitume, matières organiques. L'eau de mer contient en outre des composés formés par les métaux lourds; les sulfures ou chlorures de cuivre, de plomb et d'argent peuvent se dissoudre dans l'eau salée; aussi trouve-t-on des traces de ces métaux dans les eaux marines. Un myriamètre cube d'eau du Grand-Océan contient 1000 kilogrammes d'argent : ce serait donc la mine d'argent la plus abondante; mais elle est trop pauvre pour être exploitable. Certaines plantes, fucus et varechs, qui poussent dans la mer, ont la propriété de s'assimiler les substances qui existent en faible proportion dans l'eau : aussi est-ce en analysant leurs cendres que l'on peut reconnaître la présence du fluor, de l'arsenic, du zinc, du nickel, du cobalt, du cæsium, du rubidium.

L'énumération donnée quelques lignes plus haut des composés salins contenus dans l'eau de mer est toujours plus ou moins hypothétique. On trouve dans cette eau du chlore, de l'acide sulfurique, de l'acide carbonique, etc.,

d'une part; et de l'autre, du sodium, du potassium, du magnésium, etc., mais il est absolument impossible de dire comment ces éléments sont groupés entre eux pour former des sels. En partageant toutes les bases entre tous les acides, on arrive à faire une liste énorme : les analyses des eaux minérales en vogue sont ordinairement présentées de cette façon ; on arrive ainsi aisément à y trouver 30 produits divers et autant de vertus spéciales. Mais pour être rigoureux, on doit simplement donner la quantité de chaque métal et celle de chaque acide ou radical métalloïde contenu dans l'eau, sans faire aucune supposition gratuite sur les combinaisons possibles ou probables auxquelles ils donnent naissance.

Cependant il est plus commode, pour les personnes peu habituées à la chimie, d'admettre un groupement particulier entre les éléments, de manière à former un certain nombre de sels, dont on regarde l'existence comme probable dans l'eau de mer. Le tableau suivant est présenté de cette manière :

COMPOSITION DES EAUX DE MER RAPPORTÉE A 1000 GRAMMES D'EAU

NATURE DES SUBSTANCES CONTENUES DANS L'EAU	MER Méditerranée	MANCHE	OCÉAN Atlantique	MER du Nord	MER Noire	MER d'Azof
AUTEURS DES ANALYSES. . . .	USIGLIO	FIGUIER	MURRAY	BACKS	GOBEL	GOBEL
	grammes	grammes	grammes	grammes	grammes	grammes
Chlorure de sodium.	29,424	25,704	25,180	23,580	14,019	9,658
« de potassium	0,505	0,094	—	1.010	0,189	0,128
« de magnésium.	3,219	2,905	2,940	2,770	1,304	0,887
« de calcium.	6.080	—	—	—	—	—
Bromure de sodium.	0,556	0,103	—	—	—	—
« de magnésium.	—	0.030	—	—	0,005	—
Sulfate de magnésie.	2,477	2,462	1,750	1,990	1,470	0,764
« de chaux.	1,357	1,210	1,600	1,110	0,105	0,288
« de soude.	—	—	0,27	—	—	—
Carbonate de chaux	0,114	0,132	—	—	0,365	0,022
« de magnésie	—	—	—	—	0 209	0,129
Oxyde de fer.	0,003	—	—	—	—	—
Silicate de soude.	—	0,017	—	—	—	—
TOTAL.	43,735	32,657	31,140	30,460	17,666	11,879

2° MERS INTÉRIEURES ET LACS SALÉS.

Causes qui influent sur la salure d'une mer. — Les pluies et les affluents. — L'évaporation. — Méditerranée et mer Rouge. — La mer Caspienne. — Son étendue. — Diminution de la salure. — Le Kara-Boghaz. — Concentration du sel de la Caspienne dans le gouffre noir. — Les bancs de sel des steppes. — La mer Morte. — La salure des eaux en divers points. — Ce sont des eaux mères. — Comment elles se sont formées. — État d'équilibre actuel. — Le Grand Lac Salé de l'Utah. — Sa découverte. — Ses dimensions. — Son niveau. — Salure de l'eau. — Extraction du sel. — Le lac Elton. — Dépôts de sel. — Leur exploitation.

On voit par les résultats précédents que la salure d'un certain nombre de mers intérieures est supérieure à celle de l'Océan, et que pour d'autres, au contraire, elle lui est inférieure. La Méditerranée, la mer Rouge, la mer Morte sont dans le premier cas ; la mer d'Azof, la mer Baltique et la mer Caspienne sont au contraire fort peu salées. Les causes de ces différences sont, en général, faciles à indiquer : car deux phénomènes inverses se produisent incessamment. La pluie qui tombe dans une mer intérieure et les fleuves plus ou moins importants qu'elle reçoit, apportent de l'eau douce et tendent à diminuer la proportion des matières salines contenues dans la masse d'eau de mer. En même temps, la surface de l'eau est le siège d'une évaporation dont l'intensité dépend de la température moyenne de l'atmosphère et de plus ou moins de force des vents : il est évident que l'eau de mer se concentre sous l'influence de l'évaporation. Suivant que l'une ou l'autre de ces causes prédomine, l'effet produit est une diminution ou un accroissement de la salure des eaux : ajoutons que si une mer intérieure reçoit plus d'eau douce qu'elle n'en perd par évaporation, il devra s'établir entre elle et l'Océan un courant qui la débarrassera de l'excédent de la masse liquide et maintiendra son niveau constant. Si nous considérons, au contraire, une mer intérieure située dans une région chaude, comme la Méditerranée ou la mer Rouge, et sur

la surface de laquelle l'évaporation est très active, il y aura concentration du liquide et l'équilibre de niveau se rétablit par un courant marin venant de l'Océan : c'est pour cela que la Méditerranée est moins salée entre Gibraltar et Malte qu'entre ce dernier point et Alexandrie ; ou bien encore que les eaux du golfe de Suez sont les plus salées de toutes les eaux marines. On peut même se demander pourquoi la mer Rouge n'est pas plus salée. Elle ne reçoit tout le long de ses côtes aucune rivière venant des contrées voisines : l'évaporation y est fort active, et enlève annuellement une épaisseur moyenne de $2^{m},50$. Comme la profondeur de cette mer est en moyenne de 245 mètres, la salure devrait chaque année augmenter d'un centième. Il faut donc qu'il y ait, au détroit de Bab-el-Mandeb, un contre-courant inférieur d'eau fortement salée se dirigeant vers l'Océan Indien.

Restent certaines mers ou grands lacs n'ayant pas de communication avec l'Océan. Ils ont tantôt une salure exceptionnelle comme la mer Morte, tantôt au contraire une salure très faible, comme la Caspienne. La raison de ce fait pour cette dernière est fort curieuse ; nous verrons que l'observation sur laquelle nous nous fondons permet d'expliquer, dans un grand nombre de cas, la formation des bancs de sel gemme. Examinons d'abord ce qui a été constaté par les voyageurs et les géographes dans différentes circonstances ; nous déduirons au chapitre suivant les conséquences de ces observations.

LA MER CASPIENNE ET LE KARA-BOGHAZ.

La mer Caspienne a une superficie d'environ 440 000 kilomètres carrés, à peu près les quatre cinquièmes de la France ; son niveau est à 26 mètres en contre-bas de celui de la mer Noire : mais il est certain qu'autrefois ce niveau était plus élevé et l'étendue de la mer beaucoup plus grande. Il est fort probable qu'elle est seulement la partie résiduelle d'une vaste mer unissant, dans

les âges géologiques, la mer Noire à l'Océan Glacial. Les nombreux marais salins, les steppes chargées de sel et de coquilles marines qui l'environnent, ne laissent aucun doute à cet égard. Un changement dans le relief du sol par suite d'alluvions fluviales, a pu fermer ses anciennes communications : l'eau s'est alors évaporée et la mer s'est réduite peu à peu. Le régime des pluies a été par cela même modifié dans ces contrées : le sol est resté imprégné du sel provenant de l'évaporation de l'eau et la mer a été réduite à ses faibles dimensions actuelles.

Il semblerait que, dans ces conditions, il ait dû se faire une concentration des eaux et une accumulation des matières salines dans celles qui sont restées : mais, d'une part, sur ce terrain presque plan, l'évaporation s'est produite sur place et non par un rétrécissement successif du bassin maritime; en second lieu, tout le sel de la Caspienne se réunit graduellement, mais d'une façon continue sur certains points déterminés.

Quelques-uns des bassins orientaux de cette mer pénètrent au loin dans l'intérieur des steppes et peuvent être considérés comme étant des lacs distincts, formant la transition entre la vaste mer d'Hyrcanie et les fonds salins épars dans les déserts du Turkestan[1]. Un de ces bassins, presque indépendants de la Caspienne, est le Kara-Boghaz ou « Gouffre noir » dont l'ovale immense s'étend sur un espace de plus de 16 000 kilomètres carrés. Limité à l'ouest par une mince levée de sable, ce lac ne communique avec la mer que par un grau de 200 à 800 mètres de largeur et n'ayant guère plus d'un mètre de profondeur à l'entrée; les bateaux à fond plat peuvent seuls pénétrer dans le Kara-Boghaz. Un courant venu de la Caspienne se porte toujours à travers le détroit avec une rapidité de 5 à 6 kilomètres à l'heure. Les vents d'ouest l'accélèrent; les courants aériens qui soufflent

[1] Élysée Reclus. — L'Asie Russe, 422.

dans une direction opposée le retardent; mais jamais il ne coule avec une vitesse moindre de 2750 mètres à l'heure. Les navigateurs de la Caspienne, les Turkmènes errant sur ses bords étaient frappés de la marche inflexible, inexorable, de ce fleuve d'eau salée roulant, à travers les écueils, vers un golfe aux limites inconnues, s'étendant bien au delà du cercle de l'horizon, et c'est par crainte de ce courant du détroit, de ce « gouffre noir » que les explorateurs de la Caspienne n'y hasardèrent point leurs embarcations. Soïmonow en 1726, Tokmatcher en 1764, se bornèrent à reconnaître le grau; Karelin et Blaramberg en 1836 entrèrent dans le Kara-Boghaz, mais pour virer de bord après une pointe de 36 kilomètres : c'est en 1847 seulement que le premier explorateur, Jerebtzor, pénétra hardiment dans le lac intérieur pour faire le levé de ses rivages. Le « gouffre noir », de même qu'un autre abîme prétendu de l'Aral, passait pour une sorte de tourbillon, où plongeaient les eaux marines pour se rendre dans le golfe Persique ou dans la mer Noire par des canaux souterrains.

L'existence du courant qui porte les flots salés de la Caspienne au vaste golfe de Kara-Boghaz a été expliquée par Baer. Ce bassin est peu profond, de 4 à 12 mètres en moyenne; les vents le parcourent dans tous les sens, les chaleurs estivales s'y font sentir dans toute leur force, et par conséquent l'évaporation est considérable; pendant l'été, un brouillard s'élève continuellement au-dessus du lac. Amincie constamment par cette déperdition de vapeur, la nappe liquide ne peut réparer ses pertes que grâce à des afflux d'eau continuels. Des recherches, très faciles à établir dans le chenal étroit et peu profond du Kara-Boghaz, n'ont pu faire constater l'existence d'un contre-courant sous-marin ramenant à la Caspienne les flots plus salés du golfe.

Le bassin intérieur ne rend qu'à l'atmosphère l'eau apportée par le courant caspien; mais, en diminuant par

l'évaporation, l'immense marais garde le sel : il le concentre, s'en sature chaque jour davantage. Déjà, dit-on, aucun animal ne peut y subsister; les poissons entraînés dans le lac par le courant deviennent aveugles. Les phoques, qui visitaient autrefois le Kara-Boghaz, ne s'y montrent plus aujourd'hui; les rivages même sont dépourvus de toute végétation. Des couches de sel commencent à se déposer sur l'argile du fond, et la sonde, à peine retirée de l'eau, se recouvre de cristaux salins. Baer a voulu calculer approximativement la quantité de sel dont s'appauvrit chaque jour la Caspienne au profit du « puits amer », car tel est le sens du nom d'Adji-Kooussar que les Turkmènes donnent à la partie intérieure du lac. En ne prenant que les nombres les moins élevés pour le degré de salure des eaux caspiennes, la largeur et la profondeur du détroit, la vitesse du courant, le savant auteur des *Kaspiche Studien* a prouvé que le Kara-Boghaz reçoit chaque jour 350 000 tonnes de sel, c'est-à-dire autant qu'on en consomme dans tout l'empire russe pendant six mois. Qu'à la suite de tempêtes ou par un lent dépôt d'alluvions, la barre se ferme, et le Gouffre Noir diminuera promptement d'étendue, ses bords se transformeront en immenses champs de sel, et la nappe d'eau restant au centre du bassin ne sera plus qu'un peu de boue recouvrant une dalle saline.

En résumé le Kara-Boghaz joue par rapport à la mer Caspienne le rôle d'un immense marais salant, dans lequel cette mer apporte constamment une énorme quantité de sel : l'eau salée qui s'échappe ainsi de la mer pour pénétrer dans le bassin de concentration, est remplacée au fur et à mesure par l'eau douce des grands affluents de la Caspienne. On comprend donc que la salure de celle-ci doit aller sans cesse en diminuant et qu'elle soit arrivée déjà à un degré assez faible. Certains géographes pensent en outre que le volume de ses eaux diminue sensiblement, surtout depuis qu'elle est privée, ainsi que nous le dirons

tout à l'heure, d'affluents importants : son niveau s'abaisserait donc petit à petit, parce qu'il y aurait excès de l'évaporation sur l'arrivée moyenne des eaux. Mais en même temps des eaux concentrées chargées de tout le sel perdu par la Caspienne s'accumulent dans le Kara-Boghaz. Dans un temps qui n'est pas fort éloigné, elles seront arrivées à l'état de saturation et, à partir de ce moment, elles laisseront, comme celle du lac Elton (voir plus loin, page 20), déposer des couches annuelles de sel, qui se transformeront peu à peu en bancs de sel gemme.

Ils sont nombreux dans cette partie de l'Asie : toute la région comprise aux environs de la Caspienne et jusqu'au delà de la mer d'Aral, toutes les steppes du Turkestan semblent avoir été recouvertes par une sorte de Méditerranée asiatique ; elle aurait fini par disparaître en s'évaporant, et en laissant un lit tellement chargé de sel, que l'on n'y trouve souvent rien d'autre que des végétaux salins. Le même effet pourrait se produire sur la mer d'Aral : alimentée aujourd'hui par les eaux de l'Amou-Daria (l'ancien Oxus), elle remplit l'excavation qu'elle occupe. Mais si ce fleuve reprenant son ancien cours, venait comme autrefois tomber dans la Caspienne (la mer d'Hyrcanie), il est certain que le lac d'Aral ne tarderait pas à se dessécher et serait remplacé au bout de peu de temps par un banc de sel gemme.

LA MER MORTE.

La mer Morte possède des caractères absolument inverses de ceux de la Caspienne : bien que peu étendue, elle fournit un objet d'étude intéressant, car elle semble s'être formée dans des conditions analogues à celles de la mer d'Hyrcanie, mais modifiées par la configuration du terrain. Elle paraît également être le résidu d'une mer de grande étendue, qui aurait diminué peu à peu en se rassemblant dans une cavité et en se contractant, pour ainsi dire, sur elle-même.

Le nom de mer Morte indique qu'aucun être ne peut vivre dans ces eaux presque saturées de sel : elles contiennent en effet 270 grammes environ de substances salines par litre d'eau salée. Le grand lac salé de la Palestine porte encore le nom de lac Asphaltite, parce qu'on recueille sur ses bords une matière bitumineuse noire, utilisée dans le commerce sous le nom de bitume de Judée. Les auteurs sont très souvent en désaccord sur le degré de salure des eaux de la mer Morte : cela tient à ce que les eaux douces du Jourdain coulent et s'étendent à la surface de la nappe salée dont la densité est considérable. Prend-on de l'eau au milieu du courant du fleuve prolongé dans le lac, on trouve de l'eau presque douce : ailleurs on rencontre au contraire une eau fortement chargée : un échantillon, pris dans un endroit où le mélange s'effectue partiellement, aura une composition intermédiaire.

Le niveau des eaux de la mer Morte est à environ 400 mètres au-dessous de la Méditerranée, et comme la profondeur est en certains points de 600 mètres, on obtient pour les parties profondes une différence de niveau de 1000 mètres avec les grandes mers voisines. La situation orographique de la mer Morte permet d'expliquer la façon dont elle a pris naissance.

Il est à remarquer, en effet, que l'eau du lac Asphaltite est une sorte d'eau mère, saturée de sel marin et fort chargée de bromures et de sels de potasse, c'est-à-dire des composés minéraux qui existent en faible proportion dans l'eau de la mer, mais qui peuvent s'y accumuler par l'évaporation. Il existe, en outre, sur les bords méridionaux de la mer Morte, d'immenses dépôts de sel dont la base aboutit à la plage de la mer actuelle. On a même attribué à la dissolution de ces bancs de sel, la richesse des eaux du lac; opinion inadmissible, puisque ce sel est assez pur et ne contient ni bromures, ni sels potassiques ou magnésiens. La vérité ne serait-elle pas

juste l'inverse de cette manière de voir? Rien ne s'oppose à ce qu'une communication ait autrefois existé entre la mer Rouge et la portion de la Palestine occupée maintenant par la mer Morte. Cette grande dépression entourée de montagnes élevées était alors remplie d'eau et un niveau commun existait entre toutes les parties liquides qui communiquaient ensemble. Beaucoup de ces bassins secondaires qui faisaient partie de la mer Rouge s'en sont trouvés séparés : l'eau qu'ils contenaient s'est évaporée et a laissé sur certains points d'épaisses couches de sel. Tels étaient les dépôts qui recouvraient l'emplacement des Lacs Amers avant l'établissement du canal de Suez.

La mer intérieure de la Palestine beaucoup plus large alors et plus profonde qu'aujourd'hui, puisque son niveau atteignait le niveau commun de l'Océan, a pu se trouver un jour isolée complètement. L'eau s'est évaporée et le niveau a baissé peu à peu : en même temps, l'eau s'est concentrée et a laissé déposer sur les bords qu'elle abandonnait graduellement, des couches de sel à peu près pur, semblable à celui des marais salants : telle serait l'origine des bancs de sel gemme des environs de la mer Morte. Aujourd'hui il ne resterait plus que l'eau mère de cet immense marais salant, eau mère riche en bromures, en sels de magnésie et de potasse : si elle ne disparait pas complètement, c'est qu'elle reçoit chaque jour, par différents affluents et surtout par le Jourdain, quelque chose comme 5 à 6 millions de tonnes d'eau. Un équilibre s'est établi entre l'arrivée des eaux nouvelles et l'évaporation de la masse ancienne, qui se réduit d'ailleurs en vapeur d'autant moins vite qu'elle est plus chargée de substances fixes. Tout s'explique donc aisément en admettant qu'une communication avec la mer Rouge ait pu exister d'abord, puis se fermer ensuite.

Une chaleur suffocante règne au fond de la dépression actuelle : rien de plus triste que cet étang encadré de hautes montagnes et dont les bords sont dépourvus de

Fig. 55. La Mer Morte.

toute végétation : on n'y voit ni un brin d'herbe, ni une plante quelconque; les oiseaux fuient ces rives désolées. L'animal qui tombe dans l'eau est repoussé par ce liquide d'une densité considérable. Aussi les Arabes disent-ils que celui qui tient à la vie ne doit pas s'aventurer sur la *mer Salée*.

L'énorme richesse de ces eaux en brome uni au sodium ou au magnésium a donné l'idée de les exploiter pour l'extraction de ce métalloïde : prises à des endroits éloignés de l'arrivée du Jourdain, elles contiennent jusqu'à 7 millièmes de brome, c'est-à-dire plus qu'aucune eau connue. Mais il ne faut certainement pas attendre des populations voisines la création d'établissements industriels : elles s'opposeraient au contraire certainement à des entreprises de ce genre faites par des étrangers; sans compter que l'insalubrité des bords de la mer Morte serait aussi un obstacle peut-être invincible.

LE GRAND LAC SALÉ DE L'UTAH.

Dans l'Amérique du Nord existe un lac dont les eaux sont fortement chargées de sel et qui présente avec la mer Morte plus d'un point de ressemblance. Il est situé à 4 degrés environ au Nord du parallèle de San-Francisco et à 10 degrés de longitude orientale de cette ville; l'État d'Utah, dans lequel il se trouve, est placé entre le Colorado et la Névada. Ce lac s'appelle le *Great-Salt-Lake* ou Grand lac Salé.

Le grand lac Salé de l'Utah[1] est célèbre par l'établissement sur ses bords de la secte des Mormons; sous la conduite de leurs chefs à la fois politiques et religieux, ils ont fondé des villes importantes dans un désert, où il n'y avait, avant eux, que du sel. Cette population tirée, en général, des bas-fonds des cités du nord de l'Europe, a été disciplinée par les prophètes de la re-

[1] Voir le *Tour du Monde*. — VI-390 et XXVII-185.

ligion naissante : ils l'ont maintenue, pliée au travail. On a vu sur un sol jusque là absolument stérile se développer les récoltes nécessaires à la vie de l'homme et pousser la plupart des arbres fruitiers de l'Europe. Ce sont là des résultats presque miraculeux que les Mormons peuvent inscrire dans leurs livres saints.

Le relèvement approché de la position du lac Salé n'a été donné qu'en 1845 par le colonel Frémont, lors de sa seconde expédition dans l'Ouest; des mesures exactes ont été, en 1849, faites par le capitaine Howard Stansbury.

Le lac a cent milles américains de longueur et une largeur de trente-cinq[1] : il a dû couvrir autrefois une

Fig. 36. Le Grand lac Salé.

bien plus grande étendue de terrain qu'aujourd'hui. On voit sur ses bords une série de falaises échelonnées et formant une succession de terrasses : elles indiquent l'existence d'une grande mer, dont les eaux se sont concentrées peu à peu dans les limites actuelles, et ont abandonné sur le sol qu'elles recouvraient primitivement une couche plus ou moins épaisse de sel. Il paraît même que, depuis les premières mesures faites par Frémont, le niveau de l'eau aurait encore baissé de près d'un mètre.

Cette circonstance expliquerait, ainsi que nous l'avons dit pour la mer Morte, l'énorme salure des eaux du lac des Mormons. On peut admettre également qu'il s'est produit un soulèvement lent d'un sol précédemment re-

[1] Environ 180 kilomètres de long sur 60 de large.

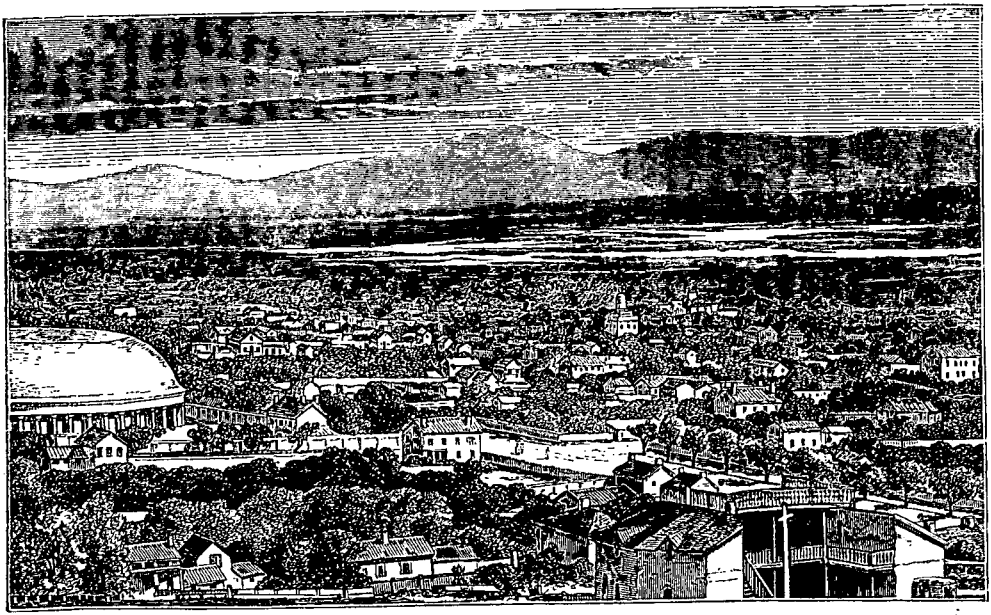


Fig. 37. Le Grand lac Salé de l'Utah et la cité des Mormons.

couvert par la mer : celle-ci se serait retirée peu à peu en abandonnant çà et là les lacs salés si nombreux dans l'Utah et dont le plus important est celui qui nous occupe. Une partie du plateau compris entre les Montagnes-Rocheuses et celles de la Sierra-Nevada n'a pas d'écoulement vers la mer. Ses eaux se rendent dans des lacs et, comme elles tombent sur des terrains imprégnés de sel, la salure des lacs va toujours en augmentant.

Le niveau du grand lac Salé est à 1260 mètres au-dessus du niveau de l'Océan : il diffère en cela de la mer Morte à laquelle il ressemble tant sous d'autres rapports; car celle-ci est à un niveau beaucoup plus bas que l'Océan. Il reçoit trois affluents principaux, la rivière de l'Ours, le Weber et le Jourdain. Au couchant les bords du lac sont d'une aridité absolue; ils sont formés d'un désert de sable, de sel et d'argile, où l'on ne rencontre pas une source.

L'eau du lac a le goût d'une forte saumure : il serait imprudent d'en boire même une faible quantité; mais on s'y baigne souvent. Elle est si dense que l'on n'a besoin de faire aucun effort pour nager : on n'a qu'à se coucher à la surface; la tête et les pieds émergent d'eux-mêmes hors de l'eau. Lorsqu'on en sort, on est bien vite recouvert d'incrustations salines que l'on pourrait racler au couteau. Aussi prend-on en général la précaution d'aller se plonger dans une eau douce voisine, afin de modérer les effets du premier bain. Il ne faut pas mettre la tête dans l'eau, ni surtout y tenir les yeux ouverts. On ressent bientôt des élancements intolérables et une cuisson analogue à celle que produit une pincée de tabac lancée dans les yeux. Il n'est pas besoin d'ajouter que les poissons ne peuvent vivre dans cette eau : cependant il paraîtrait que l'on trouve en quelques points une algue délicate et une matière organisée d'aspect mucilagineux, assez semblable à une mousse qui adhérerait aux rochers.

On peut extraire le sel de l'eau du lac par l'évaporation dans des chaudières : trois ou quatre mesures d'eau suffisent pour obtenir une mesure de sel. Mais, le plus souvent, on le recueille simplement sur les parties du rivage où le vent pousse les vagues : il en résulte une sorte de marée montante, dont l'eau s'évapore en déposant du sel : les enfants le ramassent; on le charge ensuite dans des charrettes et on le vend au détail à raison d'un demi-cent (2 centimes et demi) la livre. Lorsqu'on veut saler des viandes, il suffit de les plonger pendant 12 ou 15 heures dans l'eau du lac : elle agit comme une véritable saumure, et la viande peut ensuite se conserver sans autre préparation.

Plusieurs îles se voient au milieu du lac : l'une des plus curieuses est la Roche-Noire (Black-Rock). On l'aperçoit de la cité du lac Salé, sous la forme d'un petit piton qui se dresse au-dessus de l'eau et présente l'aspect d'une pyramide tronquée. Le principal affluent du lac est celui qui passe près de la capitale des Mormons et auquel ils ont donné le nom biblique de Jourdain. Il descend du lac d'Utah, qui n'est formé que d'eau douce et dont l'étendue est beaucoup moindre que celle du lac Salé. Une évaporation très active, attestée souvent par des brumes épaisses, se produit sur toute la surface de ce dernier et lui enlève régulièrement une quantité d'eau égale pour le moins à celle qu'il reçoit : il n'est pas besoin d'admettre que le lac ait un écoulement souterrain, ainsi qu'on l'a supposé quelquefois. La conservation et même l'accroissement de la salure des eaux est du reste en opposition complète avec cette manière de voir.

LE LAC ELTON.

Les steppes qui environnent la partie inférieure du cours du Volga sont formées d'un terrain argileux, encroûté de sel, et au milieu duquel on rencontre un grand nombre de bassins d'eau salée plus ou moins étendus :

le plus célèbre est le lac Elton ou Yelton. Le nom d'*Altan-Nor*, que lui donnent les Kalmoucks et les Kirghis, signifie *lac Doré* et lui vient de ce que ses eaux éclairées par le soleil ont un reflet rougeâtre. Rien de triste d'ailleurs comme la région désolée qui l'entoure : nulle part la verdure ne contraste avec l'argile jaune ou brune sur laquelle se détachent des stries salines blanches. Le lac a environ 80 kilomètres de tour : sa forme est elliptique et régulière. Les rives en sont escarpées; mais la profondeur est faible, et presque partout on peut le traverser à gué. Quand le vent souffle, la masse d'eau se déplace : la cuvette, mise à sec d'un côté, déborde de l'autre et les eaux s'amoncèlent sous l'action de la houle à une hauteur de plus d'un mètre. Il reçoit plusieurs ruisseaux ou sources salées; les unes jaillissent sur ses bords, les autres au milieu même du lac.

Les eaux du lac Elton se concentrent naturellement par l'évaporation, arrivent à la saturation et laissent déposer une masse considérable de sel que l'on exploite depuis fort longtemps : cependant il reçoit assez d'eau pour n'être jamais à sec, comme beaucoup d'autres petits lacs environnants. Chaque année, le sel forme une nouvelle couche séparée de la précédente par une croûte de limon noir. Dans les endroits que l'on exploite, on lève jusqu'à quatre ou cinq couches de sel, après quoi on ne trouve plus guère qu'une masse limoneuse. Cependant, sur certains points, le lit du lac est composé d'un grand nombre de couches d'une extrême dureté, formant une masse cohérente que l'on n'a pas encore sondée à une grande profondeur. Les ouvriers ne s'attaquent jamais à cette roche de sel dur. Ils se bornent à exploiter les couches récentes plus faciles à entamer.

Le sel est produit par l'évaporation de l'eau, c'est donc à la surface qu'il se forme. Ce sont d'abord de petites pellicules qui, en se réunissant, finissent par former une masse assez lourde pour tomber au fond : elle se

réunit alors à la croûte saline déjà déposée. En un mot, le lac Elton est un véritable marais salant naturel, dont l'eau se renouvelle incessament[1] et dont les dépôts s'accumulent d'année en année au milieu d'une vase argileuse. Ils arriveront ainsi à former un banc de sel enveloppé d'argile salifère, comme le sont tous les gisements de sel gemme.

L'exploitation commence ordinairement au printemps : elle occupe 12 à 1500 ouvriers, protégés par quelques postes de Cosaques établis dans la région des lacs. Cette précaution est devenue nécessaire depuis l'établissement des Kirghis, peu redoutables d'ailleurs quand ils ne sont pas au moins dix contre eux. Les maisons des ouvriers sont en bois et habitées surtout par un certain nombre d'animaux désagréables et d'araignées venimeuses : les habitants humains couchent en plein air, sur le toit en terrasse ou sous son rebord avancé. L'extraction du sel se fait dans les parties les moins profondes du lac. Les ouvriers se réunissent par groupes à l'endroit où doit se faire le travail : ils brisent la croûte supérieure de sel qui est rougeâtre et n'a pas la consistance suffisante; puis ils tirent à eux les autres couches qui offrent une grande solidité. Les morceaux sont lavés avec soin pour les débarrasser de la masse de vase qui les souille. On les charge alors sur des bateaux très plats et n'ayant par conséquent qu'un faible tirant d'eau : malgré cette précaution, il faut le plus souvent creuser une sorte de chenal jusqu'au point à exploiter, afin d'avoir assez d'eau pour les bateaux. Le sel enlevé des barques qui l'ont amené au bord est chargé sur des charrettes attelées de bœufs et transporté à Saratof. Une partie y est gardée dans les magasins impériaux; mais la plus grande partie est dirigée vers l'intérieur de la Russie.

[1] Les ruisseaux qui tombent dans le lac sont fortement salés : ils viennent des steppes où se trouve une montagne de sel, le Tschaptschatschi.

5° EXTRACTION DU SEL MARIN.

Les marais salants du Portugal. — Leur situation. — Forme du marais salant de Sétubal. — Mode d'exploitation. — Abandon des eaux mères sur le marais. — Composition du sel de Sétubal. — Rôle du feutre. — Salines de Lisbonne et d'Aveiro — Extraction du sel par la gelée en Russie. — Principe de l'opération. — Composition de ce sel.

LES MARAIS SALANTS DU PORTUGAL [1].

Le Portugal est par excellence un pays saunier. Favorisé par une température élevée et par des vents secs du nord-est qui règnent sur ses côtes, il produit chaque année au moins 250 000 tonnes d'un sel justement renommé : les deux tiers de ces produits sont exportés. On les recherche particulièrement pour les salaisons de poissons et de viandes, en Angleterre, en France, en Russie, au Brésil, en Hollande, etc.

L'industrie des marais salants, en Portugal, est groupée autour de quatre centres principaux : Sétubal, Lisbonne, Aveiro, les Algarves. Les procédés employés varient un peu dans chacune de ces localités : le plus curieux est celui qu'emploient les paludiers de Sétubal. Il est, en apparence, d'une grossièreté singulière et ne semble devoir donner que des produits d'une qualité inférieure : l'analyse chimique montre au contraire qu'ils doivent être rangés parmi les meilleurs et qu'ils méritent leur réputation.

La disposition des marais salants de Sétubal est des plus simples : chacun d'eux forme une vaste cuvette de 1 à 2 hectares, divisée en carrés égaux de 100 à 150 mètres carrés de superficie et de 20 centimètres de profondeur. Ils sont isolés les uns des autres par des chemins ou digues de 1 mètre environ et communiquent

[1] Aimé Girard. — Annales du Conservatoire des Arts et Métiers et Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1872.

chacun en particulier avec un grand réservoir destiné à emmagasiner l'eau de mer. Dans les marais français, les divers compartiments ont des fonctions spéciales et différentes : les uns servent à la purification de l'eau de mer, d'autres fonctionnent comme chauffoirs, c'est-à-dire comme appareils de concentration préalable, d'autres enfin reçoivent le sel provenant de l'évaporation. A Sétubal, tous les carrés ont la même fonction : l'eau de mer y arrive directement du réservoir, s'y évapore et laisse déposer sur place le sel qu'elle renfermait.

A l'automne, quand la saunaison est terminée, on abandonne sur le marais les eaux mères magnésiennes, laissées par les récoltes de l'année, et on le recouvre de 50 à 60 centimètres d'eau. Au printemps suivant cette eau s'évapore; et vers le mois de juin, les chaussées se découvrent : les carrés sont alors nettoyés, puis laissés à eux-mêmes, et rafraîchis seulememt de temps en temps par des eaux neuves prises au réservoir. La température élevée et l'action du vent amènent une évaporation rapide, qu'on laisse se faire presque à sec : en une vingtaine de jours, elle est terminée et l'on fait une première récolte. Chaque carré est recouvert d'une couche saline de 4 à 5 centimètres d'épaisseur, presque sèche, à peine mouillée par une petite quantité d'eau mère.

Après le levage du sel, l'eau mère fort peu abondante est laissée sur le carré; une nouvelle quantité d'eau neuve prise au réservoir vient remplacer celle qui s'est évaporée et, vingt jours après, on peut faire une deuxième récolte; la nouvelle couche de sel obtenu a 2 ou 3 centimètres de hauteur. La seule différence entre cette opération et la première, c'est que l'évaporation n'est pas conduite à sec : on lève le sel, quand il est encore recouvert de 2 centimètres d'eau. Si la saison est favorable, on rajoute au liquide restant une nouvelle masse d'eau de mer et l'on tente d'obtenir une troisième récolte. Vers la fin de sep-

tembre, la campagne est définitivement terminée, et le marais est inondé, comme nous l'avons dit précédemment.

Les choses se renouvellent ainsi chaque année : les eaux mères sont laissées constamment sur le terrain, ce qui n'empêche pas la saunaison de recommencer chaque année avec une régularité parfaite. Il semblerait cependant que les sels magnésiens, ainsi abandonnés après chaque récolte, devraient par leur accumulation finir par rendre le travail impossible et produire des effets analogues à l'échaudement des œillets dans les marais de l'Ouest (voir page 115). On serait également tenté de croire que les sels de Sétubal doivent être fortement magnésiens et que ceux de la première récolte obtenus par une évaporation à sec sont imprégnés de quantités considérables de sels étrangers : ils seraient alors destinés à enlever à la façon d'une éponge non seulement les sels de magnésie contenus dans l'eau d'où ils proviennent, mais encore ceux qui sont restés après la seconde et la troisième récolte de l'année précédente. L'analyse d'échantillons pris dans deux marais différents montre que cette manière de voir est absolument contraire à la vérité.

MATIÈRES CONTENUES DANS LE SEL	MARAIS A		MARAIS B	
	1re récolte	2e récolte	1re récolte	2e récolte
Chlorure de sodium.	98,55	94,19	97,96	94,87
Chlorure de magnésium . .	0,10	1,82	0,43	2,00
Sulfate de magnésie	0,27	1,88	0,48	1,79
Sulfate de chaux	1,09	2,08	1,11	1,30
Matières insolubles.	0,01	0,03	0,02	0,04
	100,00	100,00	100,00	100,00
Eau hygrométrique.	6,9	10,4	9,7	9,2

Les sels de première récolte sont donc plus purs que

ceux de seconde : bien que fabriqués par une évaporation à sec, ils sont d'une pureté égale, ou même supérieure à celle des produits des salins de la Méditerranée. Les sels de seconde récolte levés sous l'eau se rapprochent des bons sels de l'Ouest.

Puisque le sel le plus pur est fourni par l'eau contenant toutes les eaux mères de l'année précédente, mais qui a séjourné fort longtemps sur le marais, il faut admettre que la nature du sol joue un rôle important dans la disparition des sels magnésiens et qu'elle est la cause principale de l'épuration des eaux.

Le fond du marais de Sétubal est recouvert de temps immémorial d'une couche de feutre, analogue à celui qui se produit dans les salins de la Méditerranée (voir page 82) : cette couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur est indispensable, d'après les sauniers portugais, à la production des récoltes. Son effet peut s'expliquer par un phénomène de dialyse : les membranes végétales ou animales sont, en effet, perméables aux sels cristallisables, mais à un degré différent suivant leur nature. La surface de feutre séparant l'eau concentrée et le sol perméable sur lequel elle repose peut jouer le rôle de diaphragme : si le chlorure de magnésium le traverse plus vite que le chlorure de sodium, l'eau de mer doit se purifier par son séjour sur le feutre, d'autant plus qu'elle y reste plus longtemps : la première récolte doit donc être de pureté supérieure à la seconde. Des expériences directes faites par M. Aimé Girard ont montré que cette explication est exacte : des mélanges divers de chlorure de magnésium et de chlorure de sodium soumis à la dialyse dans des conditions analogues à celles de Sétubal perdent une proportion de sel magnésien plus grande que de chlorure de sodium. On peut donc admettre que, dans les singuliers procédés de Sétubal, la saunaison est précédée d'une épuration de l'eau se faisant d'elle-même, sous l'action du feutre, et principalement pendant l'hiver.

Le procédé suivi dans les marais de Lisbonne est une sorte de compromis entre celui de Sétubal et le procédé des salins français de la Méditerranée. A Aveiro, on opère à peu près comme dans les marais de l'Ouest de la France : mais l'exploitation est conduite avec beaucoup de soin et de méthode. Les résultats suivants permettent de comparer, au point de vue de la pureté, les produits obtenus à Lisbonne et à Aveiro avec ceux de Sétubal dont nous avons précédemment donné la composition.

	LISBONNE		AVEIRO
	1re récolte	2e récolte	sel de 1866
Chlorure de sodium.	97,08	94,03	98,62
Chlorure de magnésium. .	0,78	2,15	0,18
Sulfate de magnésie. . . .	0.56	2,54	0,16
Sulfate de chaux.	1,54	1,47	0,64
Matières insolubles.	0,04	0,01	0,40
	100,00	100,00	100,00
Eau	2,3	8,3	4,5

En résumé, il y a analogie entre les sels de première récolte à Sétubal ou à Lisbonne et ceux de nos salins du Midi : les sels de seconde récolte et ceux d'Aveiro se rapprochent des produits de l'Ouest de la France ; mais ils ont sur ces derniers une supériorité incontestable. Ils sont en effet d'une blancheur parfaite et ne renferment que fort peu de matières terreuses.

EXTRACTION DU SEL PAR LA GELÉE.

La Russie possède d'assez nombreux lacs salés dont les eaux sont exploitées : mais l'étendue de son territoire l'oblige à s'approvisionner en sel de bien des côtés différents. Nous verrons qu'une partie du produit des grandes salines de Wieliczka est exportée en Russie. Sur les côtes de Crimée, on utilise certains bassins naturels

qui se trouvent dans la mer Noire. Les vents persistants de l'hiver y chassent l'eau de mer qui les remplit : quand vient l'été, cette eau se concentre, et les bassins se dessèchent même complètement en se recouvrant d'une couche de sel. Vers la fin de juillet, on le lève à la pelle et on le met en tas.

Dans les régions septentrionales de la Russie, on procède à l'extraction du sel par la gelée. Cette méthode est basée sur la propriété que l'eau saturée de sel marin possède de se congeler à un degré de température bien plus bas que l'eau douce. Il en résulte que l'eau faiblement salée, exposée en grandes masses à quelques degrés au-dessous de 0°, se partage en deux portions, à savoir en eau pure ou presque pure qui se gèle, et en eau plus chargée de sel qui reste liquide. On enlève la glace et on se procure ainsi des eaux concentrées, surtout si l'on répète plusieurs fois l'opération. Le froid peut donc remplacer l'action du soleil : mais cela n'est possible que jusqu'à un certain point, et il est nécessaire d'achever, au moyen du feu, l'évaporation des eaux amenées à saturation par l'action de la gelée.

Ce procédé est applicable dans les pays froids et dans les pays tempérés : mais on n'en fait régulièrement usage que dans le nord ; ce n'est que par occasion qu'on l'applique à l'exploitation de quelques sources salées des pays tempérés. Pour qu'il fût d'un bon usage, il faudrait y joindre une purification des eaux salées : elles contiennent presque toujours du sulfate de magnésie qui, à la température à laquelle le liquide est exposé, réagit sur le chlorure de sodium. Il se forme ainsi du sulfate de soude et du chlorure de magnésium avec décomposition d'une quantité proportionnelle de sel marin. Une addition préalable de chaux empêcherait ces réactions et permettrait d'obtenir un sel très pur, tandis que le produit russe est en général de qualité très inférieure.

On peut en juger par les résultats suivants obtenus sur

quelques sels des salines des environs d'Irkoutsk et sur celui de la mer d'Okhotsk.

	SEL DE LA MER D'OKHOTSK	SEL DES SALINES D'OUSTKOUT	SEL DES SALINES D'IRKOUTSK	SEL DES SALINES DE SELENGINSK
Chlorure de sodium.	77,00	74,84	91.49	74,71
Sulfate de soude. . .	13,60	15,20	2,76	13,80
Chlor. d'aluminium. .	6,20	1,17	2,60	6,50
« de calcium. . .	0 94	5,21	1,10	1,44
« de magnésium.	1,66	3,57	2,05	3,55
	100,00	100,00	100,00	100,00

Il est évident que ces sels sont très impurs et qu'il faut l'attribuer à la basse température que les eaux ont subie. Le chlorure d'aluminium existe dans les eaux de la mer d'Okhotsk, ainsi que des expériences directes l'ont démontré : mais le sulfate de soude est le résultat de la méthode employée. En traitant les eaux par la chaux, on précipiterait l'alumine et la magnésie; il se formerait du sulfate de chaux. On préviendrait ainsi la formation du sulfate de soude, et celle d'une quantité équivalente de chlorures déliquescents de magnésium et d'aluminium. Il paraît que dans l'état ordinaire de la fabrication, les sels ainsi obtenus présentent des inconvénients pour la santé : on leur attribue souvent le développement des affections scorbutiques fréquentes dans ces pays. En tout cas, ils sont fortement déliquescents et éprouvent en magasin des déchets considérables qui améliorent, il est vrai, leur qualité.

CHAPITRE X

Sel gemme

1° ÉTAT NATUREL ET EXPLOITATION DU SEL GEMME.

Aspect du sel gemme. — Sel décrépitant dans l'eau. — Le sel se rencontre dans presque tous les terrains. — Constance de ses caractères. — Uniformité dans le mode de formation. — Explication de la formation du sel par les eaux marines. — Gypse et anhydrite. — Sels potassiques. — Le gisement de Cardona. — Le sel en Colombie. — Composition du sel gemme. — Son exploitation. — Salines de Ho-boung. — Salines de Jeypore.

Le sel gemme est un agrégat schisteux, fibreux ou granuleux de sel de cuisine, ou chlorure de sodium. Il se reconnaît aisément à sa saveur particulière, à sa solubilité dans l'eau et à son clivage cubique (voir page 11). Les variations que présentent entre eux les différents sels gemmes tiennent à l'immixtion du chlorure de magnésium et du chlorure de calcium, d'autres substances communiquent au sel primitivement incolore certaines teintes spéciales : l'oxyde de fer le colore en rouge, les composés cuivreux en vert, le bitume en gris ou en bleu. Beaucoup de ces colorations sont dues à la présence de matières organiques et disparaissent par l'action de la chaleur. Dans certaines localités, à Wieliczka, à Stassfürt, le sel renferme des vésicules contenant des gaz condensés, hydrogène, acide carbonique, carbure d'hydrogène. Ces échantillons ont la propriété de décrépiter quand on les met dans l'eau : à mesure que les parois des cavités où le gaz est renfermé sont amincies par la dissolution dans l'eau, le fluide élastique comprimé les fait éclater avec bruit.

Le sel gemme se rencontre, soit en bancs d'aspect stratifié, soit en amas d'un volume quelquefois énorme. Les substances minérales qui l'accompagnent presque constamment sont le gypse, l'anhydrite et la dolomie[1]. Les masses de sel sont, en général, enveloppées d'argile ou même intimement mélangées avec cette roche, de manière à former une argile salifère.

On trouve le sel gemme dans les terrains stratifiés, où il occupe des étages différents suivant les contrées. Les couches salifères les plus anciennes, au point de vue géologique, sont celles que l'on a découvert aux États-Unis dans le terrain silurien. En France, en Angleterre, en Allemagne, dans les Alpes du Salzbourg et du Tyrol, c'est dans le terrain de trias que se trouvent les principaux gisements : ceux de Stassfürt ou ceux d'Iletzk, près d'Orembourg, appartiennent à un niveau inférieur au terrain permien. L'étage tertiaire, particulièrement dans ses couches moyennes (miocène), nous offre, sur certains points, des dépôts salins remarquables par leur importance et l'ancienneté de leur exploitation. Tels sont ceux que l'on désigne ordinairement par le nom de Wieliczka et qui s'étendent le long de la chaîne des Karpathes, en Galicie, en Hongrie, en Moldavie et en Transylvanie. La montagne de sel de Cardona, en Espagne, appartient aussi au terrain tertiaire. Enfin les formations actuelles contiennent des dépôts de sel qui affleurent alors la surface du sol ; ils ne peuvent se conserver que si les conditions où ils se trouvent les mettent à l'abri de l'action de l'eau. Le tableau suivant donne un résumé de la situation géologique des grands gisements de sel[2].

[1] Le gypse et l'anhydrite sont formés de sulfate de chaux : le premier, qui n'est autre que la pierre à plâtre, contient en outre de l'eau, La dolomie est un carbonats double de chaux et de magnésie.

[2] Credner. *Traité de Géologie et de Paléontologie.*

FORMATIONS GÉOLOGIQUES	LOCALITÉS OU SE TROUVENT DES GISEMENTS DE SEL
Actuelles.	Sel des steppes des Kirghises; en Arabie; dans l'Amérique du Sud; sel des bords de la mer Morte.
Tertiaires	Cardona, en Catalogne; Wieliczka et Bochnia, en Pologne; Asie-Mineure; Arménie; Rimini, en Italie; en Louisiane.
Crétacées.	Sources salées de Westphalie; Algérie.
Jurassiques. . . .	Source de Rodenberg; Bex, dans le canton de Vaud.
Marnes irisées . .	Lorraine; Franche-Comté; Hall, en Tyrol; Hallein et Berchtesgaden, près Salzbourg.
Muschelkalk . . .	Cours supérieur du Necker et du Kocher (Wurtemberg); Ernsthall et Statternheim (Thuringe).
Grès bigarrés . .	Hanovre; Brunswick; Angleterre.
Dyas	Gera, Arten (Thuringe); Stassfürt, Halle, Speremberg; Steppes kirghises, sur le fleuve Ilek.
Carbonifères . . .	New-River (Virginie septentrionale); Durham, Bristol (Grande-Bretagne).
Dévoniennes. . . .	. . . . .
Siluriennes. . . .	Virginie septentrionale; Salina et Syracuse, dans l'état de New-York; Saginaw, dans le Michigan.

Bien que situés à des étages géologiques si différents, les gisements de sel gemme présentent toujours un ensemble de caractères constants : cela tient à ce qu'ils se sont tous formés dans des conditions analogues. Souvent ils sont contemporains du terrain qui les enclave : mais fréquemment aussi, ils sont évidemment postérieurs aux formations au milieu desquelles ils se trouvent : ils se sont alors déposés après coup, soit sur les couches précédemment existantes, soit dans des cavités formées au milieu de ces couches et qui se sont remplies d'un amas de sel. Quant à l'origine de la matière minérale elle-même, on la trouve dans l'évaporation d'eaux marines analogues à l'eau de mer actuelle. L'Océan est aussi inépuisable pour la production du sel que le soleil pour fournir la chaleur nécessaire à l'évaporation de ses eaux. La présence constante du gypse (sulfate de chaux hydraté) dans les bancs de sel, la dissémination de celui-ci au milieu d'argiles imperméables; enfin, l'existence des masses parfois énormes de sels potassiques et magnésiens, observées dans les sondages de Montmorot et surtout dans les gisements de Stassfürt, ne peuvent laisser aucun doute sur l'origine marine des bancs de sel. Remarquons enfin qu'on n'y trouve jamais de fossiles, la vie étant impossible dans une eau saturée de sel.

Cherchons à nous rendre compte de la façon dont ces gisements minéraux ont pu se former.

Quand on procède dans une saline à l'évaporation de l'eau de la mer, il se précipite d'abord du carbonate de chaux, mélangé d'oxyde de fer; il se dépose en second lieu du sulfate de chaux hydraté ($CaO, SO^3 + 2HO$), véritable pierre à plâtre artificielle, puis une couche de sel marin dont la partie inférieure est mélangée de sulfate de chaux et la partie supérieure de sulfate de magnésie. La potasse apparaît ensuite sous deux formes successives : on obtient d'abord un sulfate double de potasse et de

magnésie[1], et ensuite du chlorure double de magnésium et de potassium[2]. L'ensemble de ces dépôts successifs est recouvert d'une solution, à 38 degrés Baumé, de chlorure de magnésium mélangé de bromures, qui peu à peu disparaît dans le sol par infiltration.

Supposons qu'on laisse ces produits sans les lever. Au printemps suivant, une nouvelle masse d'eau de mer arrive sur le sol recouvert des dépôts antérieurs. Les sels de la couche supérieure seront redissous complètement, parce que l'eau de mer ne les contient qu'en faible proportion : il n'en sera pas de même pour le sel marin; une partie seulement pourra se redissoudre et donnera une eau très concentrée. Celle-ci en s'évaporant laissera déposer une lame de sulfate de chaux qui recouvrira le sel non dissous : il se formera ensuite une couche de sel marin et enfin une couche de produits magnésiens et potassiques dans l'ordre précédemment indiqué. Le même effet peut se reproduire chaque année; mais si, après un certain temps, l'arrivée de l'eau de mer s'arrête, nous aurons finalement une épaisse couche de sel marin reposant sur le sulfate de chaux, ou gypse, et entremêlée de couches de ce sulfate : elles séparent le travail de chaque année et pourront presque servir à déterminer le temps qu'a duré la formation saline, comme les couches de bois permettent de trouver l'âge d'un arbre[3]. Que toute cette masse se recouvre d'une couche d'argile imperméable, et soit ainsi soustraite à l'action dissolvante de l'eau de pluie, elle pourra dès lors se conserver intacte pendant un temps presque indéfini.

Certains gisements, ceux de Stassfürt, par exemple, présentent précisément dans les couches de sel la disposition que nous venons d'indiquer et que l'on retrouve

[1] $KO, SO^3 + MgO, SO^3 + 6\,HO$.

[2] $KCl + MgCl + 12\,HO$.

[3] Nous avons constaté un caractère de cette nature dans les dépôts du lac Elton (voir page 201).

d'une manière plus ou moins nette dans tous les dépôts de sel gemme. On peut donc regarder leur formation comme due à des phénomènes analogues à ceux qui viennent d'être décrits. La grande masse d'eau de mer, dont il faut admettre l'évaporation, n'est pas un obstacle à cette manière de voir. Il n'est pas, en effet, nécessaire qu'elle ait existé à la place même où s'est formé le dépôt de sel, et qu'elle y ait eu une épaisseur énorme. Les eaux d'un océan peuvent pénétrer graduellement dans une mer intérieure à évaporation rapide et y déposer tout le sel dont elles sont chargées. Nous en avons un exemple frappant dans le Kara-Boghaz, ce lac où la mer Caspienne vient constamment se dessaler en donnant naissance à des bancs qui deviendront plus tard les sels gemmes de l'époque géologique actuelle.

Les sels potassiques et magnésiens ont été rencontrés abondamment au-dessus de certaines couches de sel, ainsi qu'on l'observe à Stassfürt. Il peut fort bien arriver que la surface couverte par l'eau marine aille en diminuant à mesure que celle-ci se concentre : les eaux-mères s'accumulent finalement sur un point déterminé, où la profondeur est plus grande. C'est là que s'achève l'évaporation et que se forment les dépôts de sels potassiques et magnésiens. La mer Morte, si elle venait à se dessécher, donnerait naissance à un gisement analogue par sa constitution à celui de Stassfürt.

Les gisements de sel sont ordinairement situés à une certaine profondeur au-dessous du sol : ce n'est que par exception qu'on en trouve à fleur de terre. L'un des gîtes salifères les plus curieux de cette dernière espèce est celui de Cardona, en Catalogne. On y voit une véritable montagne de sel qui s'élève à plus de 100 mètres au-dessus de la vallée : les couches de sel gemme présentent des zones de diverses nuances parmi lesquelles dominent le rouge ou le vert, et sont limitées de tous côtés par des escarpements verticaux. L'absence de toute

végétation et la bizarrerie de sa forme distinguent cette montagne de toutes celles qui l'environnent : l'action de l'eau a produit, en effet, de toutes parts, des saillies et des dentelures d'un aspect tout particulier. On exploite la masse de sel, comme une carrière à ciel ouvert et on enlève les blocs de manière à former une série de gradins.

M. André[1], lors de son voyage dans l'Amérique équinoxiale, a observé sur les bords du Rio-Upin, en Colombie, un gisement de sel analogue (fig. 38). A la suite d'un éboulement, on vit apparaître, en 1870, des bancs de sel d'une grande épaisseur et d'une transparence parfaite. Ils sont simplement recouverts d'une couche de terre végétale argileuse, d'un brun foncé. On les exploite pour le compte de l'État : mais, par suite de la façon dont l'opération est conduite et du gaspillage auquel elle donne lieu, cette mine rapporte à la Colombie *un millier de francs* par an.

Le sel gemme est quelquefois absolument pur. On trouve dans les mines de Wieliczka, et particulièrement dans la couche inférieure du gisement, une variété de sel désignée soug le nom de *szybicksalz*, qui est d'une limpidité et d'une transparence parfaite (voir page 244).

Mais, le plus souvent, le sel gemme contient, en proportions très variables, les matières salines qui entrent dans la composition de l'eau de mer, c'est-à-dire des chlorures et des sulfates divers. L'existence du sulfate de chaux et du chlorure de magnésium dans les bancs de sel est une preuve qu'ils ont pris naissance dans des eaux marines. L'argile est, en outre, fréquemment mélangée au sel dont elle trouble la transparence. Mêlées intimement en proportions à peu près égales, ces deux substances constituent l'argile salifère. On jugera, par le tableau suivant, du degré de pureté des sels gemmes de différents pays :

[1] *Tour du monde*. Tome XXXV, page 151.

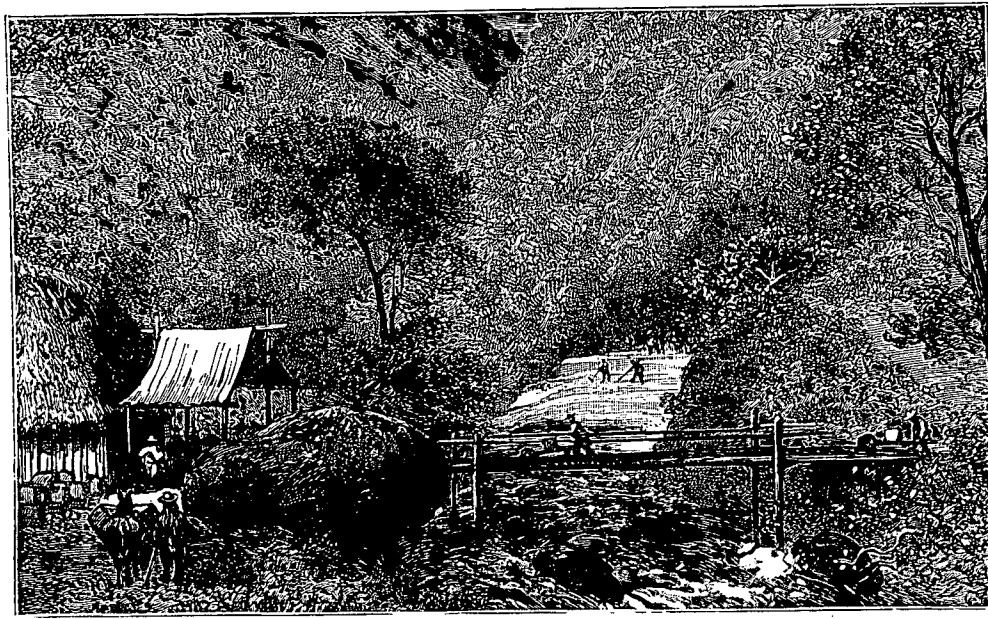


Fig. 38. La montagne de sel du Rio-Upin, en Colombie.

COMPOSITION DE QUELQUES SELS GEMMES

SUBSTANCES	AUTRICHE	BAVIÈRE	ANGLETERRE		ALLEMAGNE	FRANCE		ESPAGNE
	WIELICZKA	BERCHTESGADEN	NORWICH	CHESHIRE	HALLSTADT	VARANGÉVILLE	VIC	CARDONA
Chlorure de sodium. .	100,00	99,85	98,05	98,30	98,14	93,84	97,80	97,87
— de magnésium.	traces	0,15	0,17	0,05	1,86	0,09	. . . . .	0,14
— de calcium. . .	. . . . .	traces	0,13	. . . . .	. . . . .	0,05	. . . . .	0,14
Sulfate de chaux. . .	. . . . .	. . . . .	0,41	1,65	. . . . .	3,07	0,30	0,88
Matières insolubles. . .	. . . . .	. . . . .	1,05	. . . . .	. . . . .	2,74	1,90	0,85
Eau.	. . . . .	. . . . .	0,19	. . . . .	. . . . .	0,21	. . . . .	0,12
TOTAL.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

L'exploitation du sel gemme se fait de différentes façons. En France, on ne retire actuellement que fort peu de sel en roche et l'on opère surtout par la méthode des trous de sonde. Autrefois on se bornait à utiliser l'eau salée provenant des sources sortant des terrains salifères. Ce moyen est encore employé dans beaucoup de pays. Francis Garnier, dans son voyage en Indo-Chine, a visité les exploitations de Ho-Boung (fig. 39). L'eau salée extraite au moyen de pompes manœuvrées à la main est recueillie dans des auges en marbre : chacune de celles-ci sert à l'entretien d'une chaudière d'évaporation, dans laquelle on renouvelle l'eau constamment pendant 48 heures. Au bout de ce temps on achève d'évaporer le liquide, et il reste un bloc de sel très blanc, solide, ayant la forme de la chaudière et pesant environ 60 kilogrammes.

Ailleurs, comme à Jeypore dans l'Inde, on trouve de grandes plaines dont le sable est tellement imprégné de sel que les habitants vivent de son extraction : ils lavent le sable et font évaporer l'eau de lavage en l'exposant au soleil. Ce pays extrait aussi beaucoup de sel du lac de Sambher. C'est une vaste nappe d'eau située à la limite des états de Jeypore et de Jondpore. Les eaux fortement salées proviennent de sources et sont utilisées pour l'extraction du sel. On l'obtient sous forme de plaques semblables au marbre et qui s'expédient dans l'Inde septentrionale jusqu'à Calcutta. Il est généralement préféré à celui des montagnes de Panjab, à cause de sa plus grande pureté.

Les procédés d'exploitation du sel gemme varient du reste beaucoup avec les pays : nous allons dans les numéros suivants de ce chapitre passer en revue ceux qui offrent le plus d'intérêt.

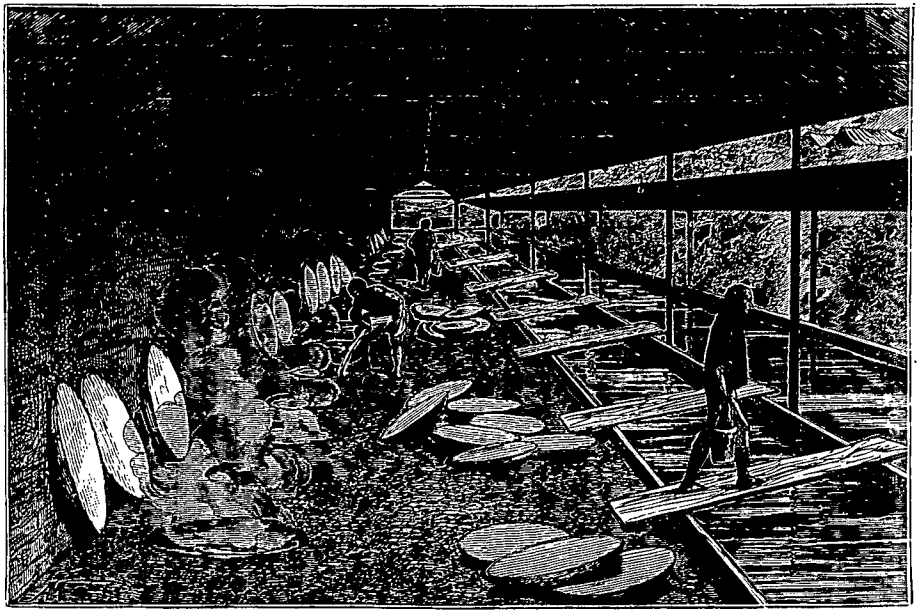


Fig. 39. Les salines de Ho-Bung, dans l'Indo-Chine.

2° LE SEL EN AUTRICHE.

A. — LES MINES DE SALZBOURG ET DU SALZKAMMERGUT.

Gisements de sel en Autriche. — Production du sel dans le Salzbourg. — Argile salifère. — Son exploitation. — Chambres de dissolution. — Mode d'action de l'eau dans les chambres. — Elargissement des chambres. — Solidité des chambres. — Préparation d'une chambre. — Disposition des mines par étages. — Communications entre les étages. — Le Rutschbahn. — Disposition de chaque étage. — Galeries. — Travail par l'eau. — Barrages. — Traitement de l'eau salée. — Sel en pains. — Son degré de pureté.

L'Autriche est un des pays de l'Europe les plus favorisés sous le rapport de la production saline. Sans parler du sel qu'elle peut retirer des marais salants, elle possède deux grands centres de dépôts salifères. L'un est situé dans les plaines qui avoisinent les Carpathes; il comprend : 1° au nord, les fameux gisements de Wieliczka et de Bochnia situés en Galicie; 2° au sud, les dépôts de Hongrie et de Transylvanie, avec les salines de Rhonaszeh et les bancs de sel des vallées de la Maros, de la Szamos et du Kis Küküllö.

L'autre grand dépôt de sel gemme, en Autriche, est situé dans la province de Salzbourg qui lui doit son nom. On y trouve les mines du Salzbourg, proprement dit, dont les principales sont celles d'Hallein, sur les flancs orientaux du Dürremberg, non loin de la petite ville de Gastein, et les mines du Salzkammergut, situées à Hallstadt, Ischl, Gmunden et Aussee. Le gisement du Salzbourg rayonne d'ailleurs dans tous les sens; vers le nord, dans la Haute Autriche; vers l'est, dans la Styrie; au sud, dans le Tyrol; enfin vers l'ouest, dans la Bavière, à laquelle appartiennent les pentes occidentales de la montagne d'Hallein, le Dürremberg. On rencontre du reste à chaque pas dans toute cette contrée une foule de localités ou de cours d'eau, dans le nom desquels entre soit le radical *salz* (sel), soit le vieux mot *hall*, qui a le

même sens et paraît remonter aux mineurs gaulois[1].

L'importance de ces gisements est énorme : les seules mines d'Hallein ont déjà fourni, pendant les six derniers siècles, plus de 10 millions de tonnes, et cependant elles sont certainement beaucoup moins riches que celles d'Ischl et d'Aussee. On peut d'ailleurs évaluer à peu près aux chiffres suivants la production annuelle du sel dans les Alpes autrichiennes.

	Tonnes
Tyrol (Hall), ...	22 500
Salzbourg (Hallein)	15 000
Salzkammergut (Hallstadt, Ischl, Gmunden).	60 000
Styrie	14 000

Toutes les salines dont nous parlons sont situées dans la zone calcaire du versant occidental des Alpes : le Salzkammergut en occupe à peu près le milieu. Il est traversé par la petite rivière de la Traun qui fait communiquer les lacs profonds d'Alt-Aussee, de Hallstadt et de Gmunden. C'est au bord de la Traun que sont les usines à sel : quant aux mines elles-mêmes, elles débouchent dans les vallées voisines, à une grande hauteur au-dessus du cours d'eau. Les gisements affectent, à Hallein et à Hall, la forme d'amas remplissant des bassins ou cuvettes : à Ischl et à Hallstadt, ils s'étendent surtout en profondeur.

Dans tous ces gisements, le sel gemme est rarement pur : il est d'ordinaire mélangé à l'argile et à la marne. Cette argile salifère est plastique, noirâtre et se délite à l'air : le sel est grenu, gris ou rougeâtre, mélangé de gypse et d'anhydrite. En général le sel et l'anhydrite forment des veines qui donnent à l'argile salifère un aspect

[1] Ces noms caractéristiques sont fréquents dans toute l'Allemagne. Ainsi les sources de sel les plus considérables et les mieux utilisées du Würtemberg sont celles de Hall, dans la vallée de la Kocher, à l'orient de Heilbronn. Les eaux salines y proviennent de gisements de sel gemme, où l'on a taillé des galeries et des salles, comme dans les mines de Wieliczka.

sédimentaire très prononcé. La présence du bitume a été constatée sur plusieurs points : enfin on trouve à Hallstadt, comme à Wieliczka, du sel à gros grains qui contient de l'hydrogène carburé et décrépite quand on le met dans l'eau. La richesse de l'argile salifère en chlorure de sodium est considérable : elle atteint 50 à 55 pour 100 à Hallstadt.

L'exploitation se fait d'une manière simple et originale dont l'invention, qui remonte à plusieurs siècles, a seule permis de retirer avec avantage le sel mélangé intimement à l'argile. On recueille dans les parties hautes des salines, les eaux douces qui jaillissent naturellement des terrains environnants, et on les amène par des canaux dans de vastes chambres creusées au milieu du gite salifère : elles corrodent l'argile en dissolvant le sel, se saturent peu à peu, et s'écoulent ensuite par des galeries percées à différents niveaux dans la montagne. La disposition des bancs par rapport au terrain environnant permet d'employer partout, dans le Salzkammergut, ce mode naturel d'écoulement des eaux saturées.

Le procédé consiste donc à lessiver l'argile salifère par un courant d'eau introduit dans des *chambres de dissolution.* Ce courant peut être continu ou discontinu : on peut admettre l'eau dans une chambre, la laisser se saturer, puis la faire écouler tout d'un coup : mais on peut aussi faire constamment sortir l'eau, à mesure qu'il en pénètre de la nouvelle, en réglant l'introduction et la sortie, de manière que le liquide extrait soit saturé de sel. De ces deux méthodes, la première, celle du lavage discontinu est la plus ancienne; elle fut introduite à Hallstadt, en 1311, par des mineurs venant de Hall, en Tyrol. Le lavage continu est une innovation récente et n'est encore employé qu'à titre d'essai. On exploite quelquefois du sel gemme par abatage ordinaire, mais seulement d'une manière accessoire.

Pour comprendre le travail le plus ordinaire, imagi-

nons une vaste cavité elliptique de quelques mètres de hauteur, dont le sol est formé d'argile en grande partie dessalée et dont le plafond est constitué par la même argile imprégnée et pétrie de sel. L'eau douce est amenée par une ouverture percée dans le plafond : elle tombe sur le limon qui couvre le fond de la chambre, dissout le sel qui tapisse les parois latérales et les ronge de plus en plus à mesure que son niveau s'élève. Les couches d'eau saturée de sel se tiennent alors au fond de la chambre, parce qu'elles sont plus denses : la densité et par conséquent l'état de saturation de l'eau va ensuite en diminuant jusqu'à la partie supérieure de la masse liquide. Pour que cet état persiste, il faut que l'introduction de l'eau se fasse rapidement : en l'amenant un peu vite, son niveau atteint le plafond de la chambre avant que les couches supérieures soient saturées. A partir de ce moment, l'eau dissout principalement le sel qui incruste le plafond : l'argile qui s'y trouve mélangée se délaye, tombe au fond de la chambre à travers le liquide, et la dissolution se sature complètement depuis le bas usqu'aux portions supérieures. On vide alors le liquide pour en extraire le sel.

Pendant ce travail, la chambre de dissolution s'est transformée. Elle s'est d'abord déplacée dans le sens vertical; car le plafond s'est élevé par le fait de la dissolution, et les débris qui en sont tombés ont, en même temps, exhaussé le sol de la chambre. Sa largeur s'est aussi augmentée par suite de l'action de l'eau sur les parois; mais d'une façon inégale, puisque l'eau des couches supérieures possède un pouvoir dissolvant plus considérable que l'eau saturée du fond. La chambre s'élargit donc en prenant la forme d'un entonnoir ou mieux d'un tronc de cône évasé par le haut.

Il semble étonnant que les chambres de dissolution, après avoir été vidées de l'eau qu'elles contenaient, ne s'effondrent pas et se soutiennent au contraire d'elles-

mêmes. Aujourd'hui, on opère avec quelques précautions : mais, dans les premiers temps de l'exploitation, on poussait des galeries, on établissait des chambres partout où la place promettait d'être riche. Il est même arrivé que, pendant ces travaux imprudents, deux ou trois chambres se sont réunies latéralement et ont formé un immense espace vide dont le plafond s'est cependant maintenu, malgré l'absence de tout soutien. On a vu des plafonds de plus de 3000 mètres carrés rester ainsi suspendus. Le sel paraît agir, en effet, à l'égard de l'argile, comme un véritable ciment et lui donner une consistance extraordinaire. Cependant une fois la chambre vidée, le plafond se dessèche et se délite : aussi ne peut-on interrompre l'exploitation d'une chambre pendant plus de cinq à six mois. Quand le plafond par son exhaussement successif est arrivé à la hauteur voulue, on remblaye l'excavation ainsi formée.

Comment s'y prend-on pour établir une chambre nouvelle? La surface elliptique, qui représente les dimen-

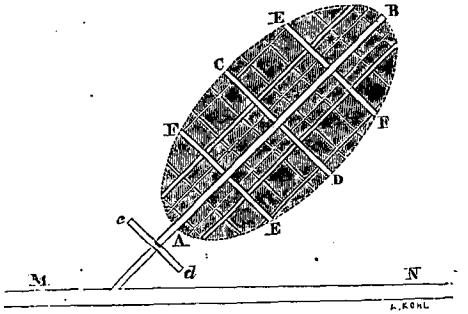


Fig. 40. Préparation d'une chambre de dissolution.

sions primitives de la chambre, est d'abord isolée au moyen d'un barrage d'argile *cd* (fig. 40) : on creuse ensuite, dans l'emplacement choisi, une série de galeries perpendiculaires entre elles, les unes plus grandes, AB;

CD, EF, les plus étroites, mais toutes à hauteur d'homme. Les galeries ainsi préparées sont alors inondées : l'eau maintenue par le barrage délaye l'argile salifère restée intacte entre les galeries; les piliers rectangulaires qui séparaient celles-ci disparaissent peu à peu, et, au bout de quelque temps, il ne reste plus qu'une cavité aplatie de forme elliptique et remplie d'eau saturée. Quand on l'a fait écouler, la préparation de la chambre est achevée.

L'exploitation générale de chaque gisement se fait par

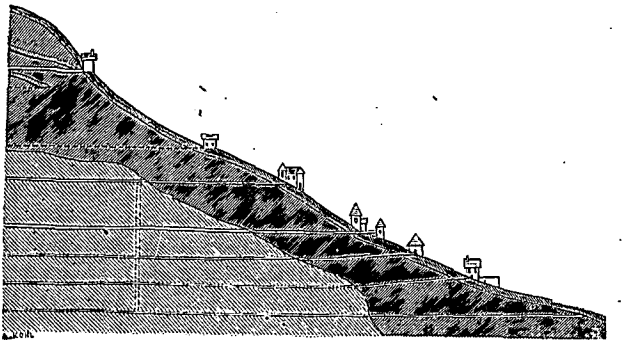


Fig. 41. Coupe des mines d'Hallein.

des étages superposés, distants les uns des autres d'environ 40 mètres et communiquant chacun avec l'extérieur par une galerie (fig. 41); dans chaque étage on exploite de bas en haut, comme nous venons de l'expliquer, et en commençant par les parties les plus éloignées de la galerie, qui sert à la fois de communication avec l'extérieur et de voie d'écoulement pour les eaux saturées. Chaque galerie porte ordinairement pour la distinguer le nom d'un empereur d'Autriche et aboutit au jour dans une maison habitée par un surveillant. On exploite en général plusieurs étages à la fois : dans ce cas, les chambres de dissolution sont placées verticalement les unes

au-dessus des autres. On a reconnu que cette disposition était préférable à celle qui consiste à les croiser, comme on le faisait autrefois.

Les communications des étages entre eux se font de trois façons : 1° par les puits verticaux ; 2° par les puits inclinés ; 3° par les *rutschbahnen* ou glissoires. Les premiers servent aux transports des matériaux, déblais et remblais : les puits inclinés sont en général munis d'escaliers pour les communications et de rigoles destinées

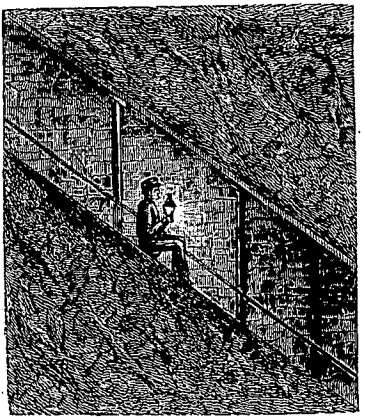


Fig. 42. Le Rutschbahn.

à l'introduction de l'eau dans les chambres. Le *rutschbahn* ou simplement *rutsch* est une des curiosités des mines du Salzbourg et du Salzkammergut : il consiste en une forte planche inclinée à 45 degrés (fig. 42), polie par le travail auquel elle sert et au-dessus de laquelle est tendue une corde. On s'assied sur la planche de la glissoire, on saisit la corde avec la main droite protégée par un fort gant de cuir et on s'abandonne à la descente dont on modère la rapidité, en serrant plus ou moins la corde avec la main qui fait fonction de frein.

La disposition particulière des mines d'Hallein, d'Hallstadt, etc., est toujours pour les visiteurs l'objet d'un étonnement particulier. On descend dans la mine par un premier *rutsch*, qui mène à l'étage supérieur ; un second, un troisième, un quatrième, etc., vous conduisent d'étage en étage. On voit ici des chambres de dissolution que l'on est en train de préparer, là d'autres chambres complè-

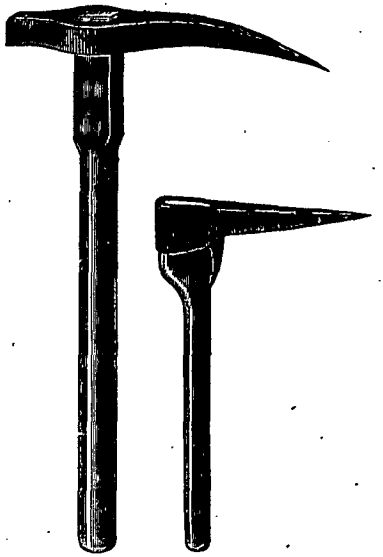


Fig. 45. Outils de mineur. — Pics.

tement vidées ; ailleurs on trouve de vrais lacs d'eaux salées. Mais pour visiter ces différentes choses très curieuses, on descend toujours. Ce n'est donc pas sans une certaine inquiétude, que l'on se demande comment l'on pourra remonter la hauteur verticale, que représentent tous les *rutsch* mis les uns au bout des autres, et comment on arrivera à revoir jamais la lumière du jour. Une dernière glissoire résout la difficulté de la manière la plus

inattendue ordinairement et la plus satisfaisante : elle dépose tout simplement le visiteur à l'entrée de la galerie inférieure, c'est-à-dire au pied de la montagne et en pleine campagne.

Le nombre des étages varie dans les différentes mines; il y en a neuf à Hallstadt, huit seulement à Ischl ; et encore quatre d'entre eux sont abandonnés comme complètement exploités. L'importance de la saline dépend surtout du nombre de chambres que l'on exploite simultanément : il est d'une trentaine environ à Hallstadt, sans compter les chambres qui sont en préparation ou qui viennent d'être vidées.

Chaque étage se compose de galeries et de chambres disposées conformément à un plan régulier ; mais comme la dissolution s'opère d'une façon inégale dans les différentes directions, on comprend que le plan primitif se modifie avec le travail lui-même.

Les galeries sont creusées à la poudre, au pic (fig. 43), ou par l'eau. On emploie la poudre pour cheminer dans le

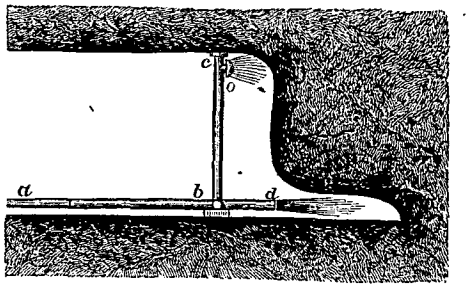


Fig. 44. Travail par l'eau. — Creusement d'une galerie dans l'argile salifère.

calcaire, l'anhydrite ou la marne compacte. Le pic suffit dans la marne ordinaire ou dans l'argile : deux ouvriers travaillent généralement ensemble l'un sur sa droite, l'autre sur sa gauche.

Le travail par l'eau a été inventé dans les mines dont

nous nous occupons et appliqué pour la première fois en 1841. Il consiste à dissoudre, par des jets d'eau, le sel qui cimente les parties argileuses ; il peut servir pour toute espèce d'avancement dans le gîte salifère même, soit qu'il s'agisse de préparer les chambres, de creuser les puits ou de faire des galeries. Prenons ce dernier cas comme exemple : on embranche sur la conduite d'eau douce la plus voisine une conduite secondaire *abd* (fig. 44), terminée par un tuyau vertical *bc*. Celui-ci est muni en haut d'une pomme d'arrosoir, d'où l'eau s'échappe en faisceaux divergents, vient frapper la paroi et la délaye peu à peu : en même temps, un jet puissant opère une sous-cave à la partie inférieure. A mesure que la galerie avance, on met une rallonge à la conduite secondaire. L'eau s'écoule sur le sol des galeries, se rassemble dans des rigoles et se rend dans les chambres de dissolution situées plus bas, où elle achève de se saturer. La figure 45 représente le forage d'un puits vertical au moyen de l'eau.

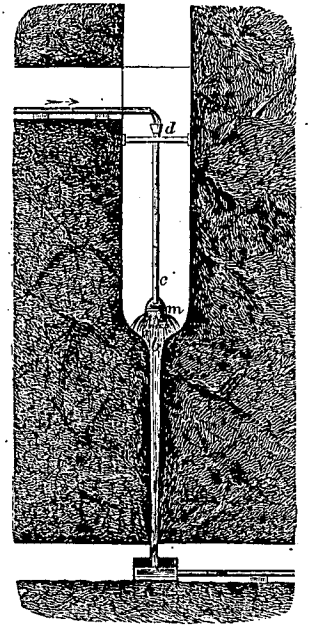


Fig. 45. Travail par l'eau. Forage d'un puits vertical.

Le travail par l'eau est très avantageux, surtout pour faire de petites galeries. Dans toutes les mines où l'on opère au moyen de chambres de dissolution, on l'emploie dans l'établissement des barrages qu'il est nécessaire de construire pour arrêter l'action de l'eau qui remplit les

chambres. A cet effet, on creuse par un travail à l'eau, des galeries d'une hauteur quelconque et d'un mètre environ de largeur; on les remblaye ensuite avec de l'argile ne renfermant plus de sel et fortement tassée au pilon. On obtient ainsi une sorte de mur complètement imperméable et capable d'empêcher l'eau, soit de pénétrer dans les galeries, soit d'établir une communication entre deux chambres.

En France, le travail à l'eau a été introduit, il y a quelques années, dans les mines de Varangéville, les seules d'ailleurs où l'on exploite encore par galeries.

Au moyen des procédés d'exploitation, que nous venons de décrire et qui sont spéciaux aux mines d'Hallein et du Salzkammergut, on arrive à obtenir une eau presque saturée de sel. Si l'on n'atteint pas la saturation complète, c'est à dessein et afin d'éviter les dépôts salins et les incrustations qui se produiraient dans les conduites. Celles-ci sont, en effet, assez longues et mènent l'eau salée qui sort des mines aux bâtiments de cuite construits au pied des montagnes de sel d'Aussee, d'Hallstadt et d'Ischl. Une quatrième usine plus importante que les trois autres réunies est établie à Ebensee et alimentée par l'eau qui lui est envoyée des mines.

Cette eau est reçue dans de grands réservoirs, où s'opère le mélange des liquides provenant des diverses mines et d'où elle passe dans les chaudières d'évaporation. Celles-ci sont en tôle : elles ont 20 mètres de long, 10 de large et 50 centimètres de profondeur. Elles reposent sur des piliers en briques réfractaires et sont chauffées par cinq foyers : pendant la cuite, l'eau est maintenue constamment à une hauteur de 32 centimètres. A mesure qu'elle s'évapore, le sel se dépose sur le fond de la chaudière : toutes les deux heures, on le retire au moyen de longs râbles et on le met en pains. Les vases qui servent à cet usage sont en bois et cerclés en fer : ils ont la forme d'un tronc de cône. Un ouvrier les remplit à la pelle,

pendant qu'un autre tasse fortement le sel au moyen d'un pilon. On obtient ainsi un pain analogue à un pain de sucre et que l'on dessèche fortement par une exposition dans une étuve.

Le sel se vend toujours en Autriche sous forme de pains: les pays voisins, le Wurtemberg, la Bavière, le vendent en barils ou en sacs. Mais les barils sont coûteux et d'autre part le sel en sacs prend de l'humidité, augmente de poids et excite la défiance de l'acheteur. Les fabricants de sel se préoccupent donc avant tout d'obtenir des pains bien consistants et capables de supporter de longs trajets. De là une manipulation qui renchérit le sel. Mais le gouvernement autrichien ne pourrait changer ce mode de fabrication sans provoquer un mécontentement général : tant il est vrai qu'il faut toujours, dans les choses ordinaires de la vie, compter avec les anciennes habitudes!

Tout le sel fabriqué dans le Salzkammergut se vend à Gmunden. Les pains ont un poids d'environ 16 kilogrammes : on en fabrique aussi de plus gros; mais ils tendent à disparaître. Le sel qui les constitue est assez pur, ainsi que le montre l'analyse suivante :

Sel en pains d'Ebensee.

Chlorure de sodium.	95,06
Chlorure de magnésium	0,79
Sulfate de soude.	1,64
Sulfate de chaux.	0,61
Eau	1,77
Résidu insoluble.	0,13
	100,00

Ainsi que nous le disions en commençant ce chapitre, les dépôts salifères du Salzbourg et du Salzkammergut s'étendent dans les contrées voisines, et leur prolongement en Bavière est également l'objet d'exploitations considérables : les plus importantes sont celles de Berchtesgaden, de Rèichenhall et de Rosenheim. Les deux premières, situées sur le versant du Dürremberg opposé à Hallein,

tirent parti des mêmes couches. Mais ses assises salifères, déjà utilisées dans les vallées montagneuses de la

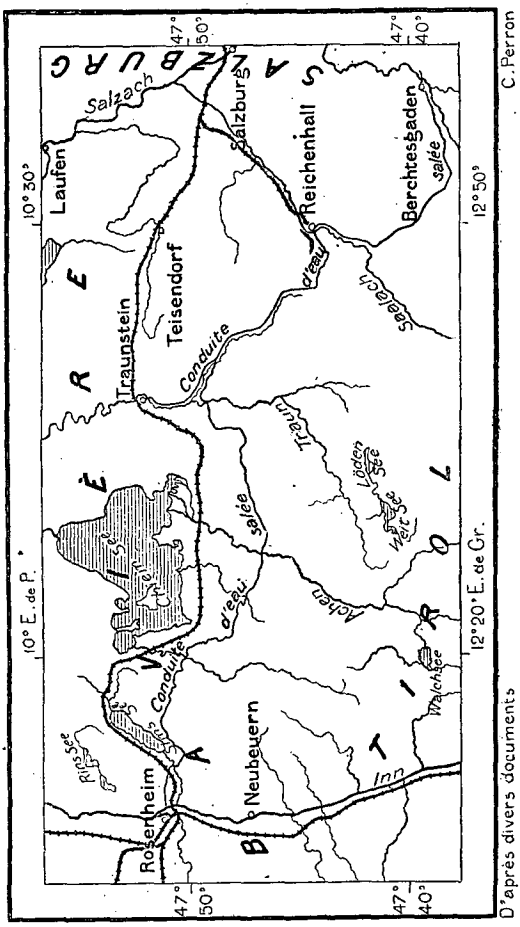


Fig. 46. L'aqueduc de Reichenhall.

Salzach et de la Saalach, le sont jusque dans la plaine, grâce au célèbre aqueduc (fig. 46), construit en 1817,

qui mène les eaux salées de Reichenhall à Trauenstein; il se continue à l'ouest, sur les pentes des montagnes jusqu'à Rosenheim, sur la rive gauche de l'Inn; avec ses courbes et toutes ses branches, l'aqueduc a plus de 95 kilomètres.

L'importance de ces salines est considérable : la production du sel est, en effet, de 11 500 tonnes à Reichenhall et de 13 000 tonnes environ à Rosenheim. Les procédés employés pour le traitement des eaux salées se rapprochent beaucoup des méthodes en usage dans les salines de l'est de la France.

B. — LES MINES DE WIELICZKA ET DE BOCHNIA.

Situation des mines. — Leur étendue. — Leur histoire. — Descente dans les mines. — Méthode particulière. — Description des mines. — Exagérations des voyageurs. — Grandeur des travaux. — Fêtes données à Wieliczka. — Chapelle Saint-Antoine. — Lac souterrain. — Accidents. — Incendies. — Le gisement de sel. — Grünsalz. — Spizza-salz. — Szybicksalz. — Étages de travaux. — Bois fossile. — Odeur de truffe. — Débris de coquilles. — Anhydrite. — Mode d'exploitation. — Travail au pic. — Formes des blocs de sel. — Travail dans les couches inférieures. — Charpentes et bûchers. — Épuisement de l'eau. — Mines de Bochnia. — Inclinaison des couches de sel. — Mauvaise exploitation. — Gisement de sel au sud des Carpathes. — Leur formation. — Abondance des sources et des bancs de sel.

Au bord des plaines de la Pologne et au pied des montagnes qui la séparent de la Hongrie, se trouvent les deux petites villes de Wieliczka et de Bochnia. La population de la première est de 6000 habitants; celle de la seconde dépasse 8000 âmes. Elles sont célèbres, la première surtout, par les gisements de sel gemme qui y sont exploités depuis plusieurs siècles. Les mines de Wieliczka sont les plus riches de l'Austro-Hongrie et peut-être du monde entier : elles sont renommées, non seulement à cause de la masse considérable qu'elles offrent à l'exploitation, mais encore par les travaux qui y ont été accumulés depuis leur découverte. Bien que de graves accidents s'y soient produits dans ces dernières années, elles conti-

nuent à fournir près de la moitié du sel que l'on retire, en Autriche, de la terre, de la mer et des sources [1].

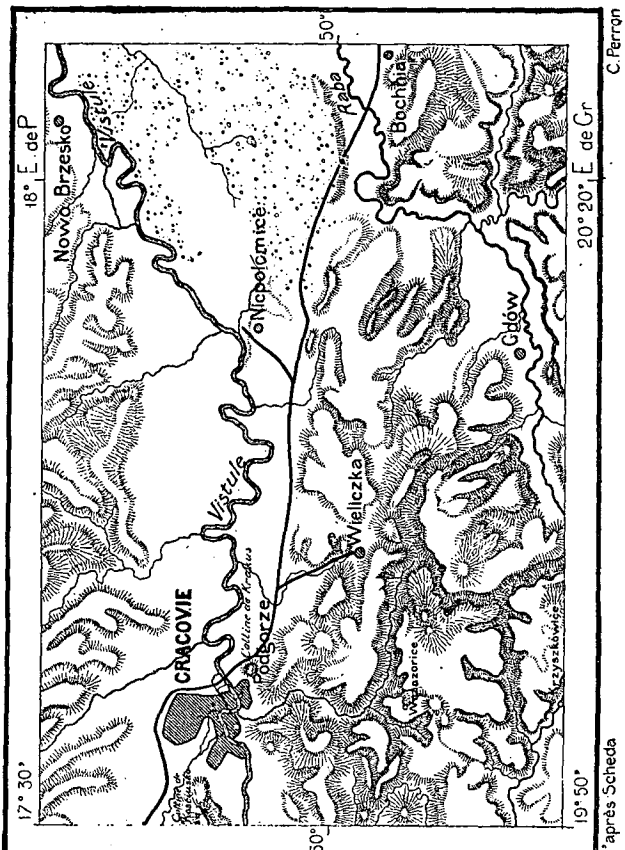


Fig. 47. Wieliczka et ses environs.

La ville présente de loin un aspect assez joli : du haut

[1] Production des mines de Wieliczka en 1879. . . 131 500 tonnes
« totale de l'Autriche. . . . . 282 240 »

des montagnes qui la dominent, la vue s'étend sur un vaste horizon (fig. 47); à peu de distance dans l'ouest, on aperçoit la ville de Cracovie : à l'est se trouve Bochnia. La vallée dans laquelle est bâtie Wieliczka est à 250 mètres environ au-dessus du niveau de la mer. Le sel y a été découvert, dit-on, par un berger nommé Wieliczk. L'exploitation régulière des mines commencée dans le treizième siècle n'a jamais été interrompue : aussi les galeries souterraines qui les constituent présentent-elles actuellement un développement de près de deux cents lieues, en les supposant placées les unes au bout des autres. Elles forment une série d'étages superposés et s'étendent sur une longueur de 3000 mètres, une largeur de 2000 et une profondeur de 312, de sorte que les derniers étages sont situés à 60 mètres environ au-dessous du niveau des mers.

Au quatorzième siècle, les mines de Wieliczka reçurent du roi de Pologne, Casimir le Grand, une véritable législation ; sagement administrées, elles deviennent très productives. Cent ans plus tard, la Pologne envahie par les Suédois et les Russes implora le secours de l'empereur Léopold d'Autriche : des troupes furent envoyées par lui; mais, en récompense, il exigea le payement d'un tribut et s'empara à titre de garantie des mines de Wieliczka. L'Autriche les conserva jusqu'au siége de Vienne par les Turcs ; elle les restitua alors au roi de Pologne Sobieski, dont le secours lui avait été si précieux en cette circonstance. En 1772, lors du démembrement de la Pologne, la Galicie devint la proie livrée à l'Autriche, qui rentra en possession des mines de sel des Carpathes.

Sous les rois de Pologne, elles faisaient partie des domaines de la couronne et fournissaient aux rois la plus belle part de leurs revenus : sur elles étaient hypothéqués les douaires des reines et les dotations des couvents. La noblesse polonaise, à chaque élection royale, ne manquait pas de stipuler que le sel de Wieliczka serait fourni à

chacun de ses membres, sauf à payer les frais d'exploitation.

Onze puits établissent la communication entre la surface du sol et les galeries des mines. Le visiteur qui veut y descendre est revêtu d'une sorte de grande chemise de toile grise destinée à préserver ses vêtements du contact du sel et de l'eau salée. Le puits d'extraction par lequel on descend le plus ordinairement a 64 mètres de profondeur (environ la hauteur des tours de Notre-Dame de Paris). La partie supérieure en est boisée parce qu'elle traverse un terrain de sables mouvants : mais la portion inférieure qui est taillée dans la masse de sel ou dans l'argile n'a besoin d'aucun étai. Un énorme câble enroulé sur un treuil est suspendu au milieu du puits.

On peut descendre de deux façons : par le puits d'extraction ou par un escalier de 500 marches environ. Bien que le second procédé paraisse au premier abord beaucoup plus naturel, les mineurs emploient toujours le premier. Ils se laissent monter ou descendre par le câble, comme un bloc de sel, ce qui se fait en un instant, plutôt que de se donner l'ennui de parcourir toute la longueur de l'escalier. Tout d'ailleurs est disposé de manière qu'on n'ait rien à craindre. Cependant la méthode de descente employée à Wieliczka peut paraître effrayante aux personnes qui n'ont pas l'habitude des exercices gymnastiques. On attache à un nœud du câble une certaine quantité de cordes, suivant le nombre des personnes qui doivent descendre. Chaque corde pliée en deux, comme une balançoire, porte dans le bas une sangle qui doit servir de siège et une autre qui forme un petit dossier : il en résulte une sorte de fauteuil aérien. On tire la corde au bord du puits, le visiteur s'assied et, lorsqu'il est bien installé, on laisse la corde reprendre la verticale. Il reste ainsi suspendu, les jambes pendantes, au-dessus du gouffre jusqu'à ce que tout le monde soit placé. Il en résulte une grappe d'hommes qui ressemble un peu à un

lustre, car chacun d'eux tient une lampe à la main. S'il y a un grand nombre de personnes, on les dispose en plusieurs paquets, le long du câble, les uns au-dessus des autres. Les chevaux mettent alors le treuil en mouvement et, en moins de deux minutes, on atteint les premières galeries. S'il s'agit de visiteurs, les mineurs viennent les recevoir et s'offrent pour leur servir de guides, ce qui est indispensable dans cette immensité souterraine. On est généralement escorté d'un guide et de plusieurs garçons portant des lumières.

L'intérieur de ces mines présente un aspect vraiment magique : il faut cependant, lorsqu'on lit les relations qui ont été écrites par les voyageurs, se tenir en garde contre certaines exagérations. On y a vu, par exemple, des sources et des ruisseaux *d'eau douce;* on y a placé un moulin à vent; on y a imaginé des maisons à plusieurs étages; on a inventé enfin que certains mineurs y étaient nés et y finissaient leurs jours, sans avoir jamais vu la lumière du soleil : ce sont autant de fables dont le bon sens fait justice. Les chevaux employés au service de la mine y restent seuls pendant tout le temps qu'ils sont aptes au travail. Lorsqu'ils ne sont plus bons à rien, on les hisse au jour qui les aveugle : c'est leur fin.

Le nombre des ouvriers qui travaillent à l'extraction du sel est de 1000 à 1200 et celui des chevaux d'environ 400. Le prix de revient d'une tonne de sel s'élève à 9 francs 15 centimes : le prix de vente est de 183 francs.

Tous les travaux sont exécutés à Wieliczka sur une grande échelle, avec une parfaite régularité et même avec un certain luxe. De belles galeries, larges et élevées, établissent une circulation facile entre tous les travaux d'un même étage; de superbes escaliers, taillés dans la masse de sel, ou construits en charpente, communiquent depuis la surface du sol jusqu'aux travaux les plus profonds. A l'aspect de ces profondes cavernes, où les parois, les voûtes et les piliers de sel réfléchissent

comme le cristal la lumière des lampes et des torches, le visiteur se croirait transporté dans un palais enchanté : des stalactites qui descendent des voûtes ou se déposent sous mille formes diverses, ajoutent à l'étrangeté du spectacle.

On rencontre à chaque pas les traces des magnifiques illuminations qui ont eu lieu à diverses époques, au milieu de ces profondeurs, à l'occasion de visites de souverains ou de grands personnages. Quand un prince allemand, un électeur, un roi de Pologne venait visiter les mines, les galeries étaient décorées avec richesse et illuminées d'une façon splendide. Dans la vaste salle qui servait à ces réceptions solennelles, des colonnes de sel supportent une estrade, où se logeait un orchestre destiné à répandre des flots d'harmonie sous ces voûtes sonores. Du milieu du plafond descend une immense girandole, une sorte de lustre en sel cristallisé dont les branches se prolongent au loin dans tous les sens. La plus mémorable des fêtes données dans les mines eut lieu, en 1621, à l'occasion du mariage de la reine Sophie avec Wladislas Jagellon. L'une des dernières est celle qui fut donnée, en 1813, en l'honneur et lors de la retraite du prince Poniatowski, peu de temps avant sa mort.

Indépendamment des travaux, qui sont nécessaires à l'exploitation même et qui contrastent par leur grandeur avec ceux des mines en général, on trouve en certains points des décorations particulières. Au premier étage, on voit la chapelle Saint-Antoine, taillée vers l'an 1600. Tout y est en sel ; les murs, le maître-autel, l'image du Christ, la chaire d'un travail fort remarquable, les statues de saint Antoine, de sainte Cunégonde, de saint Stanislas, de saint Casimir, de saint Sigismond. Le ton général de la chapelle est d'un gris verdâtre. On y dit la messe une fois par an, le 3 juillet. Tous les mineurs y assistent et chantent des cantiques. Une autre chapelle est dédiée

à sainte Cunégonde; on y voit la statue en sel du roi Auguste III.

La plus vaste salle des mines est celle de Michalovicz : on y arrive par un escalier de 120 marches, et on trouve dans l'intérieur un balcon suspendu près du plafond et auquel on parvient par des degrés taillés dans le sel. A un autre endroit est un abîme de 90 mètres de profondeur sur lequel est jeté un pont. Lorsqu'on le traverse, on ne voit en bas que d'épaisses ténèbres, jusqu'à ce qu'un feu de fagots jeté dans le gouffre en fasse mesurer l'immense profondeur.

L'une des grandes curiosités des mines de Wieliczka est un lac d'eau salée de 170 mètres de long et d'une douzaine de mètres de profondeur. Le capitaine Bathurst raconte, comme il suit, cette partie de sa visite dans les mines[1].

« A la lueur des flambeaux se développait à nos yeux, comme une vaste nappe d'eau, un lac souterrain. L'eau était noirâtre et tranquille; sur les rives s'avançaient des étrangers que la curiosité amenait comme nous en ces lieux. Revêtus de leur blouse grise, éclairés par des flambeaux, on aurait dit les ombres des morts privés de sépulture qui errent sur les bords du Styx. Pour compléter l'illusion, il y avait sur le bord du lac une barque amarrée à une chaîne en fer. Une voix lugubre nous demanda si nous voulions nous embarquer. Nous nous approchâmes, les autres étrangers imitèrent notre exemple et nous tentâmes ensemble la traversée. Deux bateliers dirigèrent notre esquif sur les eaux pesantes de ce lac infernal. Le tourbillon de fumée que répandaient nos torches, la clarté qui se réfléchissait sur la surface de cette mer souterraine, le chant des bateliers, le bruit des rames, les habits étranges dont nous étions revêtus, ce vague qu'on ne sait définir, mais que l'on éprouve dans les circon-

[1] *Revue Britanique*, 1834, XI, page 166.

stances pareilles, tout cela avait exalté mon imagination, et je laisse à penser si celle de ma femme était exempte de cette influence. Nous débarquâmes enfin sur l'autre rive, incertains encore si le batelier n'exigerait pas l'obole des morts.

« Notre guide nous fit ensuite descendre à l'étage inférieur, et nous conduisit sous une voûte où pendaient des stalactites brillantes et incrustées de globules de sel semblables à des diamants. Nous admirions depuis quelque temps ces effets merveilleux, quand le guide vint sans le vouloir porter le trouble dans notre âme. Le lieu où nous sommes, dit-il en s'appesantissant sur les mots, correspond tout juste au milieu du lac que nous avons traversé tout à l'heure. A ces mots, ma femme pousse un cri, se dégage de mon bras et court précipitamment du côté opposé. J'abandonne le guide et la rejoins; mais, au même instant, une explosion se fait entendre répétée par les échos du souterrain. Nous crûmes que c'était la réalisation de nos craintes et que les voûtes affaissées sous le poids des eaux du lac s'écroulaient les unes sur les autres. Nous fûmes bientôt détrompés : le guide nous expliqua en souriant que ce bruit avait été causé par un bloc que l'on venait de détacher au moyen de la poudre. »

D'assez nombreuses sources d'eau salée pénètrent dans les galeries : toutes ces eaux se réunissent à un endroit très profond, à 257 mètres au-dessous de la surface, et y forment un amas qui s'appelle la Montagne des eaux; on les épuise constamment au moyen de pompes. L'eau que l'on extrait ainsi est complètement saturée de sel.

Les accidents sont rares dans les mines de Wieliczka, grâce aux grandes précautions qui y sont prises. En 1745, les piliers de sel, qu'on laisse de distance en distance pour soutenir le poids des terres, s'écroulèrent en grand nombre; il y eut ainsi un effondrement considérable. En 1868, à la suite de travaux imprudents, il se

produisit une invasion des eaux et plusieurs galeries furent noyées : on voit par cet accident que les craintes du capitaine Bathurst n'étaient pas complètement chimériques.

Des incendies ont éclaté à plusieurs reprises dans les mines. Elles contiennent en effet d'énormes échafaudages en bois employés en certains points pour soutenir les galeries : ils se conservent très bien grâce à la sécheresse exceptionnelle qui y règne. En 1510, en 1644, en 1696, le feu prit à ces constructions et ne put être éteint qu'au bout d'un temps assez long. L'incendie de 1510, allumé par un ouvrier, fut arrêté grâce au dévouement du chef des travaux nommé Cochileski, qui pénétra dans la mine où personne n'osait descendre. Mais il tomba bientôt sans connaissance et aurait péri infailliblement, si le directeur des mines, Séverin Betmann, âgé de 70 ans, n'était descendu à son secours. Ils purent à eux deux se rendre maîtres du feu.

Le dépôt de sel de Wieliczka est formé d'une masse immense d'argile, au milieu de laquelle se trouvent, non pas des couches ou des débris de couches, mais des amas extrêmement volumineux auxquels on a donné différents noms d'après leurs positions ou le degré de pureté du sel. Après avoir traversé une couche de sables mouvants qui composent le sol de la plaine, on trouve dans l'argile des amas irréguliers, isolés les uns des autres et formés d'un sel mélangé de parties terreuses. Ils sont l'objet des travaux du premier étage de la mine et donnent le *sel vert* ou *Grünsalz* ; ce sel contient 5 à 6 pour 100 d'argile qui lui ôte sa transparence. Plus bas, d'autres amas disposés de la même manière dans la masse d'argile donnent un sel beaucoup plus pur, qu'on nomme *Spizza*. Enfin une troisième variété de sel, plus pure encore, ordinairement lamelleuse et nommée *Szybick*, forme d'autres amas situés plus profondément et qui sont exploités par un troisième étage de travaux. On peut donc

établir comme il suit la succession des couches qui forment le gisement de Wieliczka :

Formations de Wieliczka.
- 1° Terrains d'alluvion composé de sable jaune, d'argile rouge et de sable aquifère.
- 2° Couches salifères.
  - Argiles schisteuses, bitumineuses, grises.
  - Argiles schisteuses brunes et rouges.
  - Argiles salifères avec Grünsalz.
  - Argiles salifères avec coquilles et bitume contenant le Spizza.
  - Marnes contenant le Szybick.
  - Marnes grises avec gypse et bancs de grès.
- 3° Grès des Carpathes.

En résumé, la formation salifère de Wieliczka nous apparaît sous la forme d'une puissante masse argilo-marneuse imprégnée de sel : celui-ci est tantôt cristallisé en gros grains, tantôt en roche amorphe, formant au milieu des argiles salifères des amas de sel gemme plus ou moins pur. A la partie supérieure sont d'immenses lentilles de sel à gros grains, mais impur; c'est le Grünsalz; plus bas ce sont des couches presque régulières, disposées en deux étages : celui du Spizzasalz et celui du Szybicksalz; ce dernier est parfaitement pur. Au toit, au mur, et dans l'entre-deux de ces couches, la masse est sillonnée par des veines contournées d'anhydrite, alternant avec des veines de sel plus ou moins pur.

On comprend que, pour exploiter ces énormes masses de matières minérales situées à des profondeurs différentes, il ait fallu plusieurs étages de galeries. Il y en a évidemment trois principaux, correspondant aux trois variétés de sel : mais comme les couches sont souvent fortement ondulées ou plissées, le nombre des étages de travaux est, en certains points, beaucoup plus considérable, et peut s'élever alors jusqu'à six ou sept. Nous devons ajouter

que ces divers amas de sel, ainsi que la masse d'argile qui les contient, sont d'une grande solidité : aussi peut-on exploiter presque en totalité chacun des amas que l'on attaque. Il en résulte d'immenses excavations dont les parois se soutiennent d'elles-mêmes : c'est ce qui a permis de tailler ces beaux escaliers, ces larges galeries et les décorations architecturales dont nous avons parlé.

Bien que les rayons du soleil ne pénètrent jamais dans les galeries, la température est douce : l'air s'y renouvelle incessamment : il est d'une sécheresse extrême qui contraste d'une manière frappante avec l'extrême humidité des portions de galeries situées dans un terrain d'une autre nature que l'argile salifère.

On trouve dans les gisements de Wieliczka des débris organiques qui leur sont particuliers : ils consistent en bois fossiles carbonisés ou lignites, et en coquilles marines renfermées dans l'argile salifère.

Le bois fossile est très abondamment répandu dans la masse moyenne de sel, dans le spizza : il est presque impossible d'en casser un morceau qui en soit totalement privé. Tantôt c'est une sorte de jais, où l'on reconnaît difficilement le tissu organique ; tantôt ce sont des bois à l'état bitumineux et conservant toute leur structure. Il y a des troncs et des fragments extrêmement gros, comme aussi de petites branches : on a même trouvé des feuilles et un fruit de forme sphérique, bien conservé, de la grosseur d'une noix, mais dont l'espèce n'a pu être exactement déterminée.

Ce qui frappe le plus dans ces bois bitumineux, c'est l'odeur extrêmement forte et en même temps nauséabonde qu'ils répandent : elle rappelle celle de truffe exaltée au dernier point, et devient insupportable dans une chambre où l'on a rassemblé quelques échantillons frais. Dans la mine, elle est modifiée, moins forte et moins désagréable : on ne saurait même la reconnaître dans les travaux, où l'on trouve plutôt l'odeur fade que l'on

appelle souvent *odeur de renfermé*. Circonstance remarquable, cette odeur est précisément celle que répandent pendant la putréfaction un grand nombre d'animaux marins mous, tels que les holothuries et quelques méduses. Il n'existe d'ailleurs aucune putréfaction végétale qui dégage une semblable odeur. Tout porte donc à croire que l'odeur des masses de sel de Wieliczka doit être due, comme sur nos côtes, à la décomposition de matières animales, peut-être même à celle de quelques animaux appartenant aux genres que nous venons de citer.

On trouve des coquilles dans les argiles salifères qui existent entre le sel spizza et le sel szibick. Les plus grosses sont bivalves et appartiennent probablement au genre telline; mais, en outre, la masse argileuse est remplie de coquilles univalves, microscopiques, analogues à celles qu'on trouve dans les sables fins de nos mers et dans quelques dépôts marins tertiaires des environs de Paris. Ces fossiles animaux ne se trouvent pas dans la masse de sel pur, bien que quelques auteurs en aient indiqué la trace. Il faut remarquer que les mollusques marins périssent dans des eaux saturées de sel; cette circonstance explique pourquoi il est si rare d'en rencontrer dans les grands dépôts qu'on exploite partout.

Le seul minéral étranger un peu abondant que l'on trouve dans le gisement de Wieliczka est l'anhydrite ou sulfate de chaux anhydre : les couches tout à fait inférieures contiennent du gypse, c'est-à-dire de la pierre à plâtre ou sulfate de chaux hydratée; mais dans le dépôt salifère proprement dit, c'est l'anhydrite que l'on rencontre. Elle forme dans le sel spizza des veines assez nombreuses pour que l'on ait donné quelquefois à cette variété le nom *d'anhydritersalz* (sel avec anhydrite). Enfin l'intervalle de trois à quatre mètres d'épaisseur qui sépare le spizza du szibick est formé de couches minces et alternantes d'argile salifère, de sel et d'anhydrite.

Il nous reste à parler du mode d'exploitation en usage

à Wieliczka et des procédés généraux d'abatage, variables d'ailleurs selon qu'il s'agit du Grünsalz ou des deux autres couches. Dans le premier cas, l'amas à exploiter se présente ordinairement sous forme d'une masse ovoïde ou irrégulière, rencontrée vers le haut et vers le bas par deux galeries XX et YY d'étages différents (fig. 48). On commence par enlever la calotte supérieure XAX : pour cela on pousse tout autour de la galerie XX de larges fronts de taille, jusqu'à ce qu'on arrive aux bords de l'amas de sel ; on leur donne une hauteur telle

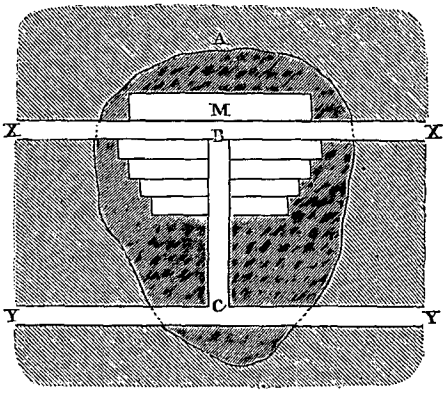


Fig. 48. Mode d'exploitation des amas de sel vert à Wieliczka

qu'il reste à la partie supérieure une couche de sel d'un mètre environ pour assurer la solidité de la voûte. Cette première partie de l'exploitation produit une vaste chambre M à peu près circulaire. On creuse ensuite dans la masse même de sel un puits vertical BC qui fait communiquer les deux galeries XX, YY et doit servir à déblayer les cavités que l'abatage va produire. Celui-ci se fait par gradins, tout autour du puits, en enlevant successivement une série de couronnes, pour chacune desquelles on procède comme pour la calotte supérieure. On taille de grands

blocs ayant 50 centimètres de profondeur, 2 mètres de largeur et 3 ou 4 mètres de hauteur : comme les chantiers sont disposés en échelons, il suffit d'isoler le bloc, par une cavité faite au-dessous de lui et par une entaille latérale ; après quoi on peut, avec des coins et des leviers, le détacher et le pousser peu à peu jusqu'au puits BC. Il y tombe et arrive dans la galerie inférieure qui sert au roulage. Les instruments employés pour ce travail sont le pic et la pointerolle (fig. 49) ; on ne se sert de la poudre que très rarement, parce qu'elle donne trop de menus. Le sel doit en effet être débité en gros blocs de 20 à 30 centimètres de côté, ou en ellipsoïdes tronqués (forme d'une barrique renflée au milieu) de 80 centimètres de hauteur

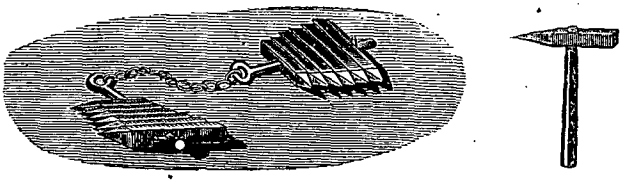


Fig. 49. Outils de mineurs. — Pointerolle montée et rechanges.

et de 20 à 25 centimètres de diamètre. Le sel livré à la Russie doit avoir cette dernière forme : elle a l'inconvénient de donner plus de déchets que la première. Les menus et les poussières sont remontés dans des sacs ; mais ils ne sont pas comptés aux ouvriers, payés à la tâche, seulement d'après le nombre de blocs extraits.

Les couches de spizzasalz et de szybicksalz sont exploitées d'une autre façon. On creuse d'abord des galeries dirigées suivant la plus grande pente des couches et formant plan incliné, pour établir la communication d'un étage à l'autre : perpendiculairement à elles, on pousse ensuite de larges fronts de taille dans le sens de la couche et dans toute son épaisseur. Lorsque celle-ci ne dépasse pas 2 mètres, on enlève la masse de sel d'un coup ;

mais si l'épaisseur est plus grande, on fait deux tranches que l'on enlève successivement, en commençant par celle du haut.

Toute cette exploitation se fait sans qu'il soit jamais nécessaire de remblayer. Les vastes chambres de plusieurs milliers de mètres cubes, qui remplacent les lentilles de Grünsalz, sont en général abandonnées à elles-mêmes : pour soutenir les points faibles, on élève quelquefois jusqu'au sommet de la voûte de véritables charpentes ayant d'énormes dimensions; les charpentes sont ailleurs remplacées par d'immenses bûchers formés de rondins de bois, longs de plusieurs mètres. On les dispose par couches, alternativement dans deux directions perpendiculaires, et l'on forme ainsi une pile carrée, analogue à celles que l'on construit, dans les chantiers de bois de chauffage, pour soutenir les extrémités des tas. Tous les bois employés s'imprègnent de sel et se conservent indéfiniment. Les cavités produites par l'abatage dans les couches sont également laissées sans remblais, ni boisage : on se borne à soutenir le toit de distance en distance par des bûchers de rondins ayant la hauteur du front de taille.

Nous avons dit un mot précédemment de la question de l'épuisement de l'eau. En 1868, elle prit tout à coup une importance énorme : on faisait des recherches en vue de découvrir un gisement de sels alcalins analogue à celui de Stassfürt (voir : 3° Les sels de Stassfürt) quand on rencontra un banc de sables aquifères. L'eau douce envahit aussitôt les travaux; les obstacles qu'on s'efforça de lui oppposer furent tournés par l'inondation qui gagna et remplit bientôt le sixième et le septième étage. Grâce à l'emploi d'une machine d'épuisement ayant une force de 250 chevaux, on est parvenu à les reconquérir en partie. Toutes les eaux que l'on extrait des mines, soit ordinairement, soit dans des circonstances exceptionnelles sont saturées de sel. Amenées au jour, elles pourraient

être traitées avantageusement et donner un rendement considérable : il suffirait d'installer des usines d'évaporation semblables à celles qui fonctionnent dans l'est de la France. Au lieu de cela, on laisse l'eau salée couler dans les ruisseaux où elle est perdue pour tout le monde. Tel est le résultat du monopole : le gouvernement autrichien qui fixe lui-même le prix de vente du sel s'inquiète fort peu d'améliorer sa fabrication. Les mines de Wieliczka sont assez riches pour fournir pendant longtemps encore à tous les besoins d'une exploitation faite dans les anciennes conditions : aussi n'a-t-on pas encore songé à exploiter les argiles salifères et les eaux saturées de sel.

C'est par suite de cette insouciance routinière qu'aucun sondage n'a été tenté entre Wieliczka et Bochnia ; et cependant la distance qui sépare les deux exploitations n'est guère que d'une trentaine de kilomètres ; il serait donc fort possible de trouver des gisements d'une certaine importance entre les mines de Wieliczka uniques au monde et celles de Bochnia dont l'importance est encore considérable.

Au point de vue géologique, cette deuxième formation salifère ressemble beaucoup à la première. C'est encore une masse d'argile plus ou moins bitumineuse, fortement imprégnée de sel et sillonnée par des veines d'anhydrite. Seulement les couches de Bochnia sont fortement inclinées, irrégulières et discontinues : le sel qu'on y trouve est généralement très pur, translucide, d'un blanc grisâtre, sans impuretés apparentes. Il est analogue au szybicksalz de Wieliczka : en aucun point, on ne trouve de bancs semblables à ceux du spizzasalz, ni de masses de sel vert. Un seul des trois gîtes de Wieliczka est donc représenté à Bochnia : soit parce que les formations supérieures n'y ont jamais existé, soit parce qu'elles ont été enlevées par l'effet d'érosions postérieures.

Le nombre des couches de sel est considérable ; mais on en distingue trois principales susceptibles d'être ex-

ploitées dans presque toute leur étendue. Leur épaisseur moyenne est de 1m,50 à 2 mètres : on a pu les suivre sur une longueur de près de 2000 mètres; mais comme elles sont très inclinées, on arrive alors à une profondeur de 600 mètres. Des galeries de recherches percées latéralement ont rencontré des couches très bitumineuses contenant du lignite : mais on a été arrêté par un dégagement abondant de gaz explosibles analogues au grisou.

La méthode d'exploitation en usage à Bochnia est toute primitive : le travail s'y fait dans de mauvaises conditions; aussi le prix de revient, pour une production annuelle de 17 000 tonnes, atteint-il 16 à 17 francs la tonne. Il est certain que l'évaporation des eaux d'épuisement de Wieliczka donnerait du sel à plus bas prix. Un grand nombre de puits établissent la communication avec la mine : chacun d'eux est muni d'un manège à chevaux qui sert à remonter les blocs. Les galeries qui partent de ces puits sont dirigées de manière à traverser les différentes couches de la formation salifère. A chaque rencontre, on exploite en descendant par gradins, et l'on forme ainsi de grandes chambres circulaires, tout autour desquelles sont disposés les chantiers d'abatage. Comme à Wieliczka, on isole le bloc en pratiquant avec le pic une première entaille latérale et une seconde au-dessous de lui : les masses détachées de cette façon doivent être debitées sur place en pains réguliers, puis portées à dos d'homme jusqu'au puits voisin. On ne les remonte qu'au fur et à mesure des besoins. Pas plus qu'à Wieliczka on ne fait ni remblai, ni boisage : de distance en distance, on monte seulement des piles de rondins pour soutenir les points faibles.

Tels sont les célèbres dépôts de sel situés au pied des montagnes de grès houiller, qui séparent la Hongrie de la Galicie. Il ne parait pas en exister dans le massif même de la chaîne, mais on en rencontre sur le bord des plaines aussi bien au sud qu'au nord des Carpathes. La quantité

de sel existant sur la pente nord paraît immense, car depuis Wieliczka, on en rencontre dans la Bukovine et jusque dans la Moldavie. Sur le versant sud moins riche que le versant opposé, on trouve cependant encore des dépôts importants : telles étaient les anciennes salines de Sovär, près d'Eperjes, tels sont les gisements de sel gemme et les sources salées existant dans les comitats d'Ugotz et de Marmaros, jusqu'aux exploitations importantes de Rhonaszeh.

Tous ces gisements de sel offrent des caractères communs avec les autres dépôts analogues. Les argiles qui les contiennent sont variables dans leurs caractères extérieurs, tantôt terreuses, tantôt très solides ; mais elles contiennent toujours des amas plus ou moins considérables de gypse, ordinairement en blocs, souvent même du sulfate de chaux anhydre. Cependant on ne saurait rapporter l'origine de ce sel gemme à la même époque géologique que celle où ont pris naissance d'autres dépôts, ceux de l'est de la France, par exemple. Ces derniers appartiennent aux formations secondaires, tandis que les gisements des Carpathes sont contemporains des terrains tertiaires. Ils doivent s'être formés dans une ancienne mer, au milieu des golfes et des anses que les hautes montagnes laissaient entre elles. En admettant cette théorie pour les dépôts de sel du nord des Carpathes, il est bien difficile de ne pas en faire autant pour les gisements de Hongrie et ceux de la Transylvanie.

Dans cette dernière contrée, les couches de sel gemme ne se rencontrent pas non plus dans la région montagneuse, mais on croit qu'elles s'étendent en une formation continue, ondulant sur toute la partie centrale de la Transylvanie, entre la vallée de la Szamos et celle de la Maros. Si tout le terrain qui recouvre la superficie de cette région venait à disparaître, on verrait la blanche mer de sel, reste de l'ancien golfe qui, à l'époque tertiaire, remplissait ce bassin des Carpathes. Six cents sources salées

en jaillissent et revèlent par leur salinité la nature des roches situées au-dessous du sol. Çà et là, les bancs de sel viennent affleurer à la surface : la pluie les lave et les sculpte en formes bizarres. A Parajd, dans la haute vallée du Kis Küküllö, affluent de la Maros, on voit une véritable montagne de sel, dont le dôme surbaissé n'a pas moins de sept kilomètres de tour, et dont le volume dépasse de beaucoup la célèbre montagne de Cardona, en Catalogne (voir page 215). Il y a quelques années, une falaise de sel, qui surplombait la rivière et que les eaux avaient sapée, s'écroula soudain : une masse de sel de 200 tonnes obstrua le lit du cours d'eau, qui cessa de couler pendant plusieurs jours.

3° LES SELS DES STASSFURT.

Le sel en Allemagne. — Gisement de Stassfürt. — Sondages. — Richesse du gite. — Sels de déblais. — Leur exploitation croissante. — Leur utilité. — Sels divers. — Leur extraction et leur traitement. — Couches salifères de Stassfürt. — Quatre étages.

Jusqu'en 1856, tout le sel produit en Allemagne provenait de l'évaporation d'eaux salines. Schönebeck, près de Magdebourg, produit 50 000 tonnes de sel; Lünebourg, dans la partie orientale du Hanovre, peut en fournir de 15 à 20 000 tonnes; Halle, célèbre aujourd'hui par son université, était autrefois la ville du sel, ainsi que l'indique son nom; ses salines fabriquent environ 10 000 tonnes de sel et à peu de distance se trouve le *Lac Salé* (*der salzige See*). La découverte de gîtes salifères dans la Saxe et dans le Hohenzollern est venue accroître la production et ajouter aux anciens modes d'exploitation, l'extraction du sel tiré des mines. En 1867, un nouveau banc a été découvert à Sperenberg, dans le voisinage de Berlin.

Un gisement important mérite de fixer l'attention à cause de ses caractères spéciaux : c'est celui de Stassfürt. Ce village, naguère complètement ignoré, forme aujour-

d'hui un groupe considérable d'usines et joue dans l'industrie chimique un rôle de premier ordre. Le gite salifère que l'on y exploite intéresse d'ailleurs le géologue autant que l'industriel, à cause de sa constitution toute particulière.

Il y a une quarantaine d'années, le développement de l'industrie en Prusse avait rendu la production du sel insuffisante. De nombreux sondages furent entrepris, particulièrement dans les localités où jaillissaient des sources salées : dans le nombre était la petite ville de Stassfürt. Le trou de sonde, commencé en 1839, rencontra le sel à 300 mètres de profondeur. En 1851, on s'arrêta à 580 mètres, après avoir foré 288 mètres dans la masse de sel, sans que rien annonçât qu'on approchait de la partie inférieure des couches. Certains géologues pensent que l'épaisseur du sel gemme dans ce gisement doit être d'au moins 500 mètres : mais en se bornant à l'épaisseur constatée, environ 300 mètres, et en supposant à cette couche une surface de 1400 kilomètres carrés, donnée par les sondages, on voit qu'il y a là un des dépôts salifères les plus riches que l'on connaisse. Trois puits d'extraction y ont été creusés, deux à Stassfürt, le troisième à Anhalt qui n'est séparé de Stassfürt que par la rivière la Bode, qui coule entre les deux villes.

Les dépôts de sel de Stassfürt présentent une particularité curieuse qui fait leur richesse. Ils ne constituent pas seulement un des plus beaux amas de sel connu ; ils sont, en outre, un réservoir presque inépuisable de sels de potasse. En creusant les puits de Stassfürt, on rencontra sur une épaisseur de 70 mètres, un mélange de sels de potasse, de soude et de magnésie, dont la présence découragea tellement les entrepreneurs que l'on fut sur le point de renoncer au forage. Mais cette couche recouvrait simplement le dépôt de sel, et, à 280 mètres de profondeur, on rencontra celui-ci.

L'exploitation du sel gemme, commencée en 1857,

avait déjà fourni des quantités considérables de ce produit avant qu'on ait songé à utiliser les composés potassiques. Ce fut M. Henri Rose qui signala, en 1859, toute l'importance de cette matière. En 1860, 2800 quintaux furent livrés à l'agriculture; en 1861, on en tira près de huit fois plus; enfin, en 1862, la quantité exploitée devint près de 80 fois plus grande et depuis cette époque elle a toujours été en augmentant. L'emploi des sels de potasse, dans l'industrie des produits chimiques, dans les verreries et en agriculture n'a pour ainsi dire pas de limites : on se sert, en outre, du chlorure de potassium pour transformer l'azotate de soude en salpêtre (azotate de potasse), destiné à la fabrication de la poudre.

Les sels de Stassfürt sont nombreux, mais d'une importance inégale; voici les principaux : 1° la *polyhalite*, que l'on a rencontrée également dans les sondages faits en France et notamment à Montmorot (voir page 124), est un sulfate triple de chaux, de potasse et de magnésie; 2° la *kainite* est formée de sulfate double de potasse et de magnésie, mélange de chlorure de magnésium. La *kiesérite* est du sulfate de magnésie cristallisé, différent du sulfate des laboratoires en ce qu'il ne contient qu'un équivalent d'eau de cristallisation[1]. Le sel le plus important est la *carnalite*, chlorure double de potassium et de magnésium, dont il est facile d'extraire le chlorure de potassium. Enfin ce dernier sel se rencontre aussi sous forme de rognons : les Allemands ont remplacé son nom minéralogique ancien, sel de Sylvius, par celui de *sylvine*.

L'extraction de toutes ces matières minérales se fait par des galeries de mines de grandes dimensions, et les blocs enlevés sont ensuite traités par différents procédés. Cinq fabrications diverses tirent parti des sels de Stassfürt : 1° production du chlorure de potassium; 2° transformation du chlorure en sulfate de

[1] $MgO, SO^3 + HO$.

potasse; 3° fabrication du carbonate de potasse au moyen du sulfate; 4° fabrication du sulfate de soude; 5° exploitation des produits potassiques pour la confection des engrais.

En résumé, les couches salifères de Stassfürt présentent quatre étages principaux qui sont, en commençant par en bas :

1° L'étage de l'anhydrite, consistant en masses puissantes de sel, séparées par des lits de sulfate de chaux anhydre, son épaisseur observée est de 107 mètres;

2° Celui de la polyhalite, d'une épaisseur de 32 mètres, dans lequel les couches de sel sont séparées par des lits minces de ce minéral;

3° Celui de la kiesérite, dans lequel le sel gemme est associé à du sulfate de magnésie hydraté (17 pour 100) et à de la carnalite (13 pour 100) : il a 30 mètres d'épaisseur;

4° Enfin l'étage de la carnalite, dans lequel domine ce minéral. Il y entre, en effet, à raison de 55 pour 100 : le reste est du sel gemme (25 pour 100), de la kiesérite (16 pour 100), enfin de la sylvine et de la kainite. En raison de l'abondance des sels de potasse, les produits de cet étage portent le nom de *kalisalz*.

Les travaux actuels ont déjà fait connaître l'existence d'un massif de carnalite, correspondant à près de 6 millions de tonnes de chlorure de potassium supposé pur. L'extraction annuelle est arrivée, en 1870, au chiffre de 146 000 tonnes pour Stassfürt et de 130 000 tonnes pour la ville de Leopoldshall, sa voisine du territoire d'Anhalt.

4° LE SEL EN ANGLETERRE.

Production du sel. — Influence de l'abolition de l'impôt. — Mines du Worcestershire. — Mines du Cheshire. — Roc ksalt. — Sources salées. — Northwich. — Influence de la nappe d'eau souterraine sur son existence. — Travail des mines. — Les mineurs. — Leurs fêtes. — Dangers des travaux. — Explosions de grisou.

En Angleterre, on extrait le sel dans le Cheshire et dans le Worcestershire. On l'a également rencontré, il y a quelques années, dans un forage exécuté plus au nord, à Middleborough : la couche appartient au trias, comme les autres gisements exploités ; mais elle n'a encore été l'objet d'aucun travail.

La production annuelle a éprouvé une augmentation considérable depuis 1825, époque de la suppression de l'impôt du sel en Angleterre : elle est aujourd'hui de 750 à 800 000 tonnes. Si l'abolition de la taxe a beaucoup favorisé le travail des mines de sel, elle est loin d'avoir été favorable à l'industrie des sauniers du littoral. Elle a déterminé au contraire la disparition presque complète des petites salines situées sur les côtes. Ceci doit donner à réfléchir aux paludiers de l'ouest de la France, qui s'imaginent trouver dans le dégrèvement du sel le remède à tous leurs maux.

Il n'existe pas de salines en Irlande : la totalité du sel consommé vient des mines d'Angleterre.

La couche de sel gemme du comté de Worcester est placée au milieu de bancs de marnes ; ils sont situés au-dessus du nouveau grès rouge et recouverts par les marnes à gypse ou les calcaires du lias. A Stoke-Prior, on a pu extraire quelques blocs ; mais dans la plupart des localités, on a rencontré, immédiatement au-dessus de la masse de sel, une nappe d'eau souterraine qui en lave la surface, et qui, chargée de sel, remonte au niveau du sol et même plus haut, à la manière de l'eau des puits ar-

tésiens. L'eau est saturée de sel : par l'évaporation, elle fournit du sel fin que l'on met en pains, et du gros sel que l'on vend tel qu'on l'obtient.

Les salines de cette région sont situées dans les paroisses de Droitwich et de Stoke-Prior : mais les bancs s'étendent au loin et sont également exploités dans le Staffordshire.

C'est encore la même formation géologique qui s'avance jusqu'au delà de Liverpool et qui renferme les magnifiques mines de sel du Cheshire. Ce gisement n'a été découvert et exploité en grand que depuis le règne de Charles II, c'est-à-dire vers la fin du dix-septième siècle. En 1670, des mineurs qui cherchaient du charbon trouvèrent le sel. De même que dans le Worcestershire, il existe une nappe d'eau sur les parties basses du banc de sel. Mais dans certains points, le dépôt salifère paraît situé plus haut que le niveau supérieur des eaux : le fond des puits d'extraction reste sec, et l'on obtient du sel gemme (*rock salt*) et non de l'eau salée. Les mines d'où l'on extrait le sel en roche, et les usines où l'on opère sur l'eau salée provenant du même dépôt minéral, sont à proximité les unes des autres, et se trouvent groupées, soit sur les bords de la Weaver, soit sur les canaux qui communiquent avec cette rivière. Les plus importantes sont situées à Northwich et à Winsford : mais il y en a beaucoup d'autres. La presque totalité des produits est embarquée sur la Weaver, soit pour être expédiée à Liverpool, soit pour passer par les canaux vers le centre et l'est de l'Angleterre. Une partie assez importante du sel extrait est cependant utilisée dans le pays à la préparation des fromages de Chester et à la fabrication de la soude dans l'usine de Newton.

Une circonstance curieuse frappe le voyageur qui visite les mines de Northwich. La nappe d'eau souterraine en dissolvant les bancs de sel, a creusé d'énormes cavités : aussi le sol s'effondre peu à peu et la croûte de terre

superficielle s'affaisse avec les maisons, les champs et les rivières. Les habitations semblent en ruine ; ici les escaliers chancellent, là les murs sont disjoints; les fenêtres sont déjetées et n'ont plus de forme régulière ; les cheminées fendues laissent sortir la fumée à mi-chemin de leur hauteur ; dans certaines maisons, on monte du rez-de-chaussée dans la cour, tandis qu'autrefois on était obligé de descendre plusieurs marches. Le sel a fait Nortwich : il est à craindre qu'il ne la détruise.

Le travail dans les mines du Cheshire ressemble beaucoup à celui des houillères. Les galeries sont creusées à l'aide de la pioche et du coin; les blocs sont ensuite détachés à la poudre. Il en résulte de grandes excavations soutenues par des piliers de sel que l'on conserve de distance en distance : les murs ont la forme, la transparence et la couleur du sucre candi ; les piliers sont couverts de mille facettes et brillent par la réflexion des lumières que portent les mineurs. Celles-ci sont de simples chandelles plantées dans une boule molle de terre glaise : ce chandelier d'un nouveau genre s'accroche ou plutôt se colle partout où l'on veut. Le silence des voûtes est de temps en temps violemment troublé par des explosions semblables à celles du tonnerre. C'est la poudre qui disloque la roche et en projette les éclats ; le sol est jonché de fragments cristallisés, quelquefois blancs ou transparents, le plus souvent d'une couleur jaune ou rougeâtre.

Les ouvriers gagnent de 4 à 5 francs par jour : mais le travail est pénible, car souvent ce sont les mineurs qui transportent eux-mêmes les blocs de sel. Dans certaines mines cependant le roulage est fait par des chevaux, des poneys ou des ânes : ils descendent tout jeunes, et ne remontent au jour que pour être abattus. Les femmes ne travaillent pas dans les mines du Cheshire : on en employait autrefois beaucoup dans le Worcestershire ; mais la nature fatigante des travaux, la température assez

élevée des mines exigeait un habillement fort incomplet ; les sentiments de la délicatesse la plus élémentaire étaient constamment froissés dans ce mélange des sexes ; aussi les entrepreneurs de salines et le clergé anglican se sont-ils entendus pour faire supprimer en grande partie le travail des femmes. Celles-ci ne descendent dans la mine qu'aux jours de fête. A Noël et à la Pentecôte, on allume des centaines de chandelles, dont les lumières produisent un effet merveilleux : des bandes de musiciens jouent des airs appropriés aux circonstances ; on goûte et on danse.

Les mines de sel présentent leurs dangers : elles peuvent être détruites par divers accidents, mais surtout par les sources qui coulent au-dessus de la roche et l'usent continuellement. Quelquefois ces sources se précipitent dans l'intérieur des travaux, dissolvent les piliers et occasionnent la chute de toute la masse : elle s'écroule entraînant avec elle le sol qui la recouvre, les usines, les machines, les maisons qui s'y trouvent. Malheur aux ouvriers qui sont alors de service ! Mais habitués au danger, ils n'y songent pas et vivent ainsi sous un plafond de sel recouvert d'une nappe d'eau.

Un autre genre d'accident assez rare dans les mines de sel les plus connues s'est produit dans celles de Northwich : nous voulons parler d'explosions analogues à celles du grisou dans les mines de houille. Un jour, des mineurs en frappant le sol perçurent un son qui indiquait l'existence d'une cavité sous la partie frappée. Voulant se rendre compte de la cause de ce phénomène, ils amincirent la paroi à coup de pics : bientôt un jet de gaz comprimé s'échappa avec une violence extrême, s'alluma à la flamme des lampes et donna lieu à une explosion épouvantable. L'existence du gaz hydrogène carboné a été également constaté, mais par petites quantités seulement, dans le sel des mines de Wieliczka.

5° LE SEL EN AFRIQUE.

Rareté du sel en Afrique. — Les salines de la province d'Oran. — Ain-Temouchen. — Le lac d'Arzeu. — La Sebkha d'Oran. — Sources salées de la province d'Alger. — Le Rang-el-Melah ou Rocher de Sel. — Son exploitation. — Le Zahrez-Rharbi. — Le Zahrez-Chergui. — Quantités de sel qu'ils contiennent. — La région des chotts. — Sa situation. — Les divers chotts. — Leur aspect. — Le chott Mel-Rir. — Le chott El-Djerid. — Traversée du chott. — Marques de la route. — Altitude des chotts. — La mer intérieure ou baie de Triton. — Influence de l'évaporation. — Le sel dans l'Afrique centrale. — Ibn-Batoutah. — Salines de Teghaza. — Léon l'Africain. — Pénurie du sel en Afrique. — Teghaza. — Vente du sel. — Caillié à Tombouctou. — Mines de Taodeni. — Le docteur Barth. — Situation de Taodeni. — Valeur du sel. — Moyens divers employés par les nègres pour obtenir le sel. — La vallée Fogha. — Le capparis sodata. — Les sources de Bilma. — La caravane du sel ou *airi*. — Sa composition. — Sa marche. — Les Touaregs d'Aïr. — Le commerce du sel en Afrique. — Anciennes relations entre l'Algérie et la Nigritie. — La Sebkha d'Amagdhor. — Routes des caravanes anciennes. — Les foires d'Amagdhor.

La rareté du sel dans certaines portions de l'Afrique le fait estimer presque à l'égal de l'or : il y sert, a-t-on dit, de monnaie pour payer la marchandise la plus recherchée, la marchandise humaine. Dans les environs d'Akra [1], sur la Côte d'Or, on donne un ou même deux esclaves pour une poignée de sel. Chez certaines tribus nègres, dire d'un homme qu'il assaisonne ses mets avec du sel est le représenter comme un homme riche. Caillié assure de même que les habitants de Raukan ne salent pas leurs aliments : ce n'est qu'à certaines fêtes que les nègres Mandingo et les Bamboras en font usage. En faut-il conclure que l'Afrique est dépourvue de sel ? Ou bien le manque de cette denrée de première nécessité ne doit-il pas être attribué aux difficultés des communications dans ces pays sauvages et au peu d'industrie des habitants ? Ils se bornent en effet à recueillir ce qu'ils trouvent à la surface du sol, ce que la nature leur fournit tout préparé.

[1] Karsten, Lehrbuch der Salinenkunde.

La région septentrionale de l'Afrique commence à être aujourd'hui mieux connue : les richesses minérales de l'Algérie ont été l'objet des plus sérieuses études et l'on a reconnu dans cette contrée l'existence de gisements salifères importants. Nous indiquerons rapidement ceux qui offrent le plus d'intérêt en prenant pour guide M. Ville, ingénieur des mines, et auteur des principales recherches sur les gîtes minéraux de l'Algérie.

Examinons d'abord ce qui est relatif à la province d'Oran.

Depuis longtemps les Arabes exploitent un gîte de sel gemme situé à 12 kilomètres environ à l'ouest d'Ain-Temouchen et à 8 ou 10 kilomètres du bord de la mer. Le sel est intercalé dans des argiles schisteuses grises ; il a été découvert le long d'une petite rivière, qui longe l'amas de sel et qui porte, comme toutes les rivières salées d'Algérie, le nom d'Oued-Melah. Ce sel est fort impur et renferme au moins 20 pour 100 de matières étrangères : néanmoins les Arabes l'emploient à l'état brut. Ils l'extraient de la carrière au moyen d'entailles à ciel ouvert et le transportent ensuite à dos d'âne ou de mulet jusqu'à Ain-Temouchen ou jusqu'à Tlemcen. Dans la première localité, la charge d'un âne vaut 30 centimes, celle d'un mulet 50 centimes. On trouve à l'est d'Ain-Temouchen, une autre Oued-Melah (rivière salée), appelée aussi Rio-Salado : elle doit son nom à des infiltrations d'eau salée qui se trouvent à la partie supérieure de son cours.

Le lac d'Arzeu est une saline naturelle située à 14 kilomètres du port d'Arzeu et à 45 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sa longueur est d'environ 12 kilomètres et sa largeur de 2500 mètres ; mais il n'est jamais complètement couvert d'eau. En hiver, on n'y trouve que de l'eau salée qui s'étend sur une portion de sa surface : en été, l'eau se concentre par évaporation et laisse déposer une couche de sel dont l'épaisseur augmente

jusqu'à la saison des pluies. Quant à la profondeur de l'eau, elle ne dépasse pas 25 centimètres. Le lac d'Arzeu contient aujourd'hui près de 1300000 tonnes de sel marchand ; il en reçoit annuellement 4000 tonnes environ par les eaux qui lui arrivent et qui doivent leur salure au lavage de roches imprégnées de sel. Cette saline est exploitée de temps immémorial et fournit annuellement près de 3000 tonnes d'un sel assez pur, puisqu'il renferme seulement 2 pour 100 de matières étrangères. Une autre saline naturelle, la Sebkha d'Oran, ou Lac du Champ du Figuier, est située à 14 kilomètres au sud d'Oran et à 80 mètres au-dessus du niveau de la mer. En été, elle se couvre d'une croûte de sel de quelques millimètres d'épaisseur qui est inexploitable. Sur les bords et dans quelques dépressions du sol, il se trouve un peu plus de sel : mais on n'exploite guère que celui qui se dépose dans une série de petits lacs salés entourant le premier comme une ceinture.

On voit donc que le sel ne manque pas dans cette portion de l'Afrique; le lac d'Arzeu pourrait à lui seul subvenir pendant longtemps à la consommation du pays voisin. A une faible distance se trouvent, en outre, les marais salants de Tetouan et de Tanger dans le Maroc : mais ils sont peu importants.

Dans la province d'Alger, les Arabes exploitent depuis fort longtemps le sel fourni par l'évaporation naturelle d'un certain nombre de sources salées. Les principales sont situées : 1° à 10 kilomètres environ à l'ouest de Tenes, près des bords de la mer; 2° à 24 kilomètres au nord-est de Boghar; 3° au village de Kasbah, à 40 kilomètres d'Aumale; 4° près du caravansérail établi sur la route de Milianah à Teniet-el-Haad. Cette dernière exploitation établie sur les bords d'une rivière salée occupe une cinquantaine de personnes.

Mais le gîte salifère le plus curieux et le plus considérable de l'Algérie, est celui qui comprend le Rocher de

sel du Djebel-Sahari et les salines naturelles du Zahrez Rharbi et du Zahrez Chergui.

Le Rocher de sel (*Khaneg-el-Melah* ou *Rang-el-Melah*) est situé sur la route de Boghar à Laghouat, à l'entrée de la chaîne secondaire du Djebel-Sahari et à 25 kilomètres du poste militaire de Djelfa. Il est reconnaissable aux dentelures qui se présentent au voyageur arrivant par le nord, et qui contrastent avec les crêtes ondulées situées de chaque côté. Un caravansérail est établi tout près du Rocher de sel (altitude 961 mètres). Cette montagne de sel est remarquable au point de vue géologique, parce qu'elle présente d'un côté le terrain crétacé, et de l'autre le terrain tertiaire relevés le long de ses flancs : des fragments de chacune de ces roches se trouvent épars dans le sel lui-même. Le sel gemme du Rocher de sel est assez pur : on y trouve de 92 à 98 pour 100 de chlorure de sodium. La base du rocher est d'environ 400 mètres : ses escarpements verticaux s'élèvent à 35 ou 40 mètres et pourraient suffire à une exploitation régulière, faite à ciel ouvert pendant de longues années. Le sel est gris bleuâtre en masse et nuancé de zones de diverses couleurs : il n'est pas stratifié et sa surface supérieure est fort irrégulière. Elle est recouverte d'un mélange de sel, de gypse et d'argile, qui se ravine avec la plus grande facilité sous l'influence des agents atmosphériques : de plus, la dissolution du sel par les eaux souterraines donne lieu à de grands vides intérieurs; ils s'effondrent de temps en temps, et produisent à la surface du Rocher de sel des trous et des entonnoirs profonds et dangereux; des accidents s'y sont produits quelquefois avec un caractère bizarre et fantastique.

Plusieurs sources fortement salées sortent du Rocher de sel, vont se jeter dans l'Oued-Melah et donnent à ses eaux, au moins en été, un degré de salure sensible : dans la saison des pluies, l'effet est moins prononcé, et les animaux peuvent s'abreuver dans l'Oued-Melah en aval du

Rocher de sel. Toutes ces sources abandonnent sur leurs rives des dépôts de sel blanc de 3 à 4 centimètres d'épaisseur : l'intendance en a fait pendant longtemps recueillir pour le besoin des troupes de Boghar, Djelfa et Laghouat. Aujourd'hui le sel se recueille dans de grands bassins revêtus en argile et dans lesquels on fait arriver l'eau des sources salées pour l'abandonner ensuite à l'évaporation. Les Arabes emploient de préférence le sel gemme qu'ils exploitent à ciel ouvert et à l'aide de pics : cette opération est difficile à cause de la dureté de la roche, et le sel ainsi obtenu revient certainement à un prix plus élevé que par l'évaporation spontanée des eaux salines.

Les deux Zharez sont des lacs très fortement salés qui occupent la partie basse d'une dépression comprise entre les chaînes crétacées du Seba-Rous, au nord, et du Djebel-Sahari, au sud.

Le Zharez Rharbi (occidental) a 40 kilomètres de long sur 8 kilomètres de largeur moyenne : il est à 857 mètres d'altitude, alimenté par les eaux de l'Oued-Melah qui lui apportent les éléments salins enlevés au Rocher de sel, et par celles de l'Oued-Hadjeza qui traverse également un rocher de sel de moindre importance. La hauteur d'eau serait de 3 mètres vers le centre, au dire des Arabes : mais un gué permet de traverser le lac en tout temps. L'eau s'évapore en été ; il ne reste alors qu'une vaste nappe de sel dont l'épaisseur au centre du lac atteindrait, dit-on, 70 centimètres. En estimant seulement à 33 centimètres l'épaisseur moyenne de la croûte de sel, ce qui n'a rien d'exagéré, on trouve qu'elle représente au moins 200 *millions de tonnes* de sel.

Le Zahrez Chergui (oriental)[1], a 36 kilomètres de long sur 14 kilomètres de largeur moyenne : sa surface est donc une fois et demi celle du Zahrez Rharbi. Il est situé

[1] Deux autres lacs salés, beaucoup plus grands, et désignés sous les noms de Chott-el-Rharbi et Chott-el-Chergui, sont situés au sud de la province d'Oran.

à 771 mètres d'altitude et alimenté par les infiltrations provenant des terrains quaternaires environnants. Le fond du lac est formé d'une vase argileuse; aussi est-il dangereux de s'y hasarder soit à pied, soit à cheval. L'eau fortement salée qui le recouvre en hiver, disparait en été en laissant une croûte saline : elle contiendrait en lui supposant la même épaisseur qu'au Zahrez Rharbi l'énorme quantité de 330 *millions de tonnes* de sel.

Il y a donc là une masse saline de plus de 500 millions de tonnes, sans compter le Rocher de sel; l'exploitation en serait facile surtout au printemps : mais les moyens de communication manquent aujourd'hui et ces énormes salines naturelles ne servent que pour la consommation des Arabes campés sur leurs bords.

La province de Constantine contient aussi des gisements de sel gemme, analogues à ceux que nous venons de décrire pour les provinces d'Alger et d'Oran : nous n'ajouterons rien de plus à cet égard, mais nous dirons quelques mots d'une région salifère importante située sur les frontières de la province de Constantine, de la Tunisie et aux limites du Sahara, nous voulons parler de la région des chotts [1]. Ceux-ci ressemblent tout à fait aux Zahrez algériens, auxquels beaucoup de voyageurs donnent le nom de chotts : ailleurs, ces lacs salins, desséchés pendant une partie de l'année, sont désignés sous le nom de *Sebhka*.

La chaîne de montagnes la plus élevée de l'Algérie, le Djebel-Aurès, dont les plus hauts sommets dépassent 2300 mètres d'altitude, est située dans le sud de la province de Constantine et domine de toute sa hauteur les régions basses et sablonneuses du Sahara. Ce sont deux

[1] Pour plus de détail, sur cette région, voir : Roudaire, *Revue des Deux Mondes*, mai 1874; Comptes rendus de l'Académie des Sciences; *Bulletin de la Société de Géographie*. — Henri Duveyrier, *Bulletin de la Société de Géographie*, 1874 et 1875. — Tissot, *Bulletin de la Société de Géographie*, 1879. — Cosson, *Bulletin de la Société de Géographie*, 1880.

mondes opposés qui se touchent : du sommet de l'Amar-Khaddou, le contrefort le plus méridional de l'Aurès, on jouit d'un magnifique spectacle. Au nord, le massif montagneux se dresse dans toute sa majesté grandiose; au sud, on voit se dérouler à ses pieds l'immensité de la mer de sable. Çà et là des taches d'un vert sombre tranchent sur le fond grisâtre du désert, ce sont les oasis et leurs plantations de dattiers. Plus loin, le regard s'arrête sur la surface claire et resplendissante du chott Mel-Rir ou Mel-ghigh [1].

La région des chotts commence dans le Sahara par 3°,45′ de longitude est de Paris et 34°,30′ de latitude nord : elle s'étend dans le sud jusqu'à 35°,45′ de latitude. Du côté de l'est, elle va sur notre territoire jusqu'à la frontière tunisienne, se continue en Tunisie et finit à 20 kilomètres de la côte de la Méditerranée, au fond du golfe de Gabès. Envisagé dans son ensemble, ce pays renferme trois grands chotts : le chot Mel-Rir avec ses dépendances, le chott El-Gharsa et le chott El-Djerid. Ils se suivent de l'ouest à l'est sur un développement de 380 kilomètres, dont une moitié est sur le territoire français : la ligne qui sépare les parcours des tribus algériennes et tunisiennes longe le rivage du chott El-Gharsa. Entre celui-ci et le chott Mel-Rir, dont la partie orientale porte le nom de chott Es-Salam, se trouvent plusieurs autres chotts de dimensions moindres, dont la position, la forme et le mode de réunion ont été déterminés par M. le commandant Roudaire. Les altitudes de ces divers bassins ont été également mesurées par lui avec une précision aussi grande que possible, eu égard aux difficultés de l'opération.

Les chotts sont des bas-fonds vaseux, couverts de ma-

[1] M. Duveyrier l'appelle chott Mel-ghigh : il donne aussi le nom d'El-Gharsa au chott voisin que M. Roudaire appelle El-Rharsa. Il y a dans les noms arabes un son guttural que les uns représentent par R et les autres par Gh.

tières salines et dans lesquels l'eau ne séjourne qu'à certains moments de l'année : ils sont alimentés par les nombreuses rivières qui traversent la contrée et qui n'ont d'autre écoulement. Elles n'ont, en général, d'eau qu'en hiver et au printemps, à l'époque des pluies et de la fonte des neiges dans la montagne; aussi les chotts, dont la surface est le siège d'une évaporation fort active, sont-ils souvent à sec : ils sont alors couverts d'une couche saline, blanche, pulvérulente, et ressemblent, à s'y méprendre, à d'immenses plaines couvertes de gelée blanche. Quand on s'aventure dans l'intérieur des chotts, on éprouve une chaleur lourde et accablante, à cause de l'humidité dont l'air est imprégné. Les yeux sont éblouis par la réverbération des rayons de soleil sur les petits cristaux qui tapissent le sol : les objets placés sur les bords sont réfléchis par un effet de mirage avec autant de fidélité que dans les eaux les plus transparentes. L'illusion est complète; on se croirait sur un îlot au milieu d'un lac véritable.

Le chott Mel-Rir est à 70 kilomètres au sud de Biskra : il occupe une surface d'environ 2400 kilomètres carrés; son extrémité orientale ou chott Es-Salam est à 320 kilomètres du golfe de Gabès. Quand il est à sec, le sol est en général assez solide, sauf dans les parties orientale et méridionale : néanmoins il serait imprudent de s'y hasarder sans guide; car on rencontre fréquemment des trous de vases (les indigènes les appellent *marmites*), dans lesquels on disparaîtrait entièrement.

Le chott El-Djerid, le plus voisin de la Méditerranée, est plus dangereux encore que le précédent : il s'étend de l'est à l'ouest depuis Nefta jusqu'à l'isthme de Gabès : sa rive méridionale est mal connue, sauf à son extrémité orientale où se trouve le pays du Nefzaoua. Une route jalonnée le traverse depuis le Nefzaoua jusqu'à Touzeur, près de Nefta : c'est une ligne longue et étroite sur laquelle on ne peut avancer qu'un à un. Malheur à

qui s'en écarte! Un jour une caravane dut traverser le chott : elle se composait de mille bêtes de charge. Un des chameaux quitta le bon chemin; rien ne saurait exprimer la rapidité avec laquelle la terre s'amollit et engloutit les mille chameaux. Le terrain redevint aussitôt ce qu'il était auparavant, comme si tout ce qui venait de disparaître n'avait jamais existé.

M. Tissot a écrit une relation fort intéressante de la traversée du chott El-Djerid, et fait, d'après nature, de belles aquarelles représentant différentes parties du chott; on peut les voir à la Société de géographie.

Les bords du chott, c'est-à-dire les limites des grandes eaux, se reconnaissent aux efflorescences salines qui recouvrent le sol sablonneux : aux vases mélangées de sel succède une croûte saline, de plus en plus épaisse, dure et transparente comme du verre à bouteille. Son épaisseur n'a que quelques pouces; au-dessous est un abîme dont il est impossible de sonder la profondeur. On rencontre fréquemment des crevasses qui ne contiennent que quatre ou cinq pieds d'eau : mais, au-dessous de la nappe liquide, dorment les sables mouvants si redoutés dans le pays, et qui furent le tombeau de tant de caravanes. Quant à l'eau, elle est tellement salée que la main qu'on y a plongée se recouvre d'une poussière saline, aussitôt qu'on l'expose à l'air.

« Nous marchons toujours, dit M. Tissot; en face, à droite, à gauche, le chott déploie, aussi loin que la vue peut s'étendre, l'éblouissante immensité de sa nappe d'argent. La chaleur, étouffante, les hallucinations du mirage, le contraste étrange d'un sol de neige et d'un ciel de feu, tout enfin, jusqu'à ce lac solide et ce terrain mouvant, me donnent une sorte de vertige. »

La route qui traverse le chott porte maintenant, comme marques, de simples pierres fichées dans la croûte saline : elles ont 40 à 50 centimètres de hauteur; mais, grandies par le mirage, elles s'aperçoivent de loin.

En bonne règle, il devrait y avoir une double rangée de marques; des pierres à gauche, en allant de Touzeur au Nefzahoua; des troncs de palmier à droite : mais les hautes eaux emportent souvent ces derniers, et la voirie du chott laisse à désirer. Ces indications sont nécessaires en tout temps, mais surtout lorsque se déchaînent les tempêtes de vent accompagnées de tourbillons de sable et de sel. La croûte saline du chott est fréquemment recouverte d'une couche d'eau dans laquelle les chevaux entrent quelquefois jusqu'au poitrail, même en suivant la bonne voie : en ces points le danger est extrême, car la partie solide dissoute et amincie par l'eau peut s'effondrer à chaque pas.

Au milieu du chott est un amoncellement de cinq ou six blocs de pierre, auquel le mirage donne l'aspect d'une grande pyramide : c'est le Mensof. De Touzeur au Mensof, il y a 32 marques; du Mensof au Nefzaoua, 24 seulement : à raison de 5 à 600 mètres à peu près entre deux marques, on peut calculer approximativement la longueur de ce chemin dangereux.

Les chotts tunisiens contiennent comme les Zahrez de la province d'Alger une accumulation de matières salines, qui pourrait suffire à une exploitation prolongée pendant plusieurs siècles. Mais ils se distinguent de ceux-ci par leur situation toute différente. Les Zahrez sont à une altitude considérable, situés sur de hauts plateaux : les chotts sont voisins du niveau de la mer. D'après les nivellements de M. le commandant Roudaire, le niveau du chott Mel-Rir est à 24 ou 28 mètres au-dessous de celui de la Méditerranée; le chott El-Gharsa est à 15 mètres au-dessous de cette dernière; les différents chotts situés entre les deux précédents ont tous un niveau inférieur de 15 à 22 mètres à celui de la mer : il faut en excepter le chott El-Asloudj, le plus voisin d'El-Gharsa dont le lit, dans sa partie la plus élevée, est à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Quant au grand chott El-Djerid, M. Roudaire le croyait tout d'abord situé à un niveau inférieur à la Méditerranée; mais il paraît démontré qu'il est tout entier au-dessus de celle-ci et que son altitude est d'environ 15 à 17 mètres. Il est en outre séparé de la mer par un seuil formé de dunes sablonneuses ayant 18 kilomètres de largeur.

C'est dans ces immenses réservoirs ayant 400 kilomètres de long et 60 kilomètres de large, que M. Roudaire avait songé à faire pénétrer l'eau de la Méditerranée, afin de créer dans cette portion de l'Afrique une mer intérieure. Elle ne serait, d'après lui, que la reconstitution de l'ancienne baie de Triton, séparée de la mer à une époque récente par une accumulation de sables, et convertie ensuite en chotts par effet de l'évaporation. Notre sujet ne comporte pas l'examen de cette création d'une mer intérieure : la possibilité de cette grande œuvre a été discutée et la question de son utilité est, pour beaucoup de personnes, assez controversée. M. Roudaire admet que pour compenser l'évaporation dans ces parages, il faudrait prendre à la Méditerranée 30 milliards de mètres cubes d'eau par an : cette masse représente une couche d'eau d'un mètre et demi seulement. Serait-elle suffisante pour compenser l'excès de l'eau enlevée par l'évaporation sur celle que fournissent les divers affluents.

Imaginons cette mer créée : comme l'orifice d'entrée des eaux à travers l'isthme de Gabès serait nécessairement restreint, comme l'eau devrait en outre traverser entre le chott El-Gharsa et le chott Men-Rir un second canal d'une faible largeur [1], l'existence d'un contre-courant semble difficile à admettre. Il se produirait donc forcément là ce qui se fait dans le Kara-Boghaz, une concentration ra-

[1] A travers le chott El-Asloudj, dont le niveau est supérieur à celui de la mer.

pide des eaux, suivie d'un dépôt de sel : au bout d'un temps que M. Roudaire lui-même évalue à 1500 ans, la mer intérieure serait convertie en un immense bloc de matière saline. Cette durée serait certainement beaucoup moindre : car d'une part il évalue la profondeur de la mer intérieure à 60 mètres, chiffre qui peut paraître beaucoup trop fort; et d'autre part, en estimant l'évaporation à un mètre et demi, il reste certainement au-dessous de la vérité, pour ce qui concerne le climat africain.

Les renseignements que l'on possède sur l'emploi et l'extraction du sel dans l'Afrique centrale sont peu nombreux : mais, en comparant ceux que l'on trouve dans les récits des voyageurs de différentes époques, on reconnaît que les mêmes moyens ou à peu près sont employés dans ces contrées depuis plus de cinq siècles. Les plus anciens voyageurs qui ont pénétré au centre de l'Afrique, jusqu'à Tombouctou, sont Ibn-Batoutah et Léon l'Africain : tous deux sont des arabes occidentaux que leurs instincts voyageurs ont poussé dans ces contrées inconnues. Voyons ce qu'ils disent à propos du sel.

Ibn-Batoutah (Abou-Abd-Allah-Mohammed), né à Tanger, en 1302, partit de Fez, en 1351, pour explorer le Soudan ou Pays des Noirs et ne fut de retour qu'en 1354. Il arriva[1], le 14 mars 1352, après une marche de 25 jours à Taghaza, qui est, dit-il, un bourg sans culture et offrant peu de ressources. Une des choses curieuses que l'on y remarque, c'est que ses maisons et sa mosquée sont bâties en pierres de sel : les toits sont faits de peaux de chameaux. On n'y voit aucun arbre; le terrain n'est que du sable, où se trouve une mine de sel. En creusant dans le sol, on découvre de grandes tables de sel gemme, placées l'une sur l'autre, comme si on les avait taillées

[1] Ibn-Batoutah, texte arabe, traduction française publiée par la Société Asiatique de Paris.

et puis disposées par couches sous terre. Un chameau ne peut porter que deux de ces tables ou dalles de sel.

Taghaza est habitée uniquement par les esclaves des Messoufites, esclaves qui s'occupent de l'extraction du sel. Ils vivent de dattes, de viande de chameau et de millet importés de la contrée des nègres. Ces derniers arrivent de leur pays et emportent le sel. Une charge de chameau se vend 10 ducats, à Sonalaton : elle en vaut 30 ou 40, quand elle arrive à Malli, ville située à 24 jours de marche de la précédente.

Les nègres emploient le sel pour monnaie, comme on fait ailleurs de l'or et de l'argent : ils coupent le sel en morceaux et trafiquent avec ceux-ci. Le séjour de Taghaza est difficile; car l'eau y est saumâtre : c'est pourtant là qu'on fait la provision d'eau, pour pénétrer dans le désert qui suit et qui est de 10 jours de marche.

Cent cinquante ans plus tard, les mêmes contrées furent visitées par Léon l'Africain, né à Grenade au commencement du XVIe siècle. Il constate encore la même pénurie de sel.

« En la plus grande partie de l'Afrique, dit-il [1], on ne trouve autre sel que celui que l'on tire des salines dans les cavernes, ni plus, ni moins que si c'était jaspe ou marbre. La Barbarie en rapporte une grande quantité et la Numidie médiocrement, tant qu'il suffit. Mais il s'en trouve peu au pays des Noirs, mêmement en l'Éthiopie inférieure, où la livre se vend demi-ducat. Aussi les habitants ne le tiennent pas dans des salières aux repas; mais, en mangeant leur pain, ils tiennent une pièce de sel dans la main et à chaque morceau qu'ils mettent dans la bouche, ils passent la langue dessus et ne font cela pour autre raison que de l'épargner et en user peu. En beaucoup de petits lacs et marais de Barbarie, en

[1] Description de l'Afrique par Léon l'Africain, texte arabe traduit par Jean Temporal.

temps d'été, se congèle le sel qui est blanc et poli comme aux lieux qui sont prochains de Fez. »

Léon l'Africain a visité aussi Teghaza, « contrée en laquelle se trouvent plusieurs veines de sel qui semble marbre. Ceux qui tirent le sel ne sont pas du pays même : ils y viennent pour ce travail et vendent le sel à des marchands qui le transportent à Tombut, où il est en grande recommandation ; un chameau ne peut porter que deux plaques de sel. Les ouvriers qui travaillent à Teghaza n'ont d'autres vivres que ceux apportés de Tombut ou Dara, cités éloignées de 20 journées, tant qu'il est souvent advenu qu'on les a trouvés morts dans les loges, pour le trop long séjour des vivres. On y boit toujours de l'eau d'aucuns puits qui sont joignant les salines. »

Le procédé employé pour la vente du sel à cette époque laissait un peu à désirer au point de vue de la rapidité des transactions. Le sel est d'abord apporté à Melli sur des chameaux en deux grandes pièces tirées de la mine et de taille à former la charge d'un chameau. A Melli, les nègres le rompent en plusieurs parties pour le porter sur la tête, de sorte que chaque personne en porte un morceau : mais ils sont en si grand nombre qu'on dirait une armée. Chaque homme tient à la main une fourchette, laquelle ils fichent en terre et y appuient le sel quand ils sont las; ils arrivent ainsi sur les bords d'une grande masse d'eau qui est certainement un lac ou rivière d'eau douce, puisqu'on y amène le sel. Ceux à qui appartient le sel en font alors des tas alignés et chacun marque le sien : puis tous ceux de la caravane se retirent une demi-journée en arrière pour laisser la place aux nègres acheteurs de sel qui ne veulent se laisser voir. Ceux-ci viennent dans de grandes barques et prennent terre; ayant vu le sel, ils mettent une certaine quantité d'or auprès de chaque tas et se retirent, laissant l'or et le sel. Les premiers reviennent, prennent l'or, si la quantité est raison-

nable; sinon ils laissent le sel et l'or. Les noirs acheteurs prennent alors le sel qu'ils trouvent sans or, en mettant davantage aux autres tas, si bon leur semble, ou bien laissent le sel. Le marché se fait ainsi sans se voir, ni parler, par suite d'une longue et ancienne coutume. Le sel est fort recherché dans tous ces pays voisins de l'Equinoxial : car les nègres sont convaincus que par les plus grandes chaleurs, c'est lui qui empêche le sang de se corrompre et que si ce n'était le sel, ils en prendraient la mort.

Lorsque trois siècles plus tard, en mai 1828, Caillié parvint jusqu'à Tombouctou, il trouva le commerce du sel à peu près dans le même état : seulement il n'est plus question de Teghaza, mais bien de Taodeni ou Toudeny, comme pays d'origine du sel [1]. L'aspect du sel sortant des mines, les dangers que courent ceux qui le tirent du sol, sont exactement les mêmes.

C'est de Toudeny, dit Caillié, que l'on tire tout le sel qui s'importe de Tombouctou à Jenné, et de cette ville dans tout le Soudan. Les mines de sel y sont à trois ou quatre pieds de profondeur au-dessous du sol et par couches très épaisses. On le tire par blocs, puis on le scie en planches. Ces mines font la richesse du pays : elles sont exploitées par des nègres surveillés par des Maures. Ils n'ont pour se nourrir que du riz et du mil apportés de Tombouctou, cuits avec de la viande de chameau séchée au soleil. L'eau qu'ils boivent filtre au-dessous des mines de sel : elle est extrêmement saumâtre.

Il y a beaucoup de Maures à Tombouctou : ils ont de belles maisons et s'enrichissent par le commerce; car Tombouctou peut être considéré comme le principal entrepôt de cette partie de l'Afrique. On y apporte tout

[1] Caillié, *voyage à Jenné et à Tombouctou*, publié par M. Jomard, imprimerie royale (1829).

le sel des mines de Toudeny. Il y arrive par caravanes, à dos de chameaux, sous forme de plaques liées avec de mauvaises cordes. Souvent les chameaux jettent leur charge à terre et les plaques sont brisées, quand elles arrivent à la ville : mais les marchands les font réparer par leurs esclaves qui rajustent les morceaux et les attachent avec des courroies de cuir de bœuf. Ces plaques sont ornées de dessins en noir, de raies ou de losanges. Les esclaves aiment beaucoup à faire ce travail, parce qu'il les met à même de ramasser une petite provision de sel pour leur consommation.

De tous les voyageurs qui, dans ces derniers temps, ont pénétré au centre même de l'Afrique, celui qui s'est le plus attaché à l'étude minéralogique et géologique des contrées qu'il visitait, est le docteur Barth. Aussi les renseignements que nous trouvons dans la relation de ses voyages[1] sont-ils précieux.

D'après lui, l'article commercial le plus important après l'or, à Tombouctou, est le sel qui, depuis les temps les plus reculés, forme avec ce métal le principal moyen d'échange dans toutes les contrées riveraines du Niger. Ce sel arrive aujourd'hui de Taodenni (22° lat. N. et 6° long. O. de Paris) dont les mines sont exploitées depuis 1596, époque à laquelle furent abandonnées celles de Tegazza, situées à 17 milles $^1/_2$ plus au nord. Le gisement de Taodenni est dans le désert El-Djouf : il consiste en cinq couches de sel qui ont chacune un nom distinct. Les trois couches supérieures n'ont qu'une médiocre valeur : la quatrième est la plus recherchée : quant à la cinquième, elle gît dans l'eau. Le sel de Taodenni contient des veines argileuses grises qui lui donnent l'aspect du marbre. Le terrain des mines est divisé en petites portions, et concédé aux marchands de sel par un caïd

[1] Docteur Barth. *Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale.* (En allemand, en anglais et en français.)

qui y demeure et prélève, comme indemnité, le cinquième du sel extrait par l'exploitant.

Les blocs de sel, dont la forme est généralement la même, sont de diverses dimensions; leur poids varie de 20 à 30 kilogrammes. Les plus grands ont un mètre environ de longueur, 35 centimètres de largeur et 6 à 7 centimètres d'épaisseur : cette dernière n'est que la moitié de celle de la couche, parce que les blocs ont été sciés en deux. Le prix du sel est assujetti à de grandes fluctuations, selon les saisons de l'année et la situation politique du pays. A l'époque du séjour du docteur Barth sur le Niger, il varia entre 3000 et 6000 kourdis[1] pour les blocs de dimension moyenne. Le trafic du sel de Taodenni s'étend bien au delà de Tombouctou, même jusqu'à Sansandi et dans le Libtako.

On trouve dans Barth des renseignements curieux sur une autre mine de sel, située à Bilma et qui, par l'intermédiaire d'énormes caravanes, alimente la partie orientale du pays des nègres : il nous apprend également que ces peuples cherchent par une foule de moyens à se procurer le sel qui leur manque.

Au royaume Foulbe de Gando, se trouvent un certain nombre de hameaux dont les habitants se livrent à l'extraction du sel : ils sont établis surtout dans la vallée Fogha, dont le fond est marécageux à cause de son peu d'inclinaison. Chaque hameau est bâti sur une terrasse, de forme carrée, ayant 300 mètres à peu près de côté : l'élévation peut être de 15 à 18 mètres du côté de la vallée et de 5 à 6 mètres vers la pente le long de laquelle la terrasse est construite. Il est aisé de voir que ces terrasses, élevées par les hommes, sont bâties avec les élé-

[1] Le kourdi est un petit coquillage employé comme monnaie : 1000 kourdis valent environ 1 franc; car 2500 kourdis valent un florin d'Autriche. On continue toujours à frapper comme neuf, pour le marché africain, le florin de Marie-Thérèse au millésime de 1788 : sa beauté le fait rechercher, surtout par les femmes.

ments du sol dépouillé de ses parties salines. Pour extraire le sel, on met la terre dans de grands tamis de paille et de roseau, puis on y verse de l'eau : elle s'écoule saturée de sel et se recueille dans des vases placés au dessous; après quoi, on l'évapore. On obtient aussi du sel en pains d'un gris jaunâtre. Il est meilleur que le sel amer de Bilma, mais ne vaut pas à beaucoup près le beau sel cristallin de Taodenni.

La fabrication du sel n'est possible de cette façon que pendant la sécheresse ou le commencement de la saison des pluies : car à la fin de celle-ci, tout le fond de la vallée est submergé : l'eau qui la couvre est douce, parce que la quantité de sel contenue dans le sol est assez minime. Les habitants font donc des provisions de terre, afin de pouvoir continuer leur travail pendant plus longtemps : ce sont des Foulbes et leurs esclaves, retenus dans ces lieux par le profit qu'ils tirent du commerce du sel : mais ils sont constamment en butte aux attaques de leurs implacables ennemis, les aborigènes de la province de Dendina.

A Yola, le sel, qui est une des principales marchandises, vient de Boumanda, près d'Hamarroua. Il ne s'obtient pas, comme celui de la vallée Foja, par le lavage du sable, mais on l'extrait des cendres d'herbes que l'on fait brûler. En beaucoup de localités on emploie, à cet effet, les cendres du *Siwak*, le *Capparis sodata*. Le sel extrait du lavage des cendres et de l'évaporation de l'eau salée ainsi obtenu est mis dans des moules qui lui donnent la forme de prismes triangulaires. Les Kanembou le transportent à Koukaoua, où il sert de moyen d'échange pour les objets d'un prix peu élevé : on en fait également des cadeaux.

Quelque insipide que soit ce sel, il est bien préférable à celui que les habitants de Kotoko, sur la rive méridionale du Tsad, tirent de la bouse de vache. A Milton, sur le Schari ou Babousso supérieur, on tire d'assez bon sel

d'une herbe qui croît dans le fleuve : ailleurs on en extrait quelque peu des cendres de paille de millet ou de sorgho.

Les mines de sel de Bilma ne sont autre chose que des sources salées, dont on recueille l'eau pour la faire évaporer dans des vases d'argile : le sel obtenu est mis en forme de pains cylindriques. L'eau se rassemble dans de grands bassins et, comme elle est saturée, elle laisse déjà déposer beaucoup de sel par évaporation spontanée. Bilma est située à côté d'un épais bois de palmiers : elle est d'ailleurs presque complétement déserte en temps ordinaire et ne devient vivante et animée qu'à l'époque de l'arrivée de la caravane du sel.

La grande caravane au sel composée de tribus Touaregs est une des choses les plus curieuses de l'Afrique centrale. Le docteur Barth, dans ces explorations, a eu plusieurs fois l'occasion de la rencontrer et même de voyager avec elle. Celle qu'il suivait, lors de son arrivée à Kano, comprenait environ 3000 charges de chameaux, dont un tiers destiné à la province de Kano. Le sel s'échange, dans cette ville, contre le sarrasin et contre les produits importés des autres pays d'Afrique et même d'Europe.

L'importance annuelle de ces transactions peut atteindre 80 millions de kourdis pour les produits indigènes, blé et coton, et 50 millions de kourdis pour les vêtements et tissus venant de Tunis et du Caire.

Au moment de son passage à Agadès, Barth vit encore la caravane au sel réunie dans les environs, et s'apprêtant à partir pour Bilma. Bien qu'il y eût peut-être de l'exagération de la part des indigènes en l'évaluant à 10 000 chameaux, elle n'en était pas moins fort considérable. Dans ces contrées où l'on ne peut rien isolément, mais où tous doivent mettre leurs efforts en commun, le départ de la caravane est une époque caractéristique qui sert de point de repère dans l'année. Ces pérégrinations an-

nuelles, qui n'ont d'autre but que le commerce du sel, servent en même temps au transport des nouvelles et des lettres. Elles ont quelque chose de grandiose, et répandent une vie pleine de poésie, sur les régions désertes qui s'étendent entre les localités parcourues par la caravane.

Celle-ci est toute une tribu en marche; les hommes vont à pied ou montent des chameaux; les femmes sont à bœuf ou à âne, et portent avec elles non seulement leurs ustensiles de ménage, mais encore tout l'attirail des habitations indigènes : de sorte que les nattes, les perches, les boîtes et les pôts voyagent suspendus pêle-mêle aux flancs des bêtes de somme. Deux troupeaux, l'un de bétail, l'autre de chèvres laitières, courent, ainsi qu'une quantité de jeunes chameaux, à côté de la caravane. Ces derniers, dans leurs capricieux ébats, mettent souvent le désordre dans la file des chameaux de charge, tous attachés les uns aux autres. L'*airi* (nom indigène et particulier de la caravane au sel) porte à la fois les marques de l'activité commerciale et celles de la vie errante. Le départ offre, chaque matin quelque chose d'imposant et de solennel. Au signal donné par les tambours, un long cri retentit dans tout le campement; les divers contingents arrivent à la file conduits par les premiers serviteurs des chefs respectifs. Tous marchent ainsi en cortège long et paisible, traversant les vallées et les montagnes. Le soir, ont lieu des danses et des jeux : les joueurs de tambour s'exercent à l'envi, pour montrer leur savoir-faire ou bien pour exciter l'enthousiasme des danseurs. Ces scènes animées, au milieu de sites sauvages, éclairées par de grands feux, présentent un tableau de mœurs d'une beauté particulière et peuvent faire oublier un instant les mauvais côtés de la vie du désert.

Cette grande émigration d'une tribu errante n'a d'autre but que l'exploitation d'un seul objet de commerce. La nature s'est plu à créer dans la région la plus nue et la plus aride du désert, dans le Tébou, près de Bilma, un

riche gisement de sel : en même temps, elle a refusé à de vastes et fertiles contrées de l'intérieur ce minéral indispensable à la nourriture de l'homme. Ni les Tebou, chez qui se trouve Bilma, ni les Haoussa, consommateurs du sel, ne sont assez industrieux pour se livrer à ce grand trafic : un tiers s'interpose et pourvoit aux besoins de ces derniers, en se créant à lui-même des moyens d'existence. Cet intermédiaire est l'indigène des régions inhospitalières qui s'étendent entre le nord et le midi : le Touareg d'Aïr, parcourant des espaces immenses, se rend aux mines de sel et charge de leurs produits ses milliers de chameaux. Il voyage alors pendant des mois entiers et arrive aux contrées fertiles des Haoussa, où les habitants lui prennent le sel, en l'échangeant contre du blé ou contre des produits tirés du dehors.

La valeur du sel transporté par la caravane peut s'élever à 2 ou 300 millions de kourdis, à peu près 2 ou 300 000 francs, valeur minime au point de vue européen, mais fort considérable eu égard aux conditions économiques de l'Afrique centrale. Une partie du sel s'arrête à Sinder; une autre portion est destinée à Tessaoua et à tous les marchés de la contrée, jusqu'au Gober; la plus grande partie va jusqu'à Kano. Il faut remarquer d'ailleurs que l'état politique des pays traversés par l'*airi* influe sur son importance. Pendant les désordres dont le pays d'Asben fut le théâtre, la caravane était bien moins nombreuse; il y eut même des années, où elle ne se forma pas du tout.

On voit par ce qui précède quelle importance possède le commerce du sel dans l'Afrique centrale : aussi n'est-il pas étonnant que le transport de cette marchandise entre dans les prévisions que l'on peut établir sur le trafic du chemin de fer transsaharien. Sa réalisation est-elle possible? C'est là une question dont nous n'avons pas à nous occuper : mais en tous cas, n'y aurait-il pas lieu de chercher à renouer des relations commerciales an-

ciennes. Autrefois, dans le moyen âge, un commerce considérable par caravanes se faisait entre l'Algérie et le pays des nègres. Elles arrivaient de la Nigritie à Ouargla, oasis algérienne, par différentes routes. M. Duveyrier, qui a longtemps voyagé au milieu des Touaregs, et de qui ces contrées sont admirablement connues, s'est occupé de retrouver ces routes; il est parvenu aux résultats suivants, fort intéressants pour la question du sel.

L'une des routes de caravanes, se dirigeant vers le sud-est, allait de Ouargla à Agades, en passant par la *Sebkha d'Amadghor*, l'un des dépôts de sel les plus riches et les plus vastes du Sahara. Située à moitié chemin du Tell algérien et du pays Haoussa, sur le territoire des Touaregs Ahaggar, la Sebkha d'Amadghor est destinée à redevenir ce qu'elle était autrefois, l'emplacement de foires annuelles où s'échangeraient les produits du nord contre ceux du Soudan, et à servir en même temps de saline principale pour le peuple Haoussa.

Au milieu des bouleversements politiques qui ont agité le Sahara central, les Haoussa, peuple peu guerrier, se virent privés du beau sel qu'ils achetaient chez les Touaregs Ahaggar, et obligés d'accepter le sel bien inférieur de Bilma, que les Touaregs d'Aïr vont recueillir chez les Tebbous, hommes belliqueux et d'une autre race.

La reprise de l'exploitation des salines d'Amadghor serait donc saluée avec joie par les habitants des sept États Haoussa : cette idée ne serait pas repoussée par les Touaregs d'Aïr qui, plus laborieux que ceux d'Ahaggar, tireraient du transport du sel d'Amadghor les mêmes bénéfices que de celui de Bilma. Ils seraient en outre avec leurs frères d'Ahaggar en meilleurs termes qu'avec les Arabes des environs de Bilma, qui attaquent souvent et cherchent à enlever les chameaux employés au transport du sel.

Il faudrait pour cela rétablir, à Amadghor, les anciennes foires périodiques qui attiraient les caravanes de la Nigritie.

Cette institution profiterait, ce qui est important, à toutes les tribus qui vivent sur la route d'Algérie au Soudan, et aucune d'elles ne se verrait privée de ses droits ou de ses moyens d'existence. Il suffirait probablement d'acheter les bonnes dispositions des Touaregs Ahaggar par une petite rente payée à leur chef. Car dans tous les pays Touaregs, il est admis de temps immémorial que tout voyageur doit payer au chef une redevance établie, soit par voyage, soit par charge de chameau, et moyennant laquelle le chef s'engage à veiller sur les biens du voyageur et sur la sécurité des personnes qui l'accompagnent. Le sel, longtemps symbole d'alliance entre les personnes, deviendrait ainsi un trait d'union entre les peuples les plus différents, entre les nations européennes et les nègres de l'Afrique centrale.

FIN

TABLE DES GRAVURES

1. Cristal cubique. 7
2. Trémie de sel 8
3, 4, 5, 6. Formation d'une trémie. 9
7. Transparence du sel pour la chaleur. 12
8. Densités comparées de l'eau douce et de l'eau salée. 15
9. Aréomètre ou pèse-sel. 16
10. Spectroscope. 22
11. Raies noires du spectre solaire 23
12. Combustion de l'antimoine dans le chlore. 25
13. Combustion du sodium dans le chlore 27
14. Appareil d'endosmose. 32
15. Séchage de la morue 41
16. Préparation de l'acide chlorhydrique en dissolution dans l'eau. 51
17. Bonbonne à chlore. 51
18. Grand appareil pour la fabrication du chlore. 52
19. Fabrication du chlorure de chaux 53
20. Four à soude à deux soles 54
21. Four à soude (coupe et plan) 55
22. Extraction du sel contenu dans l'eau de mer (fac-simile d'une gravure d'Agricola) 65
23. Fabrication du sel au moyen de l'eau des sources salées (fac-simile d'une gravure d'Agricola) 67
24. Plan d'un salin du Midi 78
25. Marais salant d'Ars-en-Ré 95
26. Le groupe des marais salants de Guérande 98

27. Porteuses de sel. 100
28. Paludiers en costume de travail 102
29. Marais salant (vue générale). 109
30. Plan d'un marais salant de l'Ouest. 111
31. Trou de sonde muni d'une pompe. 127
32. Batiments de graduation 129
33. Poêle anglaise pour la fabrication du sel fin. 155
34. Serpentin pour la distillation de l'eau de mer. 179
35. La mer Morte. 193
36. Le grand lac Salé 196
37. Le lac Salé et la cité des Mormons. 197
38. La montagne de sel du Rio-Upin 217
39. Les salines de Ho-Bung. 221
40. Préparation d'une chambre de dissolution 227
41. Coupe des mines d'Hallein. 228
42. Le rutschbahn 229
43. Pics de mineurs 230
44. Travail par l'eau : creusement d'une galerie. 231
45. Travail par l'eau : forage d'un puits. 232
46. Aqueduc de Reichenhall 235
47. Wieliczka et ses environs 237
48. Mode d'exploitation du sel vert. 248
49. Pointerolle de mineur 249

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

PROPRIÉTÉS ET USAGES DU SEL.

CHAPITRE PREMIER. — Les propriétés du sel 1

1° Introduction. 1
2° Propriétés physiques du sel. 7
3° Le sel au point de vue chimique 24

CHAPITRE II. — Les usages du sel 29

1° Emploi du sel dans l'alimentation. 29
2° Conservation des matières alimentaires. 36
3° Emploi du sel en agriculture. 45
4° Emploi du sel dans l'industrie chimique. 50

DEUXIÈME PARTIE

LE SEL EN FRANCE

CHAPITRE III. — Les anciens procédés d'extraction 59

CHAPITRE IV. — Les salins du Midi 71

1° Evaporation de l'eau de mer 71
2° Description du salin. 75
3° La récolte du sel. 83

CHAPITRE V. — Les marais salants de l'Ouest. 92

1° Les paludiers 92
2° Le marais salant et l'extraction du sel. 105

CHAPITRE VI. — Les salines de l'Est 121
1° Gisements de sel gemme en France 121
2° Fabrication du sel 125

ANNEXE au CHAPITRE VI. — Les salines du Sud-Ouest 139

CHAPITRE VII. — Les diverses qualités de sel 142
1° Sels lavés et raffinés 142
2° Propriétés des sels français 146

CHAPITRE VIII. — L'impôt du sel 150
1° Les gabelles 150
2° La taxe de consommation 167

TROISIÈME PARTIE

SEL MARIN ET SEL GEMME.

CHAPITRE IX. — Sel marin 178
1° La salure des différentes mers 178
2° Mers intérieures et lacs salés 185
La mer Caspienne et le Kara-Boghaz. — La mer Morte. Le grand lac salé de l'Utah. — Le lac Elton 185
3° Extraction du sel marin 203
Les marais salants du Portugal. — Extraction du sel par la gelée 203

CHAPITRE X. — Sel gemme 210
1° Etat naturel et exploitation du sel gemme 210
2° Le sel en Autriche 223
A. Les mines de Salzbourg et du Salzkammergut . . . 223
B. Les mines de Wieliczka et de Bochnia 236
3° Les sels de Stassfurt 254
4° Le sel en Angleterre 258
5° Le sel en Afrique 262
Table des gravures 285

5817. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LES

GRANDS INCENDIES

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
R.F.
IMPRIMÉS

PAR

MAXIME PETIT

OUVRAGE

ILLUSTRÉ DE 34 GRAVURES DESSINÉES SUR BOIS

PAR A. DEROY

DÉPÔT LÉGAL
Seine
1882
2556

PARIS

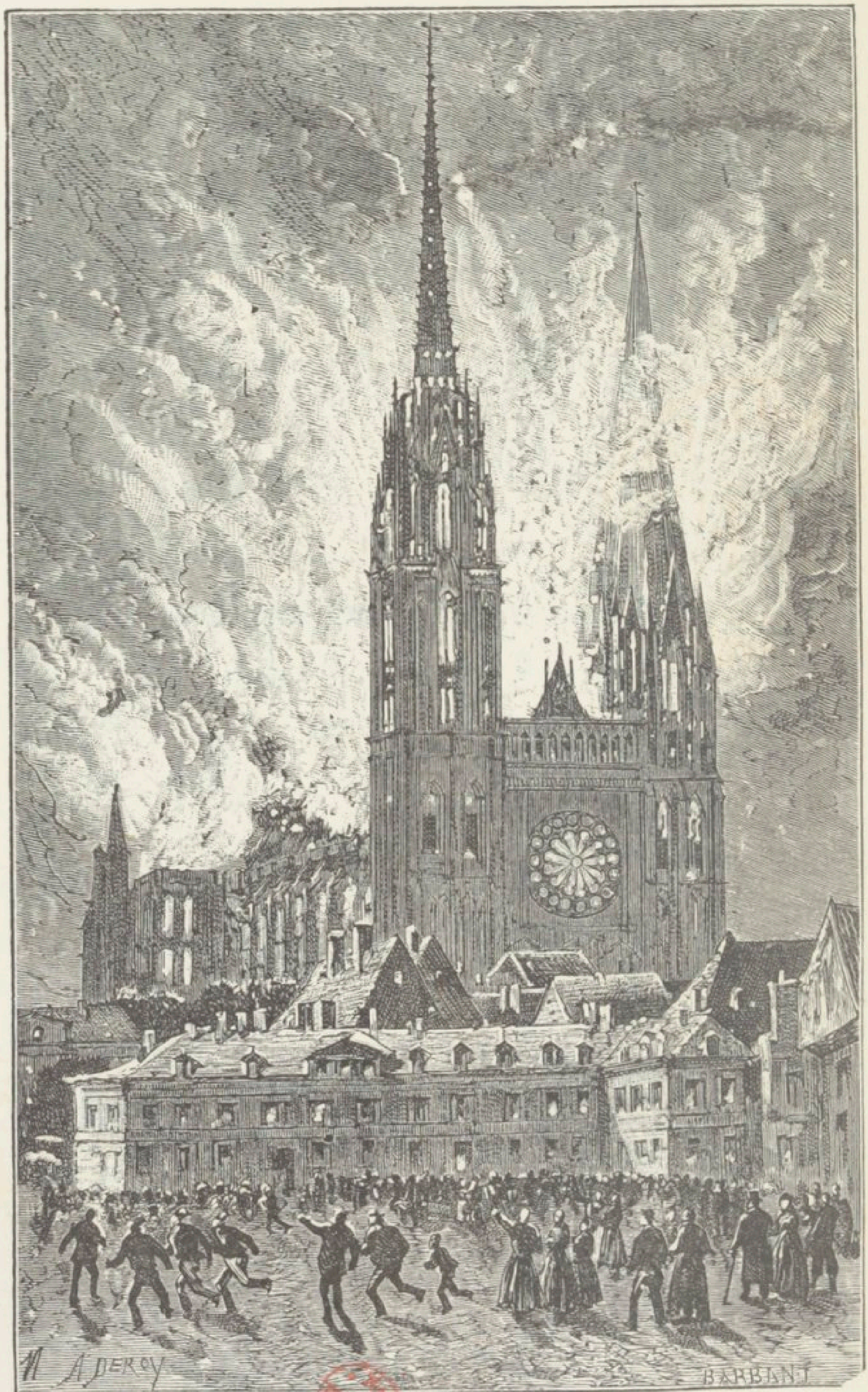
LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

—

1882

Droits de propriété et de traduction réservés



INCENDIE DE LA CATHÉDRALE DE CHARTRES

LES

GRANDS INCENDIES

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

PREMIÈRE PARTIE

LES INCENDIES CÉLÈBRES

I

L'INCENDIE DE TROIE

(1270 av. J.-C. ?)

On n'a pas à rappeler ici la suite des évènements qui amenèrent la chute de Troie[1] : notre court récit doit commencer au moment où les Grecs, pénétrant dans la cité de Priam, donnèrent le signal du massacre et de l'incendie.

« C'était, dit Virgile, l'heure où le sommeil, doux présent des dieux, commence pour les malheureux mortels et leur verse ses premières langueurs[2]. » Des

1. Voir les *Sièges célèbres*, dans la collection des *Merveilles*.
2. *Énéide*, II, 268 et sqq.

points les plus opposés de la ville partent des cris de détresse; des bruits confus et lugubres remplissent l'enceinte d'Ilion, et partout retentit le fracas des armes.

« Avec plus de fureur encore, le feu exerce ses ravages, et la flamme se communique avec rapidité[1]. » Énée, réveillé en sursaut, monte d'un bond sur le faîte du palais de son père; il regarde autour de lui; il voit les riches demeures de Deïphobe et d'Ucalégon s'écrouler sous les flammes, et la lueur de l'incendie éclaire au loin la plaine de Sigée.

Transporté de colère, le fils d'Anchise saisit ses armes. Il réunit ses compagnons et les engage à vendre chèrement leur vie; puis, la petite troupe se dirige vers le centre de la ville. La vue du sang et des cadavres qui jonchent les rues anime les combattants, et un grand nombre de Grecs tombe sous les coups des compagnons d'Énée. Revêtus des dépouilles de ceux qu'ils ont tués sur leur route, les Troyens arrivent au palais de Priam, seul monument épargné par le feu; ils y sont témoins de la mort du vieillard; ils voient Pyrrhus traîner le roi au pied des autels et le percer brutalement de son glaive. Énée, à cette vue, songe à son vieux père. Il n'est plus maître de sa fureur, et il se dispose à faire mourir la fille de Tyndare qu'il aperçoit sur le seuil du temple de Vesta, lorsque la déesse sa mère lui apparaît et lui conseille de fuir.

« Alors, dit Énée, je vois Ilion tout entière s'abîmer dans les flammes et la cité de Neptune s'écrouler de fond en comble. Ainsi, lorsque sur la cime des monts les bû-

1. Dictys de Crète, *Guerre de Troie*, V, 12

cherons, le fer à la main, s'efforcent à l'envi d'abattre un frêne antique sous les coups redoublés de la hache, l'arbre longtemps menace et balance à chaque secousse son feuillage tremblant jusqu'à ce qu'épuisé peu à peu par ses blessures, il pousse un dernier gémissement et tombe, arraché du sommet de la montagne. Je descends de la citadelle et, conduit par la déesse, je traverse les flammes et les ennemis : les traits me laissent passer et les flammes s'écartent devant moi[1]. » Et, pendant que le bruit de l'incendie, roulant ses tourbillons et dévorant le rempart, devient plus terrible, Énée, prenant son père sur ses épaules, sort de la ville et gagne les montagnes.

Les Grecs ne trouvaient plus aucune résistance; ils pillaient dans les maisons les meubles les plus précieux et tout ce qui pouvait assouvir leur cupidité. « Enfin, ils livrèrent aux flammes les murailles de Troie et l'ouvrage de Neptune devint ainsi la proie de l'élément destructeur. La cité, réduite en cendres, servit elle-même de tombeau à ses anciens habitants[2]. »

1. *Énéide*, II, 624-635.
2. Thryphiodore, *Destruction de Troie*.

II

L'INCENDIE DU TEMPLE DE JÉRUSALEM PAR NABU-KUDUR-USUR

(588 av. J.-C.)

Au moment où Nabu-kudur-usur (Nabuchodonosor) fit le siège de Jérusalem, le temple élevé par Salomon sur le mont Moria se composait de deux parties : le *Temple* proprement dit et le *Parvis*.

Le Temple, construit en pierres, avait soixante coudées de longueur, vingt de largeur et trente de hauteur. Sa façade était formée d'un portique appelé *Oulam* et de deux colonnes d'airain. A l'intérieur se voyait le *Hékal* (Lieu saint) et le *Débir* (Saint des Saints).

L'édifice sacré était entouré d'un double parvis dont des portes recouvertes d'airain formaient l'entrée[1].

Nabu-kudur-usur avait placé sur le trône de Jérusalem Zédékiah, troisième fils de Joshiah; mais ce souverain refusa de payer tribut au roi de Babylone, et les Chaldéens vinrent assiéger Jérusalem au commencement de janvier (589 av. J.-C.).

Les sujets de Zédékiah résistèrent énergiquement pen-

1. Voir Ménant, *Babylone et la Chaldée;* Munk, *la Palestine.*

dant dix-huit mois et se rendirent ensuite (août 588 av. J.-C.).

Nabu-sur-adan, chef des gardes du corps de Nabu-kudur-usur, pénétra bientôt dans la ville et ordonna de mettre le feu au temple. Les deux colonnes et la mer d'airain[1] furent brisées et emportées à Babylone avec les vases sacrés.

« Les Chaldéens brûlèrent aussi le palais du roi et les maisons de tout le peuple, et ils renversèrent les murailles de Jérusalem[2]. »

1. On donnait le nom de *mer d'airain* à un immense bassin qui se trouvait au sud-ouest de l'autel et au sud-est du temple.

2. Jérémie, XXXIX, 8.

III

L'INCENDIE DE SARDES

(503 av. J.-C.)

Sans l'intervention d'Hystyæos, tyran de Milet, Darius Hystaspes, follement engagé dans une expédition contre les Scythes (508 av. J.-C.), n'aurait probablement jamais revu son royaume.

Hystyæos, devenu le favori du monarque, le suivit à Suse après avoir confié le gouvernement de Milet à Aristagoras; mais celui-ci, ayant encouru la disgrâce d'Artaphernes, frère du roi, prit un parti extrême et se révolta : il proclama la liberté et l'indépendance nationales, souleva les Ioniens, et chassa de toutes les villes les gouverneurs qu'y avait placés le roi de Perse. Puis, il se rendit en Grèce pour y demander des secours.

Les Lacédémoniens le repoussèrent; les Athéniens se montrèrent favorables aux colonies ioniennes, et envoyèrent aux Milésiens vingt vaisseaux, auxquels se joignirent cinq navires fournis par Éréthryx, ville d'Eubée. Dès que les forces alliées furent réunies, Aristagoras décida qu'on marcherait sur Sardes. L'armée laissa donc ses vaisseaux à Éphèse et se dirigea vers les rives du Pactole.

Le gouverneur de Sardes était loin de s'attendre à une aussi brusque agression; il ne put sérieusement résister aux Grecs et se réfugia dans la citadelle, pendant que les assaillants procédaient au pillage. Au milieu du désordre, un soldat mit le feu à la maison d'un Lydien, et par suite à toute la ville : en effet, si nous en croyons Hérodote, la plupart des maisons étaient construites en cannes, et les rares habitations qui étaient bâties en briques avaient des toits de roseau. Dans ces conditions, le feu gagna de maison en maison et dévora la ville tout entière; le temple de Cybèle ne fut pas même épargné.

Tous les habitants de Sardes n'avaient pas eu le temps de se retirer dans la citadelle. Les Lydiens et les Perses restés dans la ville, se voyant cernés par le feu et ne trouvant pas d'issue, refluèrent sur la place publique et chargèrent les Grecs, qui, surpris de cette résistance inattendue, regagnèrent Éphèse pendant la nuit et revinrent ensuite dans leur patrie.

A la nouvelle de l'incendie de Sardes, Darius jura de se venger d'une manière éclatante. Il chargea un officier de lui rappeler tous les jours la perfidie des Hellènes et de lui dire avant chacun de ses repas : « Seigneur, souvenez-vous des Athéniens! » Il fit en effet deux expéditions contre la Grèce.

Quant à Aristagoras, il se réfugia en Thrace, où il fut tué dans un combat en 498 avant J.-C.

IV

INCENDIE DU TEMPLE DE DIANE

(356 av. J.-C.)

Il s'est rencontré un homme que la passion de la gloire entraîna jusqu'au sacrilège. Érostrate, Éphésien obscur, voulut à tout prix se rendre célèbre, et acquit en effet une célébrité d'horreur et d'effroi.

Selon la tradition, poursuivi par la mauvaise fortune, il avait résolu de la vaincre ou plutôt de la braver. Le temple de Diane attira ses regards, et il songea, pour punir les hommes de leurs injustices, à les frapper dans un des objets de leur admiration.

« Puisque je n'ai pu conquérir la renommée par des actions honnêtes, s'écria-t-il, j'obtiendrai par le crime l'immortalité. » C'est le raisonnement insensé de beaucoup de criminels.

Dès lors, il vécut plus que jamais dans la retraite. Il passa des journées entières, sous prétexte de dévotion, à examiner, à étudier le mode de construction du temple. Comme on pouvait atteindre le faîte au moyen d'un escalier ciselé dans un seul cep de vigne, il put s'assurer que la charpente, étant tout entière de bois de cèdre, s'enflammerait aisément.

En 356 avant J.-C., la nuit même où naquit Alexandre, un frémissement sourd se fit entendre dans la ville; l'horizon sembla se teindre de reflets sanglants, et les Éphésiens, sortant de leurs demeures à la hâte, furent saisis d'horreur, en voyant les flammes dévorer ce qu'on appelle une des sept merveilles du monde[1].

« En un instant, cette nouvelle fatale vola d'une extrémité de la ville à l'autre; chacun courut vers le lieu de l'incendie, portant de l'eau dans le premier vase qu'il trouvait sous sa main. A tout moment, la foule augmentait, se pressait, se heurtait, se culbutait; l'air retentissait de plaintes et de hurlements; les femmes, renfermées dans l'intérieur des maisons, s'abandonnaient au désespoir et se prosternaient suppliantes devant les autels des dieux pénates; les vieillards craignaient que Diane irritée n'abandonnât leur patrie. Éclairée par la réverbération du vaste incendie, la ville semblait tout en feu; la mer réfléchissait au loin la lueur rougeâtre des flammes, et les navigateurs éblouis contemplaient avec une admiration mêlée d'épouvante ce magnifique et terrible spectacle[2]. »

Excité par le vent, le feu consuma presque entièrement le temple. Seule la statue de Diane demeura debout, intacte, et les gardiens sauvèrent une très faible partie du trésor.

1. Voir pour la description du temple de Diane le *Voyage aux sept merveilles du monde*, par M. Augé, dans cette collection.

2. Alexandre Verri, *Vie d'Erostrate*. — Cet ouvrage, que l'auteur a donné comme une traduction d'un manuscrit inédit, est simplement une œuvre d'imagination : néanmoins, comme Verri s'est servi, pour écrire cette biographie, de tous les documents que nous possédons, comme d'autre part ceux-ci sont extrêmement rares, j'ai cru devoir extraire le passage ci-dessus de la *Vie d'Erostrate*.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

Fig. 1. — Incendie du temple de Diane. (356 av. J. C.)

Les Éphésiens indignés cherchèrent le coupable et le découvrirent. Érostrate fit dans les tortures l'aveu de cet acte de folie. Il fut tué, et les habitants de la ville rendirent un décret qui défendait sous peine de mort de prononcer le nom de l'incendiaire.

V

L'INCENDIE DU PALAIS DE PERSÉPOLIS

(330 av. J.-C.)

Alexandre, maître d'Arbelles, de Babylone, de Suse, traversa le pays des Uxiens, passa l'Araxe et entra à Persépolis à la tête de sa phalange. Avant de quitter cette ville pour se mettre à la poursuite de Darios, il invita ses généraux à un festin qui fut une véritable orgie.

Parmi les courtisanes conviées à cette réjouissance se trouvait la Grecque Thaïs. Elle avait suivi Alexandre en Asie.

Si l'on en croit Clitarque, Thaïs enivrée s'écria en se tournant vers Alexandre : « J'aurais une joie infinie si, pour finir noblement cette fête, je pouvais brûler le magnifique palais de Xerxès, qui a incendié Athènes, et le flambeau à la main, y mettre moi-même le feu en présence du roi. Ainsi, on dirait par toute la terre que les femmes qui ont suivi Alexandre dans son expédition d'Asie ont bien mieux vengé la Grèce de tous les maux que les Perses lui ont faits, que les généraux qui ont combattu pour elle et par terre et par mer! »

Tous les assistants applaudissent à cette proposition in-

sensée. Alexandre, couronné de fleurs, une torche à la main, marche le premier; les convives le suivent en chantant, en dansant, et le désir de Thaïs est bientôt réalisé.

On a révoqué en doute l'authenticité de cet évènement, et il est, en tout cas, bien certain que le palais de Xerxès ne fut point détruit en entier, puisqu'on en voit encore aujourd'hui les restes. Au-dessus de la plaine de Mardascht, où sont ces ruines, s'élèvent cinq terrasses dont la seconde supporte une colonnade (*Tschilminar*), au sud de laquelle s'étend un espace de terrain dont le niveau n'est interrompu que par un immense monceau de décombres. Sir Robert Ker Porter place en cet endroit la partie du palais détruite par Alexandre.

« Il est vrai, dit-il, qu'on ne découvre aucune trace du feu sur les murs adjacents. On peut donc objecter que si un édifice aussi considérable avait été incendié, les ravages des flammes se laisseraient encore voir sur les murs. Mais en réfléchissant à quelles distances tous ces édifices se trouvent les uns des autres, séparés non seulement par de simples espaces, mais sur des terrasses isolées, on concevra qu'un d'entre eux ait pu être brûlé jusque dans ses fondements sans que le feu ait atteint aucun des autres. En outre, la solidité des murs de ce palais est telle que le feu a pu s'y trouver renfermé comme dans une fournaise, consumant entièrement l'intérieur. On objectera encore que ce palais devait être d'une construction semblable à celle des autres; il est singulier qu'il ne reste aucune trace de ces murs dont nous admirons ailleurs la solidité. Mais il est possible que la pierre, minée par l'action du feu, se soit dégradée et peu à peu soit tombée sur le toit déjà abattu. En outre, Plutarque

nous apprend que l'ivresse d'Alexandre se dissipant presque aussitôt que cet acte insensé eut été commis, il donna des ordres pour éteindre le feu ou du moins l'empêcher de s'étendre. Il est probable, d'après cela, qu'une partie de l'édifice aura été abattue pour arrêter l'incendie. Ces ruines furent ensuite abandonnées et restèrent dans le même état, ce qui n'étonnera personne si l'on considère que la brièveté de la vie d'Alexandre et les troubles qui suivirent sa mort firent négliger Persépolis.

« Les souverains Grecs et Parthes aimèrent mieux prendre pour capitales d'autres villes que celles qui avaient été le théâtre de la gloire des anciens rois. Les cruelles dévastations des Arabes contribuèrent encore à faire abandonner Persépolis. Ainsi, il est probable que la partie du palais qui fut incendiée se trouve encore aujourd'hui à peu près dans le même état que le lendemain de cette nuit de destruction, 330 ans avant l'ère chrétienne. »

VI

INCENDIE DES LIVRES EN CHINE

(213 av. J.-C.)

L'empereur chinois Tsin-chi-hoang-ti, célèbre par ses réformes et ses conquêtes, convia un soir à un grand festin les princes, les gouverneurs de province et les principaux mandarins.

Après les cérémonies d'usage, il prit place sur son trône et il ordonna aux assistants de lui donner en toute sincérité leur avis sur sa manière de gouverner. Le premier mandarin qui prit la parole fit un pompeux éloge de l'empereur. Il termina son discours par ces mots : « Vous surpassez sans contredit tout ce qu'il y a jamais eu de plus grand depuis l'antiquité la plus reculée jusqu'à nos jours. »

La salle croulait sous les applaudissements, lorsque le lettré Chun-yu-yue, chaud partisan de l'antiquité et ennemi déclaré de toute innovation, s'écria : « Seigneur, cet homme qui vient de vous louer avec tant d'impudence ne mérite pas le nom de *Grand de l'Empire*, dont il est décoré. Ce n'est qu'un lâche courtisan, un vil flatteur qui, bassement attaché à une fortune dont il ne

mérite pas de jouir, n'a d'autres vues que celle de vous plaire, aux dépens du bien public et de votre propre gloire. Je ne l'imiterai point, mais je vous dirai seulement ce que je pense. » Et Chun-yu-yue exposa avec chaleur sa manière de voir, engageant l'empereur à marcher sur les traces des plus antiques souverains du Céleste-Empire.

Le ministre Li-sse, ami du progrès et adversaire de l'antiquité, profita de l'occasion qui s'offrait de décrier les gens de lettres.

Selon lui, les lettrés n'entendaient rien au gouvernement; ils étaient très habiles en spéculation, mais ils n'entendaient rien à la pratique; ils ne connaissaient que le monde ancien et ignoraient absolument l'état de la société actuelle. « Pleins d'eux-mêmes, infatués de leur prétendu mérite, ils ne voyaient de bien que ce qui se faisait conformément à leurs idées; ils ne voyaient le beau que dans des usages surannés, dans des cérémonies antiques; ils ne trouvaient de véritablement utile que cette vaine science qui les élève si fort à leurs yeux, mais qui en réalité les rend inutiles à tout le genre humain. » Il serait donc absurde d'user de tolérance envers des hommes aussi dangereux, et pour en finir d'un seul coup, il importait de détruire, de livrer aux flammes, les livres, cause de tout le mal.

Puis Li-sse engagea l'empereur à ordonner la destruction immédiate de tous les ouvrages qui ne traitaient pas de médecine, d'agriculture ou de divination. Quant aux livres d'histoire, il fut d'avis de n'en laisser subsister aucun, à l'exception cependant de ceux dans lesquels il était parlé de la dynastie régnante.

Tsin-chi-hoang-ti n'aimait pas les lettrés. Il approuva le discours de son ministre et chargea Li-sse d'ordonner à tous les citoyens de brûler les livres qu'ils possédaient.

L'édit de proscription fut promulgué immédiatement. Par bonheur, une grande partie des monuments historiques de la Chine consistait alors en tablettes de bambou, et plusieurs, échappant à une ruine complète, subsistèrent plus ou moins mutilés.

Un certain nombre de lettrés aimèrent mieux mourir que de mettre le feu à leur bibliothèque.

VII

L'INCENDIE DE ROME SOUS NÉRON

(64)

L'incendie de Rome sous Néron fut tellement désastreux qu'on ne peut guère lui comparer que celui de Londres en 1666. Tacite ne sait s'il doit l'attribuer au hasard ou à un caprice de l'empereur; mais, d'après Suétone, un des favoris de Néron ayant, dans le cours de la conversation, cité le vers grec :

Ἐμοῦ θανόντος γαῖα μιχθήτω πυρί[1]

« Non, répondit le prince, que ce soit de mon vivant! » et il mit à exécution cette menace barbare, « choqué, à ce qu'il disait, du mauvais goût des anciens édifices, du peu de largeur et de l'irrégularité des rues[2] ».

Ce qu'il y a de certain, c'est que le 19 juillet 64, un incendie se déclara dans la partie du Cirque contiguë au mont Palatin et au mont Célius. En cet endroit, les boutiques se trouvaient remplies de toutes sortes de matières capables d'alimenter la flamme : aussi le feu,

1. Que tout s'embrase et périsse après moi.
2. Suétone, *Néron*, 38.

dont rien n'arrêtait la marche, enveloppa-t-il bientôt, sous l'action du vent, la longueur entière du Cirque, réduisant en cendres les maisons de bois qui bordaient les rues étroites et tortueuses de Rome. La rapidité du mal prévint tous les efforts pour l'arrêter.

« D'ailleurs, les lamentations et les frayeurs des femmes, la faiblesse des vieillards et celle des enfants; puis, les habitants qui se pressaient, ceux-ci pour eux-mêmes, ceux-là pour d'autres, traînant des malades ou les attendant, les uns s'arrêtant, les autres se hâtant, tout ce trouble empêchait les secours. Et souvent, tandis qu'ils regardaient derrière eux, ils se retrouvaient investis par devant ou par les côtés; ou bien, s'ils tentaient de se réfugier dans les quartiers voisins, les trouvant déjà la proie des flammes, ils se voyaient encore, à des distances qu'ils avaient jugées considérables, poursuivis par le même fléau. Enfin, ne sachant plus où était le péril, où était le refuge, ils restaient entassés dans les rues, étendus dans les champs, quelques-uns ayant perdu toute leur fortune, n'ayant pas même de quoi subsister; d'autres, par amour pour des parents qu'ils n'avaient pu arracher à la mort, s'ensevelirent dans les flammes. Personne n'osait résister au fléau; on entendait autour de soi mille cris menaçants qui défendaient d'éteindre; on vit même des gens qui lançaient ouvertement des flambeaux en criant à haute voix qu'ils en avaient l'ordre, soit afin d'exercer plus librement leur brigandage, soit que l'ordre eût été donné réellement[1]. »

Néron se trouvait alors à Antium. Il se décida à reve-

1. Tacite, *Annales*, XV, 38.

Fig. 2. — Incendie de Rome sous Néron (an 64).

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R F

nir à Rome, lorsqu'il apprit que l'édifice qu'il avait fait construire pour joindre le palais d'Auguste et les jardins de Mécène était menacé; mais sa présence n'empêcha pas la destruction de l'édifice ni de ses dépendances. Alors il fit ouvrir au peuple les monuments d'Agrippa et le Champ de Mars, et des hangars furent construits à la hâte pour abriter la plèbe; on demanda des meubles à Ostie et aux villes voisines, et le blé fut réduit au plus bas prix.

Cependant le bruit courait qu'au plus fort de l'incendie, Néron, du haut de la tour de Mécène, contemplait cet affreux spectacle, une lyre à la main, chantant par allusion l'incendie de Troie. Le fait n'est pas prouvé, mais ce n'est pas faire injure au tyran que de l'en accuser.

Vers le sixième jour, le feu semblait s'être arrêté au pied des Esquilies, lorsqu'il se ranima dans les possessions Émiliennes, occupées par Tigellinus. Enfin, on put constater que dix quartiers sur quatorze n'existaient plus : trois avaient été rasés, sept brûlés presque entièrement. Les plus anciens monuments religieux, le Temple de la Lune élevé par Servius Tullius, celui que l'Arcadien Évandre avait consacré à Hercule, celui de Jupiter Stator bâti par Romulus, le palais de Numa, le temple de Vesta, les demeures des anciens généraux ornées des dépouilles de l'ennemi, en un mot toutes les merveilles de l'ancienne Rome n'offraient plus que des vestiges à demi brûlés.

Des mesures furent prises immédiatement par l'empereur pour éviter le retour d'une pareille calamité : il fut décidé que les rues seraient à l'avenir larges et alignées, que les édifices seraient moins élevés et construits en pierre, que l'eau circulerait plus abondamment, qu'en-

fin il n'y aurait plus de murs mitoyens. Pour apaiser les dieux, on fit des prières publiques à Vulcain, à Cérès et à Proserpine. Selon Tacite, l'empereur promit une récompense aux citoyens qui feraient rebâtir leurs demeures dans un délai donné ; mais Suétone, toujours en contradiction avec lui, affirme que Néron exigea des contributions pour la réédification de Rome et qu'il faillit ruiner ainsi les particuliers et les provinces. En tout cas, il commença par faire construire pour son usage personnel un palais magnifique sur les ruines de la patrie. Puis, voyant qu'on l'accusait, il rejeta la faute sur les chrétiens, auxquels il fit subir les derniers supplices ; sur son ordre, on les enveloppa de peaux de bêtes pour les faire dévorer par les chiens, on les crucifia, on les enduisit de résine et l'on s'en servit comme de flambeaux. Ces scènes atroces se passaient dans les propres jardins de l'empereur, qui, vêtu en cocher, donnait des jeux au cirque et conduisait lui-même des chars !

VIII

L'INCENDIE DU TEMPLE DE JÉRUSALEM SOUS TITUS

(70)

Le Temple de Jérusalem, brûlé une première fois sous Nabu-kudur-usur, avait été réédifié après la captivité de Babylone, purifié sous Judas Machabée et reconstruit du temps d'Hérode. Il devait être incendié une seconde fois lors du siège de Jérusalem par Titus (70).

On sait[1] que le 5 thammuz (juin-juillet) les Romains s'étaient emparés de la forteresse Antonia et que les Juifs s'étaient retranchés dans l'enceinte du Temple, contre lequel les Romains élevèrent aussitôt leurs terrasses. Les assiégés, vaincus dans une sortie, crurent se venger de cet échec en mettant volontairement le feu aux portiques du nord-ouest, par où le temple communiquait avec la forteresse Antonia : ils détruisaient une partie de l'édifice, dans l'espoir qu'ils sauveraient le reste. Mais les soldats de Titus ripostèrent deux jours après (24 thammuz) par l'incendie du portique septentrional.

Les Juifs pensèrent que cette circonstance était favorable à leur position militaire, et ils ne firent aucun effort

1. Voir les *Sièges célèbres*, dans la collection des *Merveilles*.

pour arrêter les progrès du mal. Bien plus, le 27 thammuz, ils amassèrent dans les portiques de l'ouest du soufre, du bitume, du bois sec et d'autres matières inflammables; puis, ils firent semblant de s'enfuir. Les Romains se laissèrent prendre au piège et beaucoup d'entre eux se précipitèrent dans les portiques.

Cette imprudence leur coûta cher; car les assiégés, voyant qu'un certain nombre de soldats montaient à l'escalade, mirent le feu aux substances dont ils avaient eu soin de combler cette partie du Temple. Les assaillants, surpris par l'embrasement soudain des portiques, essayèrent inutilement de se sauver : les uns périrent au milieu des flammes, les autres se tuèrent eux-mêmes pour ne pas être brûlés vifs; d'autres enfin, sautant à tout hasard, tombèrent entre les mains des Juifs qui les massacrèrent.

Titus, qui, il faut le reconnaître, se montra constamment désireux de conserver le Temple et n'écouta pas même les conseils de ceux qui l'engageaient à détruire ce bel édifice, s'efforça à plusieurs reprises de vaincre l'ennemi sans avoir recours à la violence. Il échoua dans ses tentatives; puis, lorsqu'il vit à quels excès se portaient les Juifs en proie à la famine, lorsqu'il sut qu'une femme de Pérée avait osé se nourrir des membres de son enfant, lorsqu'il fut certain que ses béliers n'arriveraient pas à faire brèche au Temple et que les assauts pourraient être repoussés longtemps encore, le dépit s'empara de lui. Il ordonna donc aux soldats de mettre le feu aux portes : le revêtement d'argent fondit, le bois fut consumé et les flammes gagnèrent rapidement les galeries dans toutes les directions. Les Juifs n'eurent pas le courage de com-

battre l'incendie, qui dura tout le jour et toute la nuit, et qui aurait plus longuement exercé ses ravages sans l'intervention de Titus. Sur l'ordre de leur général, quelques cohortes se mirent à éteindre le feu pour se frayer un passage vers le Temple.

Le lendemain matin (10 ab : juillet-août), les assiégés tentèrent une sortie[1]. Ils surprirent et repoussèrent les postes ennemis, inférieurs en nombre; mais vers onze heures, ils furent repoussés à leur tour. Sans perdre courage, ils firent immédiatement une seconde sortie et voulurent repousser les légionnaires, qui en ce moment cherchaient à arrêter l'incendie de l'enceinte intérieure du Temple. Alors un soldat, sans en avoir reçu l'ordre, se fit soulever par un de ses compagnons et jeta un tison enflammé « dans les lieux par où l'on allait aux bâtiments faits autour du Temple du côté du nord[2]. » Le feu se communiqua rapidement à tous les cabinets et ce fut en vain que Titus, accouru en toute hâte, donna des ordres pour essayer une fois encore de sauver le monument sacré. Ne pouvant arrêter la fureur des soldats, il entra avec ses principaux officiers dans le sanctuaire, dont la magnificence l'étonna, et qu'il voulut au moins conserver; mais le feu, mis à la porte du Temple par un soldat, dévora en un instant toutes ces richesses. Les Juifs, de leur côté, firent quelques efforts pour éteindre les flammes, sans être plus heureux. Les Romains achevèrent la ruine des portiques et des portes et ils incen-

1. Il y avait six siècles et demi qu'à pareil jour, à pareille heure, les Babyloniens avaient mis le feu au Temple de Salomon.

2. Josèphe, livre VI.

dièrent la Trésorerie pleine de riches vêtements, d'argent et d'objets précieux.

« Au bruit des flammes pétillantes, dit M. Munk, au fracas des murs croulants, se mêlaient les gémissements des victimes et le cri de victoire des Romains; les habitants de la ville répondaient aux cris plaintifs de leurs frères mourants, et les échos des montagnes voisines accompagnaient de leur retentissement cette scène effroyablement grandiose de destruction et de mort. »

L'incendie du Temple fut suivi de celui de la Basse-Ville : la place Ophla, le palais d'Hélène Adiabène, les Archives, l'Hôtel de Ville ne furent bientôt plus que des ruines fumantes. « Cet embrasement, dit Josèphe, consumait, avec les maisons, les corps morts dont les rues de la ville étaient remplies. »

IX

L'INCENDIE DE LA BIBLIOTHÈQUE D'ALEXANDRIE

(642)

La Bibliothèque d'Alexandrie fut fondée par Ptolémée Soter dans le quartier Bruchion[1]. Ptolémée Philadelphe et ses successeurs s'appliquèrent à en accroître l'importance, et, selon Aulu-Gelle et Ammien-Marcellin, elle compta jusqu'à sept cent mille volumes. Aussi avait-on dû établir un dépôt supplémentaire dans le temple de Sérapis.

Lorsque César s'empara d'Alexandrie, la première bibliothèque périt dans les flammes. Celle du Sérapéion, qui s'était augmentée des deux cent mille volumes de la bibliothèque de Pergame, donnés par Antoine à Cléopâtre, fut détruite en 390, pendant les guerres entre les païens et les chrétiens. Cependant, on était parvenu à la reconstituer, lorsque les Arabes se rendirent maîtres de la ville et la détruisirent de nouveau (642).

Le général Amrou-ben-el-Aas, conquérant de la Syrie

1. Ptolémée fonda la Bibliothèque d'Alexandrie à l'intention des savants pour lesquels il avait institué déjà le *Museon*, sorte d'académie où des hommes d'étude vivaient et travaillaient en commun.

et de l'Égypte, voulut, dans toutes les villes qu'il traversa en vainqueur, se concilier l'affection des nouveaux sujets du khalife : il en fut de même à Alexandrie, où il écouta avec une grande bienveillance toutes les réclamations qu'on lui fit.

« La Bibliothèque avait échappé à la connaissance des musulmans, soit que son asile leur fût resté ignoré, soit que, ne devinant pas le prix inestimable des trésors scientifiques qu'elle recélait, ils n'eussent vu dans ces précieux manuscrits que des rouleaux dé parchemin ou de papyrus, dont la valeur matérielle leur semblait trop modique pour qu'il y eût à s'en occuper [1]. »

Jean le grammairien, sectateur d'Aristote, qui passait sa vie à consulter les trésors du Sérapéion et qui s'était acquis la considération d'Amrou, craignit que les volumes ne fussent dispersés. Il se rendit donc auprès du général arabe et lui demanda quelques ouvrages philosophiques, auxquels il tenait particulièrement. Dans la joie qu'il éprouva de voir sa demande bien accueillie, il commença à faire l'éloge de ces manuscrits et à insister sur leur rareté.

Mais alors Amrou se fit scrupule de disposer de choses aussi précieuses sans l'assentiment du khalife, et il en référa à Omar. « Si les livres dont tu me parles, répondit ce dernier à son général, contiennent les mêmes doctrines que le Koran, ils sont inutiles ; s'ils renferment des dogmes contraires à ceux du Koran, ils sont sacrilèges : dans les deux cas tu dois les détruire. » Ce fameux dilemme fut l'arrêt de mort de la Bibliothèque, dont les manuscrits

1. Marcel, *Histoire de l'Égypte depuis la conquête des Arabes*, p. 77.

servirent pendant six mois à chauffer les bains publics d'Alexandrie.

On a quelquefois nié cet incendie, mais la manière dont s'expriment Abul-faradj et Ab-allatif semble ne laisser aucun doute à cet égard.

X

L'INCENDIE DE MOSCOU

(1571)

Moscou était au seizième siècle une ville de trois lieues et demie de circuit, ou plutôt une agglomération de maisons en bois mal construites et mal alignées. Les rues, plantées d'arbres, n'étaient pas pavées et devenaient si fangeuses en temps de pluie qu'on n'y pouvait passer qu'à cheval. « Il y avoit tant en la ville qu'ès fauxbourgs et au chasteau cinq mille cinq cens temples, quasi tous comme des chapelles : plusieurs construits avec grands arbres rangés l'un sur l'autre ; et avoient des hautes tours de bois, sans fer ni pierre, fort bien faites. »

En 1570, la peste se déchaîna sur Moscou ou Moscovv et causa la mort de 250 000 personnes. L'année suivante (15 mai 1571), la ville fut incendiée par les Tartares.

Le récit de cet incendie nous a été conservé par un marchand des Pays-Bas qui avait voyagé en Moscovie au seizième siècle. Cette curieuse narration, citée par Simon Goulart[1], mérite d'être en partie reproduite. Après une

1. *Histoires admirables et mémorables de nostre temps*, nouvellement mises en lumière, par Simon Goulart, Senlisien. Paris, 1610.

(Voir la première partie, page 137.)

digression sur la peste de 1570, le voyageur s'exprime en ces termes :

« Ceste misère extreme fut suivie l'an d'aprés d'une ruine estrange, le quinziesme jour de may. L'occasion fut que l'Empereur des Tartares, mal content de ce que les Moscovites ne lui payoyent plus certain tribut annuel, et entendant d'autre part que le Grand Duc (de Moscovie), par ses tyrannies et massacres, avoit tellement desfriché ses païs, que la résistance ne seroit grande de ce costé, le somma de payer le tribut. Mais le Duc ne respondit qu'outrages et mocqueries. Au moyen de quoy le Tartare partit de ses pays environ la fin de février, suyvi d'une armée de cent mille chevaux, qui en deux mois et demi firent près de cinq cens lieues d'Alemagne. Estans à deux journées près des frontières du Duc, il délibéra leur aller au devant, et de fait leur donna bataille : mais il la perdit, avec une horrible desroute et carnage de ses gens. Le Duc conoissant que le Tartare le cercheroit, s'enfuit à grandes journées au plus loin qu'il peut. Il n'estoit qu'à neuf lieues de Moscovv, quand les Tartares vindrent ceindre la ville, estimans qu'il y fust. Ils mirent le feu par tous les villages d'al' environ : et voyans que la guerre tireroit trop en longueur pour eux, résolurent de brusler ceste grande ville, ou du moins les fauxbourgs d'icelle. Pour cest effect, ayans disposé leurs troupes tout autour, ils mirent le feu par tout, tellement que c'estoit un cercle enflammé. Adonc s'esleva un tourbillon de vent si furieux qu'en moins de rien il poussa de toutes parts les chevrons et longs arbres allumez des fauxbourgs en la ville. L'embrazement fut si soudain que personne n'eut loisir de se sauver, sinon à l'endroit où il se trou-

voit tout à l'heure. Les personnes bruslées de cest embrazement montèrent à plus de deux cens mille : ce qui avint par ce que les maisons estoyent toutes de bois, et mesme le pavé tout de grands sapins arrangez, qui étant huileux rendirent l'embrazement extrême : tellement qu'en l'espace de quatre heures la ville et les fauxbourgs furent entièrement consumez. Moi et un jeune homme de La Rochelle, mon trucheman, estions au milieu du feu dedans un magazin tout voulté de pierre, merveilleusement fort, dont la muraille avoit trois pieds et demi d'espaisseur, et n'avoit ouverture que de deux costez : l'un par où l'on entroit et sortoit, qui estoit une assez longue allée, en laquelle il y avoit trois portes de fer, distantes l'une de l'autre environ six pieds. De l'autre costé y avoit une fenestre ou creneau, muni de trois huis de fer, à demy pied l'un de l'autre, lesquelles ouvertures nous bouschasmes par dedans au moins mal qu'il nous fut possible : ce néantmoins il y entra tant de fumée, que c'estoit plus que trop pour nous estouffer, n'eust été qu'avions un peu de bière, dont nous nous refraischissions de fois à autre. Plusieurs Seigneurs et Gentils-hommes furent esteints ès caves où ils estoyent retirez, parce que leurs maisons faictes de gros arbres, venans à fondre soudain, accabloient tout: les autres réduites en cendres bouschoyent toutes ouvertures et emboucheures : tellement qu'à faute d'air les enfermez périssoyent. Les pauvres paysans qui s'estoient sauvez de vingt lieues à la ronde avec leur bestail, voyans l'embrazement, se jettèrent en la plus grande place de la ville, laquelle n'est pavée de bois comme les autres : néantmoins il y furent tous rostis, de telle sorte qu'un

homme de la plus haute taille ne sembloit qu'un enfant, tant l'ardeur du feu les avoit retirez[1]; et ce à cause des grandes maisons à l'environ.

« Chose la plus hideuse et effroyable à voir qu'il est possible de penser! En plusieurs endroicts d'icelle place les hommes estoyent par hauts monceaux plus de demie picque ; ce qui m'estonna merveilleusement : ne pouvant comprendre comme ils estoyent ainsi entassez les uns sur les autres.

« Cest horrible embrazement fit tomber la pluspart des creneaux des murailles de la ville, et crever aussi toute l'artillerie qui estoit sur icelles murailles faites de brique à l'antique, avec creneaux, sans rempars ni fossez à l'entour. Plusieurs s'estans sauvez là au long, y furent néantmoins rostis, tant le feu estoit véhément : entre autres beaucoup d'Italiens et de Wallons de ma conoissance. Tandis que le feu dura il nous sembloit qu'un million de canons tonnoyent ensemble, et ne pensions qu'à la mort, estimans que le feu dureroit quelques jours : à cause du grand pourpris du chasteau, de la ville, et des fauxbourgs. Mais tout cela fut dépesché en moins de quatre heures : en fin desquelles, le bruit s'amortissant, il nous print envie de voir si les Tartares estoyent entrez, desquels nous n'avions pas moins de peur que du feu.... Ayans escouté quelque peu, nous entendismes courir à travers la fumée deçà et delà quelques Moscovites qui parloyent de murer les portes pour empescher l'entrée aux Tartares qui attendoyent que le feu fust du tout esteint. Moy et mon trucheman sortis

1. *Retirer* a ici le sens de *raccourcir*, *racornir*.

du magazin, trouvasmes les cendres si chaudes qu'à peine osions-nous marcher : mais la nécessité nous contraignant, nous courusmes vers la principale porte, où nous trouvasmes 25. ou 30. hommes reschappez du feu, avec lesquels en peu d'heures nous murasmes ceste porte et les autres, et fismes le guet toute la nuit avec quelques harquebuzes garanties de l'embrazement..... Le 25. de may sur le soir, comme nous attendions en grande perplexité ce que les Tartares entreprendroyent contre nous, qui estions au nombre de quatre cens ou environ dedans le chasteau, les Tartares, ausquels nous avions fait une salve d'harquebuzades, et abatu quelques uns qui s'estoyent approchez trop près d'une des portes du chasteau, commencèrent à tourner visage droit vers le chemin par où ils estoyent venus, de telle vistesse que le lendemain matin tout ce torrent fut escoulé[1]. »

1. On a conservé textuellement l'orthographe originale.

XI

L'INCENDIE DU PALAIS DE JUSTICE

(1618)

Certes, ce fut un triste jeu,
Quand à Paris, dame Justice,
Pour avoir mangé trop d'épice[1],
Se mit le palais tout en feu.

Ce quatrain, qui est de Saint-Amand (et non de Théophile de Viau, comme on le croit généralement), fait allusion à l'incendie qui se déclara au Palais de Justice, dans la nuit du 6 au 7 mars 1618.

Quelle fut la cause de ce sinistre? Faut-il en accuser « la chambrière du concierge, qui aurait incurieusement laissé un bout de flambeau sur un banc d'un marchand, dont le feu s'était pris à une corde, qui l'avait porté aussitôt aux hauts étalages, faits de bois sec, de papier et de toile cirée, et de là avait gagné le toit »? Ne vaut-il pas mieux voir dans cet incendie l'œuvre de quelques

1. *Les épices des juges* étaient des dragées ou des confitures que donnaient au juge ou au rapporteur ceux qui gagnaient un procès. Plus tard, les épices furent converties en argent, et, de volontaires, elles devinrent une taxe due.

hauts personnages compromis dans le procès Ravaillac, dont les pièces étaient déposées au greffe?

Les historiographes contemporains ne nous donnent aucun détail à ce sujet, et plusieurs attribuent la catastrophe au hasard, à la fatalité.

Le 7 mars 1618, vers deux heures du matin[1], le feu prit à la charpente de la Grande Salle du Palais de Justice de Paris[2]. Suivant Étienne Richer[3], la sentinelle de garde au Louvre, du côté de la Seine, aperçut comme un cercle de feu sur la couverture du monument. « Peu après, des chantres de la Sainte-Chapelle, qui avaient leurs logements du côté qui regarde (la rue) Saint-Barthélemy, et quelques voisins, à un cri qui se fit, *au feu! au feu!* aperçurent ce cercle qui s'agrandissait peu à peu, et était de la grosseur d'un tonneau, justement sur la pointe proche

1. Félibien donne la date du 6 mars, mais il est en désaccord avec les autres historiens. Cf. *L'incendie du Palais de Justice en* 1618 par H. Bonnardot, ouvrage plein de documents très précieux.

2. La Grande Salle ou Gran l'Salle du Palais se divisait en deux nefs parallèles, soutenues par des piliers de bois richement décorés et surmontés d'un lambris d'or et d'azur. Elle était entourée des statues de tous les rois de France jusqu'à Charles IX, et éclairée par des fenêtres en ogive garnies de vitraux de couleur.

A l'extrémité occidentale se trouvait la fameuse table de marbre sur laquelle les clercs de la basoche élevaient leur théâtre pour jouer les *mystères*, *soties*, *farces* ou *moralités*. Le roi et sa famille y prenaient place comme convives les jours de grande cérémonie.

A l'autre extrémité, on voyait la chapelle élevée par Louis XI, qui s'y était fait représenter agenouillé aux pieds de la vierge. Cette chapelle était en bois, dédiée à saint Nicolas, et l'on y célébrait chaque année la *messe rouge* à la rentrée du parlement.

La Grande Salle contenait en outre des boutiques adossées aux quatre premiers piliers, des bancs pour les procureurs, les avocats, les clercs et les solliciteurs. (Voir Bonnardot, op. cit., p. 148-199.)

3. Dans le *Mercure François* (tome V, p. 18). Suivant Boutray, c'est un soldat, de garde à l'enclos du palais, qui donna l'éveil.

les *Consultations*[1], logis du concierge. Le guet, qui garde d'ordinaire la grande porte de la cour du Palais, s'était levé dès la minuit. On heurtait aux portes de la Grande Salle, on criait au feu par le dehors; mais le premier somme où étaient le concierge et ses domestiques fut la cause qu'ils n'en entendirent rien. » Ce que voyant, des marchands et quelques chantres défoncèrent une petite porte qui conduisait à la galerie aux Merciers, et arrivèrent dans la Grande Salle : quatre boutiques étaient en feu. ainsi qne le comble, fait de bois sec et vernissé. Bientôt, les solives et les chevrons commencèrent à tomber sur les boutiques des marchands, sur les bancs des procureurs et sur la chapelle Saint-Nicolas, où se trouvaient une grande quantité de torches et de cierges : cette circonstance donna lieu à un embrasement général, qui mit en fuite les marchands et le concierge, réveillé enfin par les cris de la foule. La partie du comble contiguë aux *Consultations* tomba la première ; la partie médiane et celle qui touchait la Conciergerie s'effondrèrent peu de temps après.

Le greffier Voisin parvint à entrer dans ses greffes, dont il emporta les registres. On sauva également ceux du greffe du Trésor et ceux du Parquet de messieurs les gens du roi; mais presque aussitôt le feu embrasa les Requêtes de l'hôtel, le greffe du Trésor, la première Chambre des enquêtes, le Parquet des huissiers, la toureille voisine de la Conciergerie[2] et la porte du per-

1. Il s'agit de la chambre où les avocats s'assemblaient pour consulter.

2. C'est alors qu'on entendit les cris des prisonniers de la Conciergerie, qui appelaient au secours, disant que la fumée les suffoquait : le procureur général donna l'ordre de conduire les détenus aux pri-

ron[1]. A ce moment, « les couvreurs, les charpentiers et plusieurs autres personnes, montés sur le toit de la cour des Aides, découvraient en diligence le côté vers la Grande Salle, sciant les solives et chevrons, et renversant de dessus les gros murs, dans ladite Grande Salle, les bouts flambants des grosses poutres traversières, pour couper le chemin au feu. Ce fut lors qu'on commença à reconnaître que de ce côté-là, il ne passerait plus outre[2]. »

De leur côté, le premier président, le procureur général, le lieutenant civil, le prévôt des marchands, l'avocat général, organisèrent des secours pour sauver la galerie aux Merciers. Le prévôt des marchands ordonna aux habitants des ponts les plus voisins et des rues de la Cité contiguës au Palais, de tirer de l'eau de la Seine et des puits, « et de la répandre dans le ruisseau pour la faire couler de là dans la cour du Palais, où il se forma en moins de rien un lac qui fournit abondamment toute l'eau dont on eut besoin. On se servit aussi de quantité de foin mouillé et de fumier[3]. »

Lorsque le reste du comble tomba, un brandon fut poussé par le vent sur la tour de l'Horloge et mit le feu à un nid d'oiseau; mais on s'en aperçut à temps. La brise était si forte qu'elle emporta des ardoises jusque dans le quartier Saint-Eustache.

On ne put sauver que les tours rondes de la Concier-

sons du Châtelet et du For-l'Évêque; mais plusieurs s'échappèrent à la faveur du tumulte.

1. Cette porte faisait communiquer la Grande Salle avec la galerie aux Merciers ou Petite Salle.

2. *Mercure François*, loc. cit.

3. Félibien, *Hist. de la ville de Paris*, t. II, p. 1311.

gerie, la tour de l'Horloge, la Grand'Chambre, la cour des Aides et la galerie aux Merciers; mais l'incendie consuma la table de marbre, la chapelle et les statues. On sait que Charles VII avait fait taillader au visage celle d'Henri V d'Angleterre, qui, proclamé roi de France, avait voulu figurer à côté des souverains français : ce fut à ces mutilations qu'on reconnut la statue de l'étranger, au milieu des décombres.

Le lendemain, le parlement rendit l'arrêt suivant :

« Ce jour, la Cour, toutes les chambres assemblées, pour adviser sur l'incendie cette nuit arrivé au Palais, qui a embrasé et réduit en cendres la Grande Salle, première des Enquêtes, Parquet des huissiers et autres commodités, après avoïr ouy les gens du roy, la matière mise en délibération, A ARRESTÉ que présentement deux de messieurs les présidens et quatre conseillers se transporteront vers le roy pour luy faire entendre l'accident survenu, sçavoir s'il aura agréable que la Cour continue l'exercice de la justice en ce lieu, et le supplier de pourveoir au restablissement, et jusques à ce, trouver bon que les advocats et procureurs ayent les galleries et salles de la Chancellerie pour faire leurs charges. A ordonné et ordonne que pardevant MM. Guillaume Bernard et Guillaume Des Landes, conseillers du roy, visitation sera faite des dits lieux, et rapport de l'estat, et par eux (sera) informé à la requête du procureur général comme l'incendie est advenu... »

Le reste de l'arrêt enjoignait aux huissiers de la Cour et des Enquêtes, aux procureurs et aux avocats, de représenter les registres, pièces et titres qu'ils avaient pu sauver, sous peine de se voir interdire désormais l'accès

du Palais. Ordre était donné à tous ceux qui avaient emporté quelques sacs, procès, minutes, ou autres papiers semblables, de les remettre entre les mains de Jean du Tillet, greffier de la Cour.

Jacques de Brosse fut chargé de reconstruire la Grande Salle, qui s'appela dans la suite *Salle des Pas-Perdus*.

XII

L'INCENDIE DE LONDRES

(1666)

Londres, délivré de la peste, fut victime d'un effroyable incendie.

« La nuit du 11 au 12 de ce mois (septembre 1666), dit Renaudot[1], le feu ayant pris à quelques maisons voisines de la Tour de Londres sans qu'on ait pu savoir de quelle manière, il fut rendu si violent par les vents du nord-est, qu'en cinq jours et autant de nuits, il réduisit en cendres toute l'enceinte de cette ville, et par delà jusques au collège appelé Temple-Bar, la Douane, les Magazins, la place des marchands appelée la Bourse, la maison et le magazin des Indes, la Maison de ville, quatre-vingt-dix paroisses et la moitié du Pont[2]. »

La cause de l'incendie qui, en 1666, fit de Londres un monceau de ruines, fut l'objet de beaucoup de doutes.

1. Certains historiens prétendent que le feu se déclara le 2 septembre à une heure du matin, diminua progressivement à partir du 4 et fut éteint le 6. Il y eut en réalité 13 200 maisons et 90 églises brûlées.

2. La *Gazette*, de Théophraste Renaudot, 1666, p. 1046.

Les uns accusèrent de ce désastre les Hollandais, ennemis de l'Angleterre ; les autres virent là l'œuvre de traîtres ou de factieux. La *Gazette* de Théophraste Renaudot, qui, comme on vient de le voir dans le passage cité plus haut, déclare qu'on ne sait de quelle manière se produisit l'incendie, nous dit ailleurs que le feu prit d'abord « en la maison d'un boulanger, proche le Pont, en la rue de New-Fish, avec tant de violence qu'ayant gagné le haut, il embrasa pareillement celles qui estoient proches, et en peu de temps le reste de cette rue. »

La maison de ce boulanger était goudronnée extérieurement et renfermait une grande quantité de fagots et de bourrées. Comme les rues étaient très étroites et que chaque étage avançait toujours sur l'étage inférieur, les toits étaient presque contigus : cette fâcheuse disposition aida puissamment au progrès des flammes. New-Fish street brûla entièrement; le feu se communiqua rapidement de quartier en quartier, et dans la rue de la Tamise, il se partagea en deux branches qui se dirigèrent de l'est à l'ouest et se rejoignirent au pont de Londres, dont elles brûlèrent une partie des maisons[1].

Parmi les monuments détruits, il faut citer la cathédrale de Saint-Paul, l'église de Sainte-Marie des Arcs, l'église du Christ, la Douane, l'hôtel de Sommerset. L'Hôtel de Ville, la prison de Newgate, l'église de Saint-Dunstan ne furent pas complètement ruinées.

Comme nous l'avons dit, on accusa les Hollandais,

1. Voir Barjaud et Landon, *Description de Londres et de ses édifices*, Paris, 1810, in-8.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R F

Fig. 3. — Incendie de Londres (1666).

parce qu'on était en guerre avec eux. Quelques-uns soupçonnèrent les catholiques romains. « Il était bien plus naturel de chercher la cause de ce désastre dans la mauvaise construction des maisons, dans la mauvaise disposition des rues, dans le peu de précautions prises pour prévenir le retour de ces incendies si fréquents à Londres, dans ce vent d'est qui augmenta la furie de l'embrasement, enfin dans la sécheresse extrême qui avait eu lieu durant tout le printemps et tout l'été, et qui semblait avoir préparé cette malheureuse ville à être plus facilement dévorée par les flammes[1]. »

Le roi d'Angleterre, accompagné du duc d'York et d'une partie de la noblesse, parcourut la ville à cheval, donnant des ordres, relevant le courage de ses sujets. Il fit transporter à White-Hall ce que les habitants avaient pu sauver, « particulièrement les marchandises, et l'argent que chacun venoit déposer entre ses mains comme en un asile sacré[2] », puis il distribua tout le biscuit des vaisseaux aux incendiés, et publia une proclamation enjoignant aux cantons voisins d'apporter des provisions à Londres.

Tous les courtisans ne prirent pas en pitié les souffrances du peuple.

L'un démontrait à Charles II que « cet incendie d'une ville toujours prête à la révolte n'était pas sans avantage pour la royauté ».

« Le roi, disait un autre, aura sans doute la sagesse de ne plus relever ni portes ni murailles, et de tenir tout

1. Voir Barjaud et Landon, op. cit., p. 29.

2. Les pertes s'élevèrent à 10 000 000 livres sterling. Les victimes furent au nombre de six seulement.

ouvert pour que ses troupes soient toujours en mesure de contenir la multitude[1]. »

Il faut dire, à la louange du prince, qu'il n'écouta pas ces conseils et qu'il donna au contraire à ses sujets, dans ces cruelles circonstances, plus d'une preuve d'intérêt. Pour attirer les bénédictions du ciel sur la capitale, il ordonna un jeûne solennel en Angleterre et dans la principauté de Galles. Il promit de faire rebâtir la Douane le plus promptement possible et recommanda à la générosité publique la reconstruction des églises. Tous ceux qui consentirent à relever leurs demeures furent exemptés pour sept ans des droits d'impôt sur les cheminées.

Sur la requête du maire et des *aldermen*, le roi décida qu'on ne se servirait plus que de la brique et de la pierre pour bâtir et qu'on ferait de « bonnes voûtes aux caves et celliers, l'expérience de cet incendie en ayant montré l'utilité et la conséquence. »

Le célèbre Christophe Wren présenta au roi un plan de réédification complète de Londres; mais les uns se montrèrent partisans de l'ancien plan, les autres opinèrent pour le nouveau : on s'arrêta à un moyen terme et l'on s'aida également des deux projets.

Cinq ans plus tard, Christophe Wren éleva à Londres, par ordre du Parlement, une colonne triomphale destinée à perpétuer la mémoire de l'incendie de 1666. Cette colonne, appelée *le Monument*, est cannelée et creuse, d'ordre dorique, très haute[2], posée sur un piédestal, et située sur une petite place près de New-Fish street.

1. Voir le *Magasin pittoresque*, t. V, p, 253, et t. XXIX, p. 208.

2. 191 pieds. — Le *Monument*, commencé en 1671, fut achevé en 1677.

Elle est construite en pierres de Portland, et le couronnement se termine par un vase de bronze, d'où jaillissent des flammes. Un escalier de marbre noir de 311 marches conduit sur le tailloir du chapiteau, et un bas-relief, considéré par les Anglais comme un chef-d'œuvre, orne une des faces du piédestal.

« Sur le premier plan de ce bas-relief, on voit une belle femme représentant la cité de Londres. Derrière elle, on aperçoit des maisons que les flammes dévorent, et elle est assise sur des ruines, dans l'attitude de la douleur, la tête penchée sur son sein, les cheveux en désordre ; sa main est négligemment posée sur une épée, et le bonnet de la Liberté est à côté d'elle. Entre elle et les flammes, on voit le Temps qui la soulève et la console. A sa droite est une jeune femme qui la touche légèrement d'une main, tandis que de l'autre, tenant un spectre ailé, elle l'invite à lever les yeux et à regarder deux déesses portées sur des nuages : l'Abondance et la Paix. A ses pieds, on remarque une ruche, emblème de l'industrie et de l'activité, à l'aide desquelles on surmonte tous les obstacles. Derrière le Temps, plusieurs citoyens applaudissent aux efforts qu'il paraît faire pour relever le personnage principal. Au-dessous, parmi des ruines, on aperçoit un dragon qui, comme support des armes de la Cité, s'efforce de la défendre avec ses griffes. Vis-à-vis, sur un terrain élevé, on voit Charles II vêtu à la romaine, le front ceint de lauriers, le bâton de commandement en main; il paraît s'approcher de la femme désolée et ordonner à trois personnages élevés dans les airs de descendre à son secours. Le premier est la Science, le second l'Architecture, le troisième la Liberté, qui agite

son bonnet dans l'air pour manifester sa joie à l'agréable perspective du rétablissement de la Cité. Le duc d'York est derrière le roi son frère; il tient d'une main une guirlande pour couronner la Cité, et, de l'autre une épée pour la défendre. La Justice et la Force sont derrière ce prince. La première tient une couronne, la seconde gouverne un lion avec des rênes. Sur le terrain où est placé le roi, on voit l'Envie sortir d'un antre, et verser le fiel de sa bouche sur un cœur sanglant qu'elle dévore. Dans la partie supérieure du dernier plan, la reconstruction de la Cité est indiquée par des maçons montés sur des échafaudages et travaillant à des maisons qui ne sont pas encore terminées[1]. »

1. Barjaud et Landon, op. cit.

XIII

L'INCENDIE DU PALATINAT

(1689)

A l'extinction de la branche palatine de Simmeren (1685), Philippe-Guillaume, de la branche de Neubourg, fut mis en possession de l'Électorat. Le duc d'Orléans, qui avait épousé la sœur de Charles, dernier Électeur de la branche éteinte, revendiqua les fiefs féminins de la succession[1].

L'opposition de Philippe-Guillaume, dans cette circonstance, déplut à Louis XIV, frère du duc d'Orléans, et le roi de France, irrité d'ailleurs de la formation de la ligue d'Augsbourg et désireux de défendre principalement la ligne du Rhin[2], envoya dans le Palatinat une armée chargée de n'en rien laisser subsister. L'incapable Cham-

1. *Précis de l'histoire du Palatinat du Rhin*, par M. Colini, secrétaire intime de S. A. S. E. Palatine (Francfort et Leipzig, 1763, pet. in-12).

2. C. Rousset, *Histoire de Louvois*, t. III. — Voltaire fait remarquer que Louis XIV, en incendiant le Palatinat, voulait plutôt empêcher l'ennemi de subsister que se venger de l'Électeur Palatin, qui, en somme, avait fait son devoir en s'unissant au reste de l'Allemagne contre la France. (*Siècle de Louis XIV*, ch. XVI.)

lay avait eu le premier la pensée de vouer cette région à une ruine générale.

Philipsbourg fut pris en 19 jours, Manheim en trois (11 novembre 1688), Frankenthal en deux. Spire, Trèves, Worms et Oppenheim ne firent aucune résistance (15 novembre 1688).

Lorsque Louvois apprit la prise de Manheim, il écrivit à l'intendant La Grange [1] :

« Je vois le roi assez disposé à faire raser entièrement la ville et la citadelle de Manheim, et en ce cas d'en faire détruire entièrement les habitations, de manière qu'il n'y reste pas pierre sur pierre qui puisse tenter un Électeur — auquel on pourrait rendre ce terrain pendant une paix — d'y faire un nouvel établissement... Sa Majesté ne juge pas encore à propos que ce projet vienne à la connaissance de personne. »

Les hésitations du roi durèrent peu, et Louis le Grand ne se montra jamais si petit que le jour où il ordonna l'incendie de Manheim et d'Heidelberg. « Les généraux français, dit Voltaire, qui ne pouvaient qu'obéir, firent donc signifier dans le cœur de l'hiver aux citoyens de toutes ces villes si florissantes et si bien réparées, aux habitants des villages, aux maîtres de plus de cinquante châteaux, qu'il fallait quitter leur demeure et qu'on allait les détruire par le fer et par les flammes. Hommes, femmes, vieillards, enfants sortirent en hâte. Une partie fut errante dans les campagnes, une autre se réfugia dans les pays voisins, pendant que le soldat, qui passe toujours les

1. Cette lettre et celles qu'on trouvera citées dans ce chapitre sont aux archives du Dépôt de la Guerre.

ordres de rigueur et n'exécute jamais ceux de clémence, brûlait et saccageait leur patrie [1] (1689). »

M. de Montclar envoya chercher les magistrats de Mannheim, et les avertit que bientôt leur ville n'existerait plus. De son côté, le comte de Tessé fit détruire Heidelberg.

« Je ne crois pas, écrivit-il à Louvois, que de huit jours mon cœur se retrouve dans sa situation ordinaire. Je prends la liberté de vous parler naturellement, mais je ne prévoyais pas qu'il en coûtât autant pour faire exécuter soi-même le brûlement d'une ville, peuplée, à proportion de ce qu'elle est, comme Orléans. Vous pouvez compter que rien du tout n'est resté du superbe château d'Heidelberg. Il y avait, hier à midi, outre le château, quatre cent trente-deux maisons brûlées ; le feu y était encore. Le pont est si détruit qu'il ne pourrait l'être davantage. Je ne doute pas que M. l'intendant ne vous rende compte des meubles qui se sont trouvés dans le château que je lui ai fait remettre. Dieu merci, je n'ai été tenté de rien. J'ai seulement fait mettre à part les tableaux de famille de la maison Palatine : cela s'appelle les pères, mères, grand'mères et parents de Madame (*duchesse d'Orléans*), avec intention, si vous me l'ordonnez ou me le conseillez, de lui en faire une honnêteté, et les lui faire porter, quand elle sera un peu détachée de la désolation de son pays natal ; car, hormis elle, qui peut s'y intéresser, il n'y a pas de tout cela une copie qui vaille douze livres. J'ai encore fait prendre dans la chapelle un grand tableau d'une *Descente de croix* qu'on dit qui est bon, mais je ne

1. Voltaire, *Siècle de Louis XIV*, ch. XVI. — Voir aussi les *Mémoires de la Cour de France*, par Mme de Lafayette (1688-89).

me connais point en tableaux ; je voudrais de tout mon cœur qu'il fût dans la chapelle de Meudon. »

A la cour de Louis XIV, cette cour si brillante en apparence, mais si insignifiante lorsqu'on la considère sous son véritable jour, il n'y avait en effet que Madame, duchesse d'Orléans, qui déplorât la ruine du Palatinat. La pauvre femme croyait fermement qu'elle était seule le prétexte des horreurs commises par les généraux de Louvois, et elle tomba dans un accès de mélancolie trop sincère pour être compris de l'entourage du *grand* roi. Quant à Louvois, il écrivit à M. de Monclar qu'à son sens Heidelberg n'était pas assez complètement « brûlé et abîmé ».

Naturellement, Monclar s'excusa. Il avait fait son devoir, tout son devoir, et ce n'était certes pas sa faute si la ruine d'Heidelberg laissait à désirer : « Je me suis rendu aux portes de la ville avec les troupes que vous m'aviez ordonné de prendre, après leur avoir fait donner de l'avoine pour quatre jours, et n'en ai bougé qu'après avoir vu les châteaux, ponts et moulins entièrement abîmés et le feu par toute la ville, où je n'ai pas cru devoir entrer pour ne rien détourner, toutes choses m'ayant paru en bon train ; et je vous prie de trouver bon que j'aie l'honneur de vous dire, que M. le comte de Tessé avait fait son devoir, ayant fait mettre le feu partout ; mais qu'une grande ville comme Heidelberg, où il n'y avait aucuns fourrages, ne peut être brûlée dans si peu de temps, et qu'il aurait fallu pour cela pour le moins huit ou dix jours, et un plus grand corps de troupes que celui qu'il y avait. L'expérience de Manheim est une preuve de ce que j'ai l'honneur de vous dire : et

s'il y a eu de la faute, *c'est de n'avoir pas chassé tout le peuple avec violence hors de la ville*, sans quoi l'on n'en serait jamais venu à bout. Quoique ledit Heidelberg soit insultable de tous côtés et hors d'état de défense, l'on ne saurait néanmoins y marcher présentement sans toutes les troupes qui sont de ces côtés-ci, à cause de la garnison qu'il y a et des troupes qui sont en mouvement. Si après le rasement de Manheim, la chose est encore faisable, j'y marcherai moi-même pour exécuter les ordres de Sa Majesté. »

La réponse de Louvois ne se fit pas longtemps attendre :

« Le moyen d'empêcher que les habitants de Manheim ne s'y rétablissent, c'est, après les avoir avertis de ne le point faire, de faire tuer tous ceux que l'on trouvera vouloir y faire quelque habitation. »

Manheim et Heidelberg détruits, on résolut de ruiner également Spire, Worms et Oppenheim. Le duc de Duras estima que, pour gagner du temps, il importait de brûler ces villes au lieu d'en démolir les maisons. Aussi envoya-t-il M. de la Fond dans chacune d'elles, avec mission de faire assembler les magistrats et de les avertir de la résolution que le roi était obligé de prendre pour empêcher les ennemis de s'emparer de Spire, Worms et Oppenheim. Louis XIV accordait quelques jours aux habitants pour leur permettre de retirer leurs meubles et leur proposait des établissements avec franchises en Alsace, en Bourgogne ou en Lorraine. Ces précautions prises, « le feu serait mis partout », et après l'incendie « on abattrait les pignons et les murailles » laissés intacts par le feu.

Le 26 mai, les habitants des trois villes menacées

commencèrent à enlever leurs effets et leurs meubles : Duras envoya Monclar à Worms, Tilladet à Spire, Coignies à Oppenheim. Chacun de ces chefs était chargé de presser « autant qu'ils pourraient » la sortie « des bourgeois ».

Cinq jours après, Oppenheim et Worms étaient entièrement brûlées. Le 1er juin on mettait le feu à Spire, le 4 juin on incendiait Bingen. La magnifique cathédrale de Worms ne fut même pas épargnée.

Les populations, traquées comme des bêtes fauves, réduites à la misère, privées de tout, finirent par se révolter. Ce résultat, si facile à prévoir, remplit d'étonnement M. de Chamlay, qui écrivit à Louvois (29 août) :

« M. de Mélac revint hier au soir sans avoir rien fait; il a trouvé tout le pays des Deux-Ponts armé et plein de chenapans qui tiraient sur lui de tous les buissons et de tous les passages. Il faut absolument mettre ces peuples-là à la raison, soit en les faisant pendre, soit en brûlant leurs villages. Jamais, dans les guerres précédentes les plus aigries, il n'y a eu un déchaînement pareil à celui de ces maudits paysans-là. Une chose qui doit surprendre est qu'ils ne veulent pas de quartier, et quand on n'a pas pris la précaution de les désarmer en les prenant, ils ont l'insolence de tirer au milieu d'une troupe. »

Tel fut l'incendie du Palatinat. C'est avec intention que l'on s'est appuyé dans ce récit sur les lettres de ceux qui ont commis ou fait commettre ces scènes de barbarie, sans y être forcés par les nécessités de la guerre. Les incendiés firent frapper une médaille commémorative ayant pour exergue : *Securos sic tractat Gallus amicos.* Est-ce bien la nation française, le français, *Gallus*, qui

est responsable de tant d'horreurs? Est-ce bien le mot *Gallus* qu'il fallait employer, et la devise ne serait-elle pas plus exacte, conçue en ces termes : *Securos sic tractat* Rex Ludovicus *amicos?*

XIV

L'INCENDIE DE MOSCOU

(1812)

Lorsque l'armée française fut arrivée devant Moscou, Murat reçut l'ordre d'entrer dans la ville. Le roi de Naples, suivi de son état-major et d'un détachement de cavalerie, s'enfonça dans les rues solitaires de l'ancienne capitale des czars : conformément aux ordres du gouverneur, Rostopchin, la population presque tout entière avait fui, et Moscou présentait cet aspect morne, silencieux et triste qu'ont les cloîtres, les ruines ou les déserts. En effet, Rostopchin, après avoir répandu les bruits les plus faux sur la prétendue faiblesse des armées françaises, après avoir publié que Napoléon voulait anéantir le peuple orthodoxe, avait conçu le dessein d'ensevelir l'armée victorieuse sous les décombres de Moscou envahie. En apprenant l'issue de la bataille de Borodino, les Russes avaient levé le camp de Fili, et Kutusof s'était porté au sud, de manière à communiquer avec les corps de Tchitchagof et de Tormasof. Le gouverneur avait de son côté ordonné aux habitants d'évacuer leurs demeures à l'instant même, et enjoint aux

prisonniers de mettre le feu aux maisons à l'aide de torches, de fusées et de pétards.

Murat fut saisi d'étonnement à la vue de cette solitude. Craignant quelque surprise ou quelque embûche, il s'avança lentement, espérant qu'une députation allait venir implorer la clémence de l'empereur.

Près du Kremlin stationnaient des groupes de Cosaques, de soldats, d'hommes du peuple; et des bandits, agents de Rostopchin, tirèrent plusieurs coups de fusil sur l'avant-garde, qui vint promptement à bout des agresseurs.

Les Français, de plus en plus méfiants, continuèrent leur marche avec les mêmes précautions, et ce fut seulement à sept heures du soir que les troupes purent bivouaquer. Napoléon s'arrêta à l'entrée du faubourg pour y attendre une députation des habitants : ne la voyant pas venir, il envoya aux renseignements des officiers polonais, qui apprirent la fuite des seigneurs et des fonctionnaires de Moscou. On réunit donc à la hâte des marchands étrangers et on les conduisit devant l'empereur. « Les Russes, dirent-ils au monarque, ont abandonné Moscou; il n'y est resté que quelques étrangers comme nous qui s'adonnaient au commerce, et quelques individus des dernières classes du peuple. Nous ferons tout ce qui sera en notre pouvoir pour le service de Votre Majesté, et nous la supplions de nous accorder sa protection. »

L'orgueilleux empereur, blessé dans sa vanité, ne répondit rien à ces paroles, et entra aussitôt dans la ville, pendant que les soldats visitaient les maisons abandonnées, pour se procurer des aliments (15 sep-

tembre 1812). Déjà, l'on se croyait maître des richesses de Moscou, lorsqu'un incendie se déclara dans le magasin des spiritueux. Il n'y avait là rien de bien extraordinaire; mais quand on vit le feu dévorer aussitôt après l'agglomération de bâtiments appelée le *Bazar* et située au nord-est du Kremlin, quand les tissus de l'Inde et de la Perse, les denrées de toute sorte furent perdus sans retour, on commença à trouver étranges ces deux accidents successifs.

Excité par le vent d'équinoxe, le feu se propagea vers l'ouest dans les rues comprises entre les routes de Tver et de Smolensk. Les constructions en bois, alors si nombreuses à Moscou, n'étaient pas faites pour mettre un terme à l'embrasement; aussi, les quartiers de l'ouest restèrent-ils debout très peu de temps. Des incendiaires pris sur le fait et menacés de mort avouèrent qu'ils agissaient de la sorte à l'instigation de Rostopchin. Plusieurs d'entre eux furent tués sur place, d'autres condamnés à être fusillés, par une commission militaire créée tout exprès pour les juger. Leurs cadavres exposés dans les rues ou attachés à des poteaux contribuèrent à augmenter l'horreur de la situation.

Dès que Napoléon connut la véritable cause de l'incendie, il donna à ses officiers l'ordre d'organiser les secours. Malheureusement, les pompes avaient été éloignées; puis le vent, se déplaçant sans cesse sous l'influence de l'équinoxe, portait les flammes de tous côtés. « Cette immense colonne de feu, rabattue par le vent sur le toit des édifices, les embrasait dès qu'elle les avait touchés, s'augmentait à chaque instant des conquêtes qu'elle avait faites, répandait avec la flamme d'affreux

mugissements, interrompus par d'effroyables explosions, et lançait au loin des poutres brûlantes qui allaient semer le fléau où il n'était pas, ou tombaient comme des bombes au milieu des rues[1]. » Après avoir soufflé du nord-ouest pendant quelques heures, l'air commença à se mouvoir dans la direction du sud-ouest, et le Kremlin lui-même, rempli de poudre, d'étoupes, de caissons de munitions, fut exposé aux hasards de l'incendie.

A la hauteur des appartements occupés par Napoléon régnait un balcon, d'où l'empereur dominait la vieille cité et pouvait contempler la destruction d'une ville sur laquelle il avait fondé de si grandes espérances : « Moscou n'est plus, s'écria-t-il; je perds la récompense que j'avais promise à ma brave armée! » Cédant aux instances de ses généraux, incommodé par la chaleur que répandait l'embrasement et voyant qu'une pluie de feu tombait sur le Kremlin, il se décida à transporter son quartier général au château de Petrovskoé, sur la route de Saint-Pétersbourg. Il descendit sur le quai de la Moskova, et l'armée se replia sur les routes par lesquelles elle était venue, à l'exception toutefois de la garde, qui resta dans Moscou pour essayer de sauver le palais.

Jusqu'au 20 septembre, l'incendie exerça ses ravages avec une égale violence : les toits s'affaissaient, les façades s'écroulaient, les portes de fer des boutiques tombaient avec un bruit sourd. « On entendait à la fois, dit M. de Chambray, le pétillement des flammes, l'affaissement des bâtiments, les cris des animaux qui y avaient

1. Thiers, *Hist. du Consulat et de l'Empire*, t. XIV. p. 381 et 382.

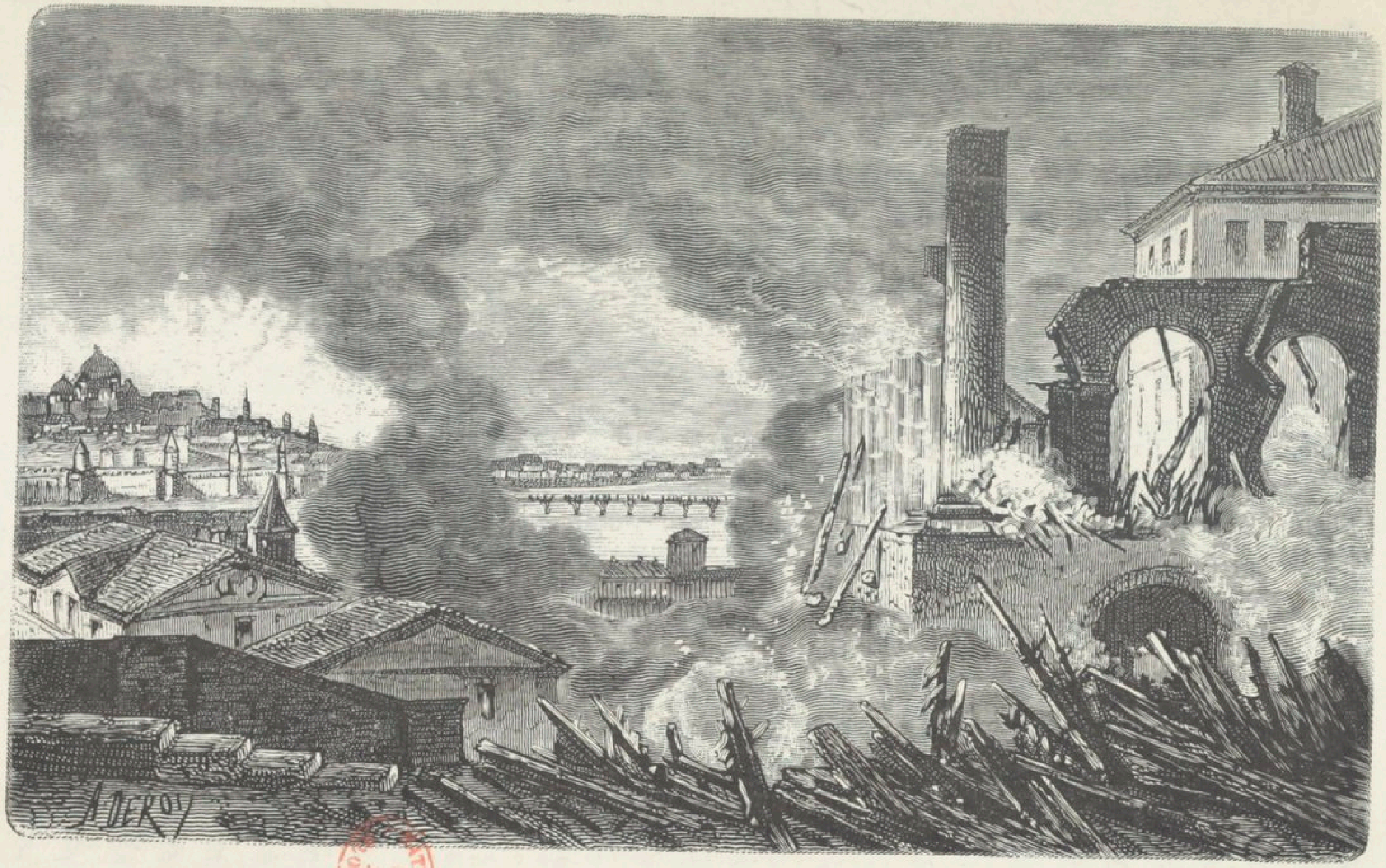


Fig. 4. — Incendie de Moscou (1812).

été abandonnés, les gémissements des habitants, les imprécations du soldat ivre, disputant aux flammes une partie de leur proie. Le pillage et l'incendie marchaient de front; tous pillaient ou achetaient à vil prix les produits du pillage, et l'intérêt réunit plus d'une fois dans le même lieu l'habit brodé du général et l'humble habit du soldat. Le jour, des tourbillons de fumée s'élevant de toutes parts formaient un nuage épais qui obscurcissait la lumière du soleil; la nuit, les flammes, mêlées à ces tourbillons, répandaient au loin une sombre clarté.

« Le sort des habitants qui étaient restés dans Moscou devint affreux; obligés de fuir leurs maisons embrasées, ils erraient au milieu de cette ville, courbés sous le fardeau de leurs objets les plus précieux, et cherchant un asile. Dans cette situation déplorable, ils se voyaient exposés aux violences du soldat qui, après les avoir outragés et pillés, poussait quelquefois la barbarie jusqu'à les forcer de porter eux-mêmes au camp leur propre dépouille. » Napoléon avait en effet livré d'abord à ses soldats les quartiers incendiés, mais il revint sur cette mesure, lorsqu'il vit les recherches dégénérer en scènes de désordre.

Enfin, la pluie succédant tout à coup à l'ouragan, amortit, puis éteignit le feu qui n'avait épargné qu'un cinquième de la ville (20 septembre). Le Kremlin, cerné par les militaires et naturellement préservé par son enceinte, resta intact. Quelques maisons des faubourgs et le quartier des marchands étrangers échappèrent seuls à la ruine; tout le reste de Moscou, moins les églises, était couvert de cendres, de briques, de feuilles de tôle, de débris fumants, de cadavres défigurés ou calcinés, et

au milieu de ces décombres se dressaient des pans de murailles, des arbres à demi consumés.

Pendant ce temps, les Russes entendaient au loin les mugissements du vent et voyaient les lueurs de l'incendie. Rostopchin faisait courir le bruit de ce désastre dans les rangs de l'armée ; il accusait ouvertement les Français et excitait ainsi l'indignation de nos adversaires.

L'incendie de Moscou, malgré les objections patriotiques qu'on peut alléguer en sa faveur, fut une mesure impolitique et inutile. L'armée française restant à Moscou aurait infailliblement péri faute de vivres, tandis qu'en brûlant la ville, on risquait d'obliger l'empereur à opérer une retraite heureuse avant l'entrée de l'hiver. Si Napoléon ne voulut pas mettre à profit le temps qui lui restait encore pour revenir tranquillement en France, s'il préféra temporiser et aboutir ainsi au terrible passage de la Bérésina, c'est qu'il voulait surtout conserver son prestige, et, comme dit Michelet, fonder la tradition qui nous perdit soixante ans plus tard.

XV

L'INCENDIE DU *PHÉNIX*

(1819)

Au mois de septembre 1819, le bateau à vapeur *le Phénix*, qui naviguait sur le lac Champlain, mit à la voile pour Saint-Jean, chargé de quarante passagers environ.

Vers une heure du matin, pendant que chacun dormait ou se reposait dans sa cabine, une lueur extraordinaire éclaira le pont du navire. Un matelot descendu dans la cambuse pour prendre son souper, y oublia une chandelle allumée, qui communiqua le feu à une planche. La cambuse entière ne tarda pas à s'enflammer.

Un marin, qui veillait auprès de la machine, s'approcha du foyer de l'incendie, mais il fut tout à coup entouré de flammes et n'eut que le temps de s'élancer sur le pont, où il donna l'alarme. Le capitaine du *Phénix*, alors malade, avait confié le commandement du bateau à son fils, âgé de vingt et un ans. Ce jeune homme s'empressa d'éveiller l'équipage, ordonna au pilote de se diriger vers l'île la plus voisine, et demanda aux matelots s'ils étaient disposés à affronter la mort, tandis que les

passagers se sauveraient dans les canots : tous acceptèrent sans hésiter cette périlleuse mission et s'occupèrent de mettre à l'eau les embarcations. A cet instant, les flammes, traversant le pont, vinrent entourer de leurs replis mobiles le mât, la cheminée et le brave pilote, qui resta pourtant à son poste jusqu'à ce qu'il eût la figure et les mains grillées. En même temps, par suite de la chaleur intense qui régnait autour de la baignoire et qui doublait la force et la vitesse de la machine, le bateau fendit les flots avec une rapidité vertigineuse; il était sur le point de toucher terre, lorsque, le gouvernail venant à manquer, il fut repoussé par le vent loin du rivage et s'éloigna en tournoyant.

« Personne, nous dit Miss Wright qui visitait alors l'Amérique, n'osait approcher de la machine pour l'arrêter; mais elle ne tarda pas à s'arrêter d'elle-même et laissa le bateau à la merci des vagues. Avec des peines infinies, les passagers à demi nus, parvinrent à descendre dans les canots et reçurent les femmes et les enfants des mains du capitaine et des matelots; ceux-ci, bien que les flammes voltigeassent sur leurs têtes, repoussèrent toutes les sollicitations qu'on leur fit d'entrer dans les embarcations déjà trop chargées, et ils poussèrent au large le navire, que le feu continuait de dévorer. On s'aperçut alors qu'une jeune femme et un jeune homme de seize ans avaient été oubliés.

« Après les avoir tirés du milieu des flammes, on attacha le jeune homme à une planche, et un matelot, habile nageur, se jeta avec lui dans le lac. Le capitaine, tenant dans ses bras la pauvre femme, remplie d'une terreur frénétique, demeura sur le bord de son navire

embrasé jusqu'à ce qu'il eût vu le dernier de ses hommes, muni d'une pièce de bois, sauter à l'eau. Alors, il jeta hors du bord une table qu'il avait réservée; puis, chargé de son fardeau, il s'élança au milieu des flots. La pauvre femme, dans l'excès de sa frayeur, le saisit fortement à la gorge au moment où il la plaçait sur la table. Forcé de se dégager de cette infortunée, elle fut écartée de lui par les vagues; il s'efforça de la suivre et la vit s'accrocher à un débris enflammé. Bientôt, elle poussa un dernier cri et disparut au milieu des flammes et des flots. »

Voyant qu'il ne pouvait plus sauver la malheureuse, il fit en nageant le tour du navire et ordonna à ceux de ses hommes qui se trouvaient encore là de s'accrocher à des pièces de bois et d'attendre; il espérait que, guidés par la lueur des flammes, les canots reviendraient au secours de l'équipage. Malheureusement la nuit se passa dans une vaine attente, et le lendemain matin, les matelots revenus pour essayer de sauver leur capitaine et leurs compagnons ne trouvèrent plus que la carcasse du *Phénix*. Cependant, ils distinguèrent au loin, sur le sommet d'une vague, un point noir qui grossissait à mesure qu'ils approchaient : « c'était une pièce de bois supportant un homme, et cet homme était le jeune capitaine, privé de sentiment, mais conservant encore un reste de vie. » Un autre marin fut également sauvé, mais sept de ces braves gens périrent.

Pendant quelques jours on put voir la carcasse à demi consumée du *Phénix* au milieu du lac, sur un récif où l'avait jeté la tempête.

XVI

L'INCENDIE DE LA CATHÉDRALE DE ROUEN

(1822)

Dans la soirée du samedi 14 septembre, le ciel était
uageux, le temps lourd, les éclairs fréquents. Pendant
a nuit, le tonnerre gronda dans le lointain, et le matin,
ers cinq heures, la foudre tomba sur le principal clo-
her de la cathédrale de Rouen. Après avoir frappé la
ointe de la pyramide de Robert Becquet[1], elle la circon-
crivit en spirale et s'enfonça dans la partie inférieure
es colonnades (15 septembre 1822).

Presque aussitôt la base de l'aiguille s'enflamma. « La
nultitude des oiseaux qui avaient leur repaire dans ce
locher était si prodigieuse, que l'escalier de pierre qui
onduisait à la flèche était dans sa partie la plus obscure
ncombré de leurs ossements et de ceux des animaux
lont les buses, les émouchets, etc., avaient fait leur proie.
a charpente était en plusieurs endroits tapissée d'aires

1. Cette pyramide, telle qu'elle existait alors, avait été construite
n 1543. En 1804, elle inclinait à l'ouest et menaçait ruine, mais on
'empressa de la restaurer. Elle était haute de 396 pieds et l'on y
nontait par 500 marches.

et de nids; les planchers et les enrayures regorgeaient de brindilles, de paille, de foin, de coton, de laine et d'autres matières accumulées par ces mêmes oiseaux[1]. »

Le vent souffle du nord-est et mugit avec violence; le tocsin sonne; les flammes sortent de la pyramide embrasée, et des ruisseaux de métal, provenant de la fusion des plombages, tombent avec fracas sur le sol.

A sept heures, la flèche, dans les deux tiers de sa hauteur, est précipitée sur le toit latéral de l'église, où elle reste suspendue un instant, puis sur une maison voisine dont elle écrase les étages supérieurs. Aussitôt, grâce au vent, l'incendie se propage dans une immense étendue : les galeries se déchirent; les colonnes, les arcades, les voûtes, disparaissent sous les flammes; les charpentes des combles brûlent; les gargouilles vomissent toujours en cascade des torrents de métal; enfin, le toit tout entier du chœur s'écroule avec le tiers du toit de la nef. Une gerbe incandescente jaillit du rond-point, dont le toit s'est aussi écroulé sur son centre, et l'on voit s'élever dans les airs une colonne de fumée de diverses couleurs.

A ce moment, les efforts des habitants et de la force armée parvinrent à maîtriser les progrès de l'embrasement, et l'on arracha à la fureur des flammes le corps mutilé de la cathédrale.

1. V. Langlois, *Notice sur l'incendie de la cathédrale de Rouen* (Rouen, 1822, in-8).

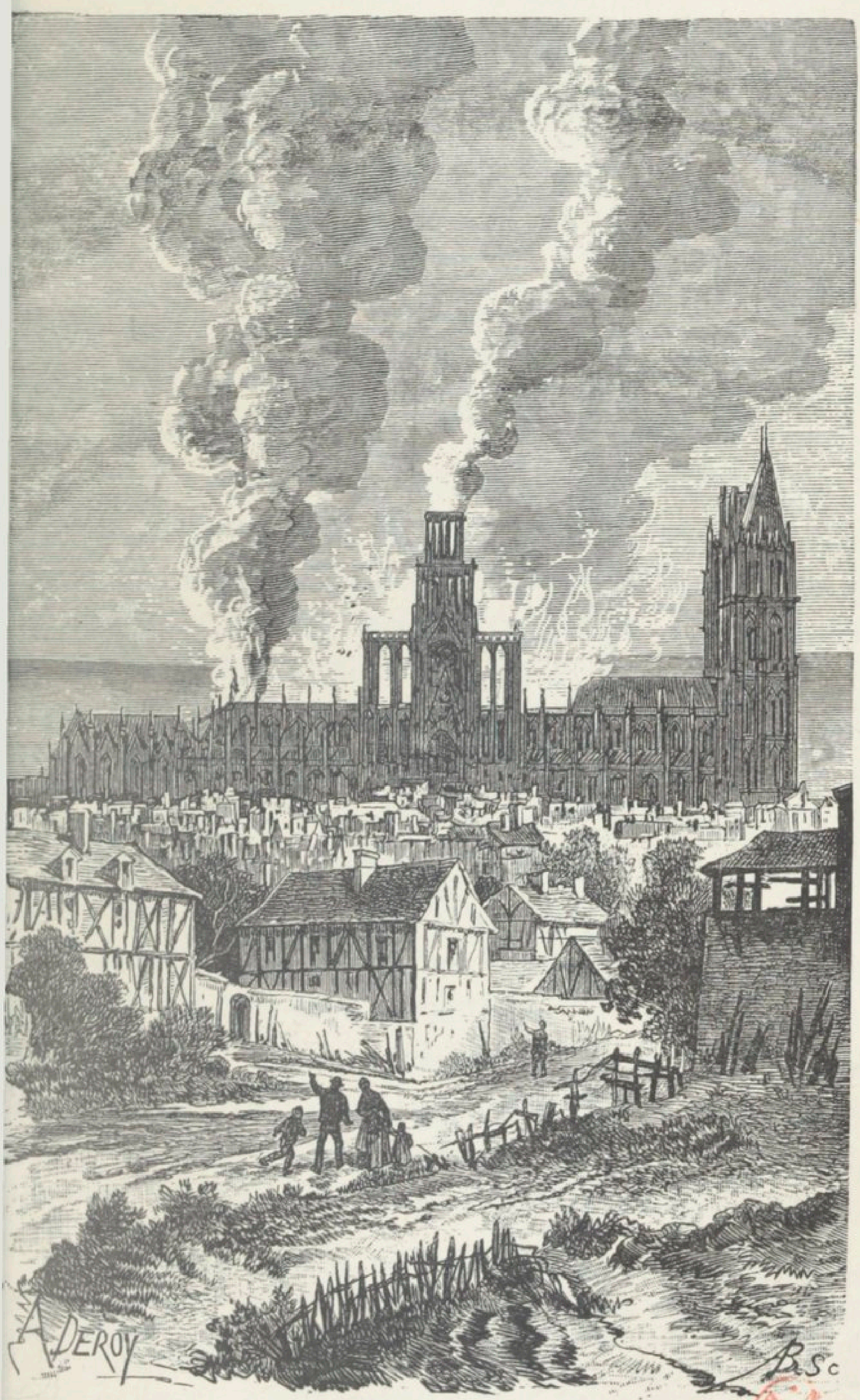


Fig. 5. — Incendie de la cathédrale de Rouen (1822).

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE RF

XVII

L'INCENDIE DU *KENT*[1]

(1825)

« Le *Kent*, vaisseau de la Compagnie des Indes, capitaine Henri Cobb, beau bâtiment neuf de 1350 tonneaux, destiné pour le Bengale et la Chine, mit à la voile, des Dunes, le 19 février 1825.

« Poussé par un vent frais du nord-est, notre beau navire descendait majestueusement la Manche, et dépassait avec rapidité plus d'un point de la côte cher à nos souvenirs. Dans la soirée du 23, nous perdîmes de vue les rivages de l'Angleterre et nous entrâmes dans l'Atlantique, ne nous attendant point à revoir la terre avant d'arriver dans les parages de l'Inde.

« Malgré de légers intervalles de mauvais temps, nous continuâmes à faire route jusque dans la nuit du lundi 28, où nous nous trouvâmes subitement arrêtés par un coup de vent du sud-ouest, dont la violence augmenta pro-

1. Les extraits que l'on va lire sont empruntés à la brochure anglaise intitulée : *Récit de la perte du bâtiment de la Compagnie des Indes le Kent*, par un des officiers qui se trouvaient à bord. On attribue la traduction de ce remarquable récit à Mme la duchesse de Broglie, fille de madame de Staël. (Paris, 1826, in-12.)

gressivement pendant toute la matinée suivante. Nous étions alors par 47° 30′ de lat. et 10° de long. ouest de Greenwich.

« L'activité des officiers et de l'équipage du *Kent* paraissait s'accroître avec le danger. Nos grandes voiles furent promptement carguées ou mises au bas ris, et le 1er mars, à dix heures du matin, après avoir amené nos vergues de perroquet, nous étions à la cape sous le grand hunier seul, avec trois ris pris, nos fausses fenêtres de poupe fermées, et tous les soldats de quart amarrés à un cordage de sûreté que l'on avait tendu sur le pont.

« Le roulis, qui était fort augmenté par quelques centaines de tonneaux de boulets et de bombes qui formaient une partie de la cargaison, devint si violent vers midi, qu'à chaque secousse les chaînes de haubans plongeaient de plusieurs pieds dans la mer. Les meubles les mieux calés étaient culbutés avec tant de fracas, que personne ne pouvait se croire en sûreté dans sa chambre ni dans la salle commune.

« Ce fut vers ce moment qu'un des officiers, dans la louable intention de s'assurer si tout était en bon ordre à fond de cale, y descendit avec deux matelots munis d'une lampe de sûreté; et comme cette lampe brûlait mal, il eut la précaution de ne pas la raviver lui-même, crainte du feu, mais de l'envoyer sur la plate-forme des câbles pour en faire arranger la mèche. S'étant aperçu ensuite qu'une des barriques d'eau-de-vie était hors de sa place, il donna ordre aux matelots d'aller chercher des coins pour la caler; mais pendant leur absence le vaisseau ayant éprouvé une violente secousse, l'officier laissa malheureusement échapper sa lampe, et dans

son empressement à la ramasser, il lâcha prise de la barrique qu'il tenait en respect. La barrique s'effondra, et l'eau-de-vie entrant en contact avec la mèche de la lampe, tout fut bientôt en flammes. »

Immédiatement, les officiers donnèrent des ordres à l'équipage pour essayer d'arrêter le mal à son début, et il était présumable qu'on se rendrait maître du feu, car l'incendie restait enfermé dans la cale au vin, laquelle était entourée de tout côté par des barriques d'eau; mais tout à coup, à la flamme bleue de l'eau-de-vie succédèrent des tourbillons d'une épaisse fumée noire, qui gagnèrent promptement les câbles. Le capitaine Cobb donna l'ordre de pratiquer des voies d'eau dans le premier et le second pont, de déblayer les écoutilles et d'ouvrir les sabords de la batterie inférieure. La grande quantité d'eau qui entra dans la cale arrêta un instant la fureur des flammes; seulement, le danger d'un naufrage vint s'ajouter à celui d'une explosion.

« Alors commença une scène d'horreur qui passe toute description. Le pont supérieur était couvert de six à sept cents créatures humaines dont plusieurs, que le mal dè mer avaient retenues dans leur lit, s'étaient vues forcées de s'enfuir sans vêtements, et couraient çà et là cherchant un père, un mari, des enfants. Les uns attendaient leur sort avec une résignation silencieuse ou une insensibilité stupide, d'autres se livraient à toute la frénésie du désespoir. Plusieurs imploraient à genoux, avec cris et avec larmes, la miséricorde du Tout-Puissant, dont le bras, disaient-ils, s'était enfin levé pour les punir. Les catholiques répétaient à la hâte le signe de la croix, ou accomplissaient d'autres actes extérieurs de dévotion exigés de leur croyance, tandis que quelques-uns des soldats et des marins les plus vieux et les plus fermes de cœur allaient d'un air sombre se placer directement au-

dessus du magasin à poudre, afin, disaient-ils, que l'explosion qu'on attendait d'un instant à l'autre, terminât plus promptement leurs souffrances.

« Tandis que nous étions ainsi dans un état d'inertie physique, mais de douloureuse agitation morale; tandis que les vagues se précipitaient avec fureur contre les flancs de notre malheureux navire, comme si l'Océan eût été jaloux de ce qu'un élément rival lui disputait sa proie, un de ces nombreux coups de mer qui brisaient et jetaient çà et là tout ce que renfermait le bâtiment, arracha tout à coup l'habitacle de ses amarres, et mit en pièces l'appareil de la boussole. Alors, un des jeunes contre-maîtres, après un instant de morne silence, s'écria avec l'émotion la plus naturelle à un marin en pareille circonstance :

« — Quoi ! il est donc vrai que le *Kent* n'a plus de boussole ! »

« Et il laissa les spectateurs tirer eux-mêmes la conclusion d'un tel présage. Un officier s'étant procuré du papier, écrivit à son père quelques lignes qu'il enferma soigneusement dans une bouteille, espérant que peut-être elles parviendraient à leur adresse. Dans le moment même, il vint à l'esprit de M. Thomson, l'un des seconds, de faire monter un homme au petit mât de hune, souhaitant, plus qu'il ne l'espérait, que l'on pût découvrir quelque vaisseau secourable sur la surface de l'Océan. Le matelot arrivé à son poste parcourut des yeux tout l'horizon. Ce fut pour nous un moment d'angoisse inexprimable. Puis, tout à coup, agitant son chapeau, il s'écria : « Une voile sous le vent! » Cette heureuse nouvelle fut reçue avec un profond sentiment de reconnaissance,

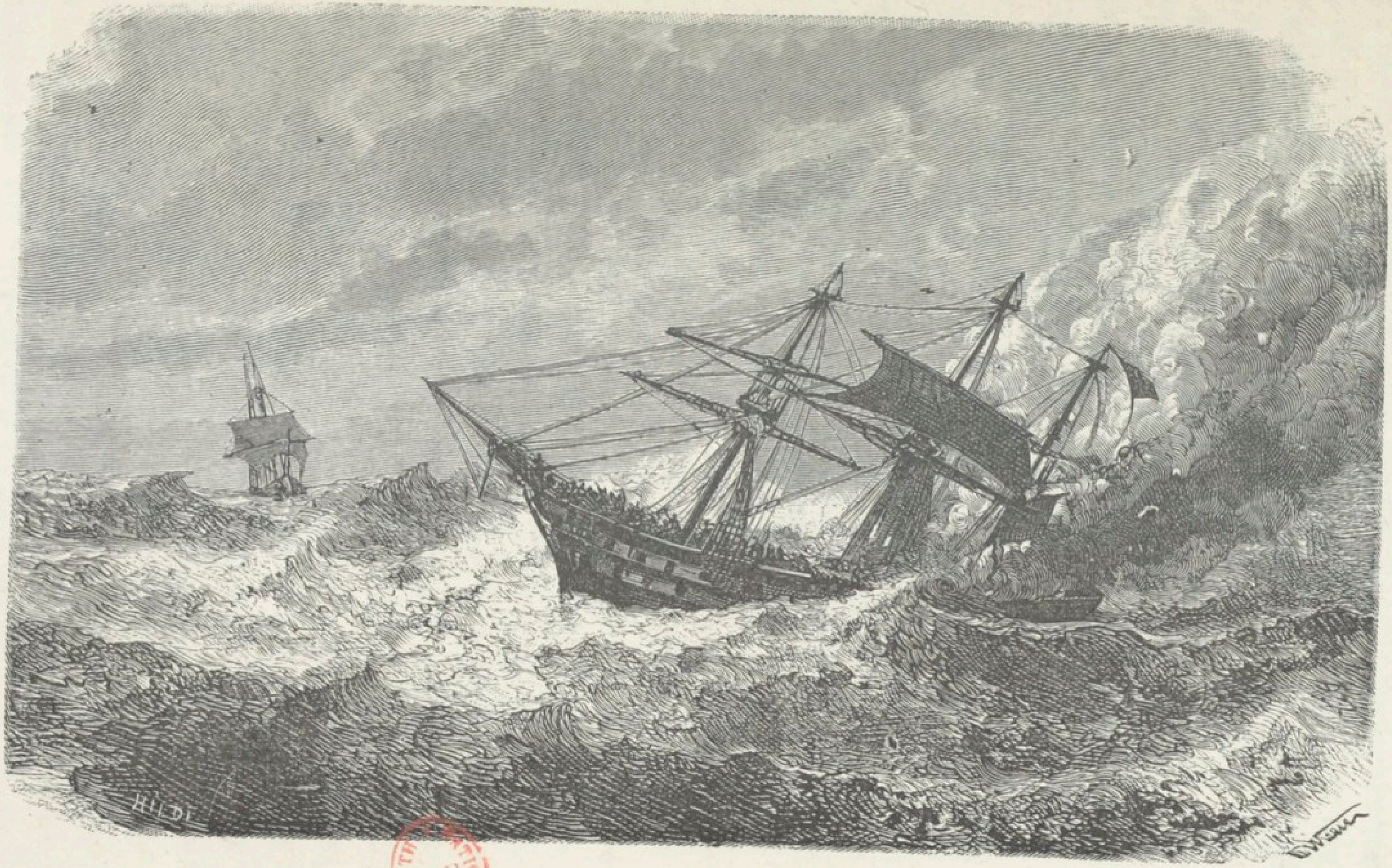


Fig. 6. — Incendie du *Kent* (1825).

et l'on y répondit par trois cris de joie. Nous hissâmes à l'instant nos pavillons de détresse, nous tirâmes le canon de minute en minute, et nous nous efforçâmes d'arriver sur le bâtiment qui était en vue, sous la misaine et les trois huniers. Ce bâtiment, comme nous l'apprîmes plus tard, se trouva être la *Cambria*, capitaine Cook, petit brick de 200 tonneaux, destiné pour la Vera-Cruz, et ayant à bord vingt à trente mineurs de Cornouailles, et d'autres employés de la Compagnie anglo-mexicaine. »

Après quelques minutes d'une douloureuse incertitude, le brick hissa son pavillon et mit toutes voiles dehors pour venir au secours du bâtiment en détresse. Alors, le capitaine Cobb prit ses mesures pour faire placer dans le grand canot les enfants et les femmes ; puis la frêle embarcation fut mise à la mer avec des peines inouïes, et, malgré la fureur des vagues, accosta « l'arche de refuge » au bout de vingt minutes environ. Ce premier voyage ayant réussi, on mit à l'eau d'autres embarcations, et par bonheur, aucune femme ne périt dans cette affreuse lutte de l'homme contre l'Océan.

« Le jour tirait à sa fin, et les flammes allaient toujours croissant. Le colonel Fearon et le capitaine Cobb se montraient de plus en plus empressés à sauver le reste des braves gens qui leur étaient confiés. Pour leur offrir un moyen plus facile de quitter le vaisseau, on fit suspendre à l'extrémité du gui de brigantine un cordage, le long duquel les hommes devaient se laisser glisser dans les canots. Mais en faisant cette manœuvre, on courait grand risque d'être balancé en l'air pendant quelque temps, et d'être ensuite ou plongé dans l'eau à plusieurs reprises, ou brisé contre le plat-bord des canots ; car la violence des lames et le tangage du bâtiment rendaient impossible aux embarcations de se maintenir en place.

Aussi plusieurs de ceux qui n'étaient pas du métier préféraient-ils sauter à la mer par les fenêtres de poupe, et tenter l'entreprise plus chanceuse de gagner les canots à la nage. On construisit des radeaux avec des planches, des cages à poulets, et tous les matériaux que l'on put employer, pour avoir un dernier refuge si les flammes nous obligeaient à abandonner tout à fait le bâtiment; et en même temps chaque homme eut ordre de se mettre une corde autour du corps, afin de pouvoir s'amarrer aux radeaux, si l'on était contraint d'y avoir recours. Au milieu de tous ces préparatifs, je fus frappé, je dirais presque diverti, de la délicatesse naïve d'une recrue irlandaise, qui, cherchant un bout de cordage dans l'une des chambres, me cria qu'elle n'en trouvait pas d'autre que celui qui servait à attacher le hamac d'un officier, et qu'elle n'osait se l'approprier sans ma permission.

« Les officiers commencèrent alors à quitter le bâtiment, et leur départ fut marqué par la discipline la plus rigide, comme par la plus grande intrépidité. Personne ne fit parade de cette vaine bravoure qui, en pareille circonstance est plutôt un indice de timidité secrète que de véritable force d'âme. Nul ne trahit, par son impatience à gagner les canots, des sentiments indignes d'un soldat; tous au contraire, se comportèrent en hommes qui, sans contempler la mort avec une insouciance profane, conservent en présence du danger la pleine disposition de leurs facultés.

« Nous étions environnés depuis quelque temps des ombres de la nuit, lorsque je descendis dans la grande chambre pour y chercher une couverture, afin de me garantir du froid qui devenait très intense. Cette salle

qui peu d'heures auparavant avait été le théâtre d'une conversation amicale et d'une douce gaieté, était presque déserte : on n'y voyait que quelques misérables dont les uns étaient étendus sur le plancher dans un état d'ivresse brutale, tandis que les autres rôdaient comme des bêtes de proie en quête de pillage. Les sofas, les commodes, les meubles les plus élégants étaient brisés en mille morceaux épars. Je retournai sur la dunette, où je retrouvai, parmi le petit nombre d'officiers qui restaient à bord, le capitaine Cobb, le colonel Fearon, et les lieutenants Nuxton, Booth et Évans, qui dirigeaient avec un zèle infatigable le départ de nos malheureux camarades, dont le nombre commençait à diminuer rapidement. »

A la fin, voyant que la vie d'aucun passager ne serait compromise, les officiers songèrent à faire leur retraite. Quelques-uns d'entre eux, au prix d'efforts incroyables, parvinrent à se traîner le long du gui de brigantine, saisirent la corde suspendue à l'extrémité de ce gui, et se laissèrent glisser dans un canot ballotté par les vagues. Mais alors un certain nombre de passagers ne purent se résoudre à employer un moyen aussi périlleux; les flammes les obligèrent à se réfugier sur les porte-haubans, où ils restèrent jusqu'au moment où les mâts s'écroulèrent par-dessus bord; ensuite, ils se tinrent accrochés aux mâts pendant quelques heures, et ils auraient infailliblement péri, s'ils n'avaient été aperçus et sauvés miraculeusement par la *Caroline*, vaisseau allant d'Égypte à Liverpool, et dont le commandant, apercevant l'explosion à une très grande distance, fit à l'instant force de voiles dans la direction du vaisseau incendié.

XVIII

L'INCENDIE DE SALINS

(1825)

Salins, petite ville située à 100 lieues de Paris, était en 1825 habitée par une population de neuf mille âmes, et faisait un commerce assez important de sel, de vin et d'eau-de-vie.

Le 27 juillet, le feu s'y déclara dans la maison de M. Motet, docteur-médecin, et dévora en un instant un grenier couvert de tavaillons. Le vent soufflait ce jour-là avec une violence extrême; il entraîna des flammèches sur des toitures faites de la même manière et la ville tout entière brûla. C'est en vain que le fort Saint-André tire le canon d'alarme; c'est en vain que des courriers, envoyés dans tous les sens, reviennent avec des secours : tous les efforts se brisent contre le manque d'eau et la violence constante du vent; car, pour comble de malheur, la *Furieuse*, petite rivière qui arrose Salins, est en ce moment à sec. Aussi, d'un bout à l'autre de la ville, tout est-il en feu. « Depuis le faubourg Saint-Maurice, situé au midi, jusqu'à la Porte Haute, au nord, tout fut

entièrement brûlé. Les murs, qui étaient peu épais et en plâtre, s'étaient écroulés; le vallon où était située cette partie de la ville n'offrait que des monceaux de décombres fumants, d'où s'élevaient de distance en distance quelques pans de murs restés debout, mais prêts à s'écrouler à leur tour[1]. »

Au moment où commença le désastre, on s'était vu dans l'obligation d'élargir les prisonniers pour qu'ils ne mourussent pas dans les flammes.

Après l'incendie, les habitants de Salins n'eurent plus de vivres et durent se priver de nourriture jusqu'à ce qu'on leur en envoyât de Besançon. « Il y a six cent soixante familles, écrivait un témoin oculaire, ruinées au point de ne pas avoir une chemise. Nous avons été cernés par le feu sans qu'on pût nous amener une pompe... Trois quarts d'heure ont suffi pour embraser quatre cents maisons[2]. »

Une jeune fille qui s'était dévouée pour sauver sa mère fut emprisonnée dans une cave par suite de l'écroulement des murs, qui tombèrent de manière à fermer toutes les issues : on la retrouva cinq jours après ; elle avait vécu de pain suspendu par hasard à la voûte de la cave. A côté de cet exemple de dévouement, il est bon de mentionner un trait de probité bien remarquable : un notaire, ne pouvant sauver à la fois et son argent et une somme de 15 000 francs qui lui avait été confiée,

1. E. de Saint-Hilaire, *Incendie de Salins*, p. 14.

2. Voici quelques détails statistiques. Le nombre des maisons brûlées fut de 327 (valeur immobilière, 2 880 506 fr. ; valeur mobilière, 4192 425 fr.). Le montant des assurances à déduire s'élevant à 356 546 fr., la perte réelle fut de 6 716 385 fr.

sacrifia généreusement son propre bien et sauva les 15 000 francs.

Une si belle conduite ne fut malheureusement pas générale, car il se trouva à Salins des hommes assez lâches pour voler pendant l'incendie.

XIX

L'INCENDIE DES CHAMBRES DU PARLEMENT ANGLAIS

(1834)

Le 16 octobre 1834, entre six et sept heures du soir, une clarté extraordinaire illumina le ciel au-dessus de Westminster. Les cris « au feu » retentirent dans les quartiers sud-ouest de Londres ; une fumée rouge, épaisse, suffocante, sortit tout à coup des fenêtres de la façade de la Chambre des lords. Les employés de l'Échiquier avaient été chargés de brûler de vieux documents, devenus inutiles, dans un bâtiment contigu à la Chambre : quelques instants après, par suite de leur imprudence, toute la salle était en flammes.

Avant l'arrivée des premiers secours, la magnifique pièce où les lords tenaient leurs séances avait cessé d'exister : l'ameublement, les tapisseries, le trône de velours cramoisi, le *sac de laine*[1], les bancs des archevêques, des ducs, des marquis, etc., ne formaient plus

1. On donne le nom de *sac de laine* au siège rembourré de laine, sans bras ni dossier, où s'assied le président de la Chambre des lords.

qu'un amas de ruines, et la toiture de la Bibliothèque[1] s'écroulait avec un grand bruit.

En même temps, une traînée de flammes s'étendit du côté de la Chambre des communes, et bien que l'édifice fût en cet endroit baigné par la Tamise, il brûla aussi avec toutes ses dépendances. L'incendie dévora ensuite la résidence du président, et ce ne fut qu'au moment où Westminster-Hall allait être anéanti à son tour que l'on put enfin se rendre maître du feu.

La Chambre des communes était primitivement une chapelle que le roi Étienne avait fait construire en honneur de son patron. Cette chapelle, rebâtie par Édouard III, fut transformée sous Édouard VI en Chambre des communes. Lorsque les flammes eurent dévoré les lambris, on fut tout étonné de voir les murs recouverts de moulures, de ciselures et de sculptures du plus haut prix.

Le lendemain, on lisait dans le journal le *Sun* : « La destruction totale des deux chambres du Parlement, qui a eu lieu hier soir, va commencer une ère nouvelle dans l'histoire d'Angleterre. L'histoire s'arrêtera dans sa narration pour donner des regrets à ces gloires, dont les ruines qui fument aujourd'hui furent si longtemps les moins. Elle rappellera les triomphes qu'obtint la liberté dans cette enceinte. »

C'est là en effet qu'avait été rédigée pour la protection du peuple la Grande Charte de la liberté anglaise; c'est là qu'Hampden avait bravé la royauté; c'est là enfin que le bill des droits avait été donné par Guillaume III.

1. Par un heureux hasard, les volumes avaient été transportés dans une autre salle, la Bibliothèque ayant eu besoin de réparations.

XX

L'INCENDIE DE LA CATHÉDRALE DE CHARTRES

(1836)

Plusieurs incendies ont failli ruiner la cathédrale de Chartres. Brûlée au dixième siècle, pendant la guerre survenue entre Richard, duc de Normandie, et Thibault le Tricheur, comte de Chartres, incendiée par la foudre en 1020 et en 1506, elle devint encore la proie des flammes en 1674 et en 1836. Le dernier incendie, dont on va lire le récit fut assurément le plus terrible.

Dès six heures du soir, le 4 juin 1836, les cris : « Au feu! Au feu! » se firent entendre à Chartres, et l'on vit s'échapper de la couverture de la cathédrale les premiers jets de fumée. En moins de dix minutes, le comble tout entier fut envahi par les flammes et la surface entière de l'édifice présenta l'aspect d'une « *éruption volcanique* ».

Voici comment M. Lejeune raconte l'origine de ce désastre. « Dans la matinée de ce jour néfaste, des plom-

1. V. Lejeune, *Historique de la cathédrale de Chartres*, premier appendice (Chartres, 1839, in-12). — Bulteau, *Description de la cathédrale de Chartres*, et les *Annuaires d'Eure-et-Loir* de 1844 et de 1845.

biers occupés à réparer les avaries causées par la violence du vent à la toiture de la cathédrale avaient fait quelques soudures à la noue nord-ouest du transept ou bras de la croisée joignant l'abside au grand comble de la nef. Cette opération avait nécessité la présence d'un réchaud rempli de charbon allumé et déposé sur les dalles de pierre de la galerie supérieure (large d'un mètre), au pied de cette noue... Les nappes de plomb qui recouvraient extérieurement la charpente en dépassaient de quelques pouces la base, à deux pieds au-dessus de la galerie. Le vide qu'offrait, dans le pourtour de la couverture, cette lèvre béante formée par le prolongement des plombs, livrait en contre-bas un passage continuel au vent qui, pénétrant dans l'intérieur par cette issue, était par son activité, toujours grande à une telle élévation, susceptible d'entraîner à son passage des étincelles.... A deux heures, ces ouvriers, qui n'avaient remarqué ni même soupçonné rien d'extraordinaire dans le voisinage de leur réchaud, étaient descendus avec sécurité pour prendre leur repas. De retour sur la galerie, vers trois heures et demie, ils y font les préparatifs pour continuer leur travail, rallument leur charbon, chauffent leurs soudoirs. Vers quatre heures et demie, l'un des plombiers, suspendu à une corde nouée à 35 ou 40 pieds d'élévation, jette à son manœuvre le cordeau destiné à monter le fer chaud; il s'aperçoit que ce cordeau manquait de longueur pour atteindre jusqu'à la galerie, et il donne au manœuvre l'ordre d'aller dans l'intérieur de la charpente détacher un autre cordeau attaché à l'une des aiguilles qui soutenaient le faîtage. Ce fut en revenant du point où il s'était porté que le ma-

nœuvre, traversant cette multitude de pièces de la charpente et passant sous la noue, se trouva tout à coup arrêté par un point lumineux fixé dans une cavité du dallage des murs du grand comble : il s'approche, il examine attentivement, et reconnaît que le feu attaque sur ce point la base de la pièce inclinée. »

En effet, le vent, très violent ce jour-là, avait entraîné une flammèche sous les rebords béants de la couverture. Le plombier, averti par son manœuvre, accourt et descend dans le comble, va chercher ensuite le sonneur André et revient avec un maçon qui travaillait au rez-de-chaussée, mais, malgré ses efforts, la flamme s'élève bientôt à une hauteur de vingt pieds. Un de nos plus beaux monuments d'architecture gothique, un des plus anciens de la chrétienté, menaçait d'être anéanti.

M. Gabriel Delessert, préfet d'Eure-et-Loir, parut le premier sur la galerie, entouré de quelques braves citoyens. Le plombier Favret se porta vers le point le plus ardent de la partie embrasée : il reconnut que toute tentative d'extinction était inutile, et le préfet se contenta de faire pratiquer à coups de hache dans le flanc de la toiture des ouvertures destinées à rendre accessible l'intérieur de la charpente. Mais à ce moment le feu attaquait le faîtage dans toute sa longueur; le plomb ruisselait déjà sur la galerie. Les assistants crient à M. Delessert de descendre : « Messieurs, répond-il, j'étais ici le premier, c'était mon devoir; je n'en dois sortir que le dernier, c'est encore mon devoir; passez tous devant moi, je fermerai la marche. » Et il s'obstine à rester jusqu'au bout face à face avec le danger. En bas, la foule terrifiée admire le vaillant homme qui brave ainsi les

ruisseaux de plomb fondu et risque sa vie dans l'intérêt de ses administrés.

Pendant ce temps, le clocher neuf et la charpente entière s'enflamment. De toutes les localités environnantes des secours arrivent et l'on essaye de sauver ce qu'il y a de plus précieux dans la cathédrale : les reliques, les ornements, les tableaux, la Vierge[1]. A ce moment, une véritable pluie de feu tombe sur la ville. Par bonheur, une seule maison se trouve atteinte et l'on se hâte d'isoler les habitations voisines de la cathédrale. Enfin, à trois heures du matin, la charpente du vieux clocher s'affaisse et marque la fin de ce terrible incendie.

Le gouvernement donna à dix citoyens de Chartres des médailles commémoratives en argent dont la face portait l'effigie de Louis-Philippe; sur le revers, on avait gravé la Force et l'Humanité soutenant une couronne, au-dessous de laquelle il était fait mention de la catastrophe. Une autre médaille, votée par le conseil municipal à M. Delessert, fut faite avec le métal des cloches fondues par l'incendie.

Pour qu'on ait une idée précise de l'importance des pertes, nous citerons quelques lignes de la lettre que M. Chasles, maire de Chartres, adressait deux jours après au *Journal des Débats :*

« Vos lecteurs apprendront sans doute avec une grande satisfaction que ce désastre était bien moins considérable qu'on ne l'avait d'abord annoncé. La magnifique cathédrale de Chartres, l'un des plus beaux monuments go-

1. La statue de la *Vierge noire*, œuvre du seizième siècle, est faite en bois de poirier.

thiques de l'Europe, ne sera point détruite : nos deux

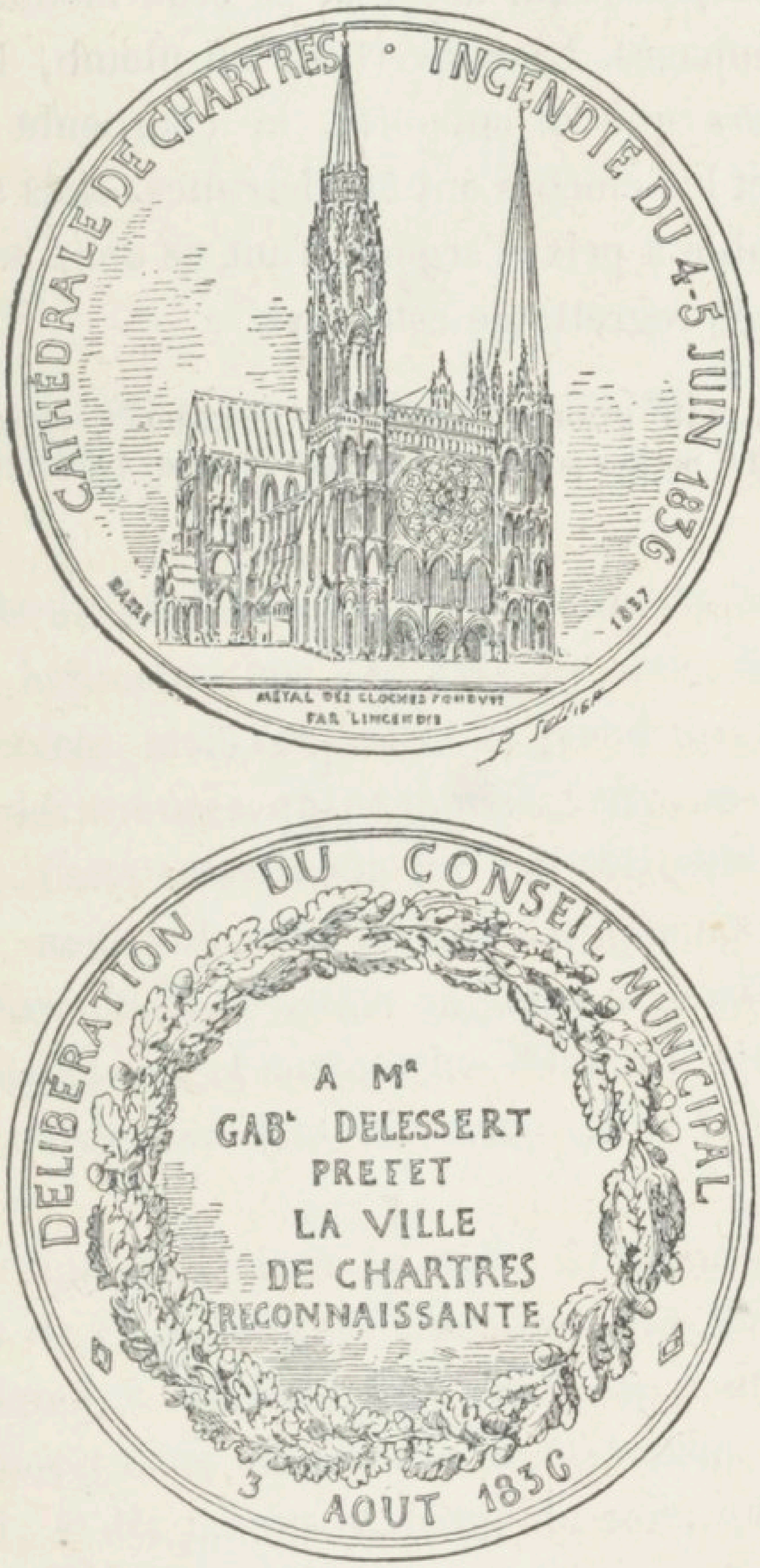


Fig. 7. — Médaille commémorative de l'incendie de la cathédrale de Chartres.

belles tours sont sauvées ; ni les vitraux peints[1], ni les

1. La cathédrale de Chartres est remarquable par la valeur de ses vitraux du treizième siècle. Elle possède, en verres du temps de

admirables arabesques du tour du chœur, ni les innombrables sculptures qui décorent ce beau monument n'ont été endommagés. La couverture en plomb, la *forêt de châtaigniers* qui la supporte, la charpente des deux clochers et les cloches ont été détruites. Mais ce désastre est réparable à prix d'argent. Tout ce dont la perte eût été à jamais regrettable est sauvé. »

saint Louis, 115 grandes lancettes, 3 grandes roses, 23 roses moyennes et 6 petites roses, renfermant plus de 4000 figures peintes.

XXI

L'INCENDIE DE LA TOUR DE LONDRES

(1841)

L'incendie de 1841 ne dévora pas complètement l'ensemble des bâtiments que l'on désigne sous le nom de Tour de Londres, mais seulement le grand magasin et la petite salle des armures, qui contenaient environ deux cent mille fusils. Cette catastrophe fut une véritable calamité nationale : non seulement un des monuments les plus chers au souvenir de la nation anglaise devenait la proie du feu, mais encore et surtout les flammes détruisaient les glorieux trophées dont les murs de la Tour étaient ornés.

Le feu commença dans la *salle d'inspection*, située au-dessous de cette fameuse *chambre à la table*, où le duc de Clarence, suivant une tradition contestée, se serait faft noyer dans un tonneau de malvoisie. Le 30 octobre 1841, à dix heures et demie du soir, un individu passant sur le *Tower Hill* aperçut une lueur extraordinaire sous la coupole de la Tour Ronde. Il avertit un factionnaire de service sur la terrasse près du bureau des bijoux, et celui-ci tira un coup de fusil pour donner l'alarme. A ce signal, toute la garnison fut sur pied ;

cinq cents hommes se préparèrent à porter les premiers secours, et l'on mit en réquisition toutes les pompes des places environnantes. Malheureusement, les efforts devenaient inutiles par suite de la quantité de combustibles qui alimentaient les flammes, et aussi parce que la rivière était presque à sec[1].

Un de nos compatriotes, de passage à Londres, décrit ainsi l'aspect de l'édifice au commencement de l'incendie : « La Tour Blanche et sa masse quadrangulaire, la partie la plus ancienne de l'édifice, fondé par Guillaume le Conquérant, se dressait, sombre et sauvage, entre le fleuve et l'horizon embrasé. Ses fenêtres, ses barreaux, se teignaient de reflets fauves et sanglants, tandis qu'au-dessus d'elle de gigantesques flammes s'élançaient tortueuses, furieuses, rapides comme des dards. Sur les eaux tour à tour pourpres, jaunes et noires, glissaient des barques chargées de spectateurs pâles et silencieux ; les murmures éloignés, les clameurs se renforçaient, s'affaiblissaient, s'éteignaient dans la nuit, suivant les alternatives d'effroi, de crainte ou d'espérance. Par instants, l'incendie jetait au ciel une seule flamme, le peuple un seul cri : cette flamme couvrait toute la ville, ce cri remplissait tout l'espace[2]. »

Le major Erlington, chargé de la surveillance du monument en l'absence du colonel Gardvood, déploya une remarquable activité dans l'organisation des secours, mais le jet des pompes ne put atteindre à la hauteur de la Tour Ronde, qui à onze heures n'offrit plus qu'une masse embrasée.

1. C. Berthaut, *la Tour de Londres*, p. 2 à 6.
2. *Magasin Pittoresque*, t. X, p. 113 et sqq.

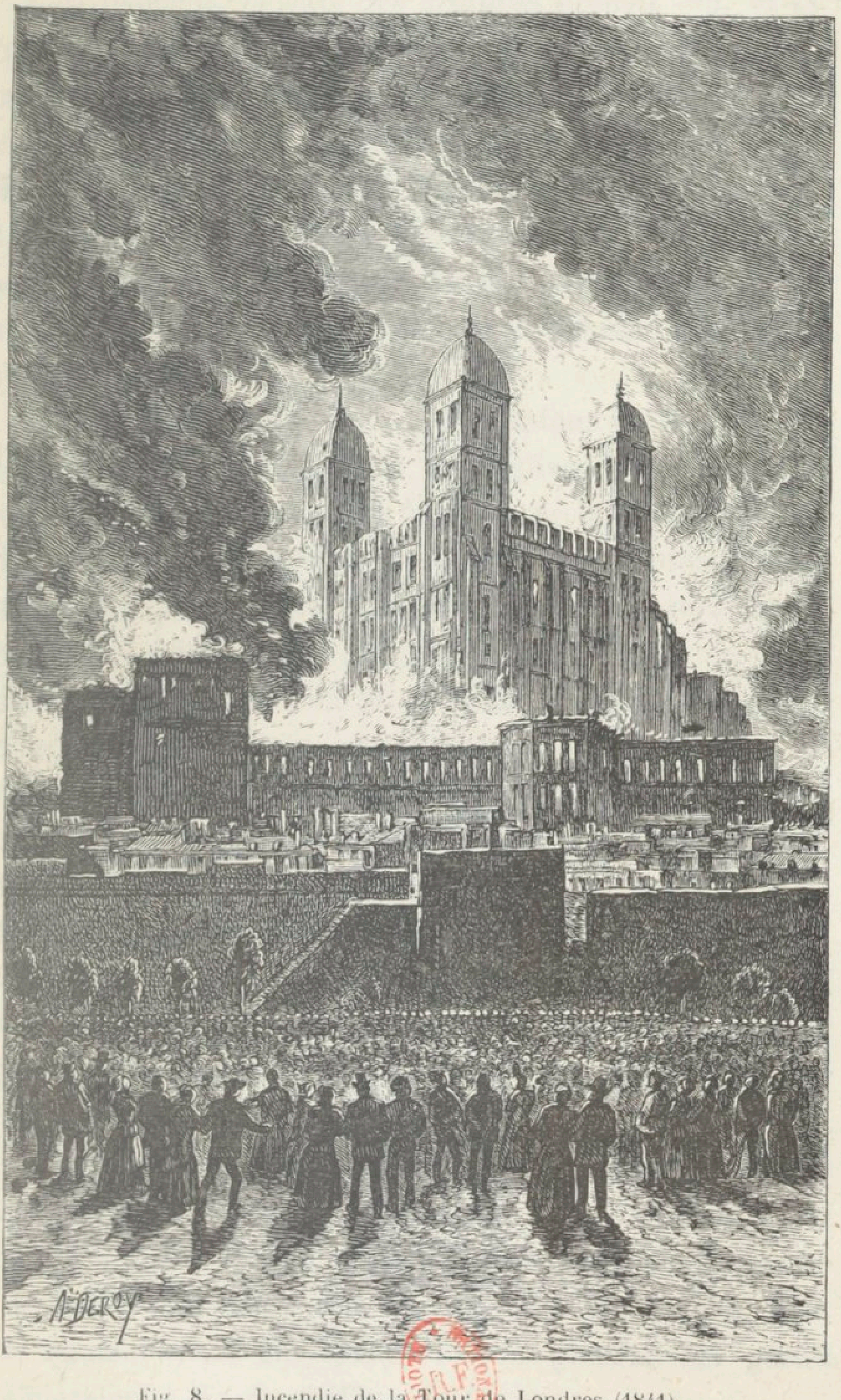


Fig. 8. — Incendie de la Tour de Londres (1841).

A ce moment, la salle des armures prenait feu, et la Tour de l'Horloge était menacée. La foule curieuse arrivait des quatre coins de Londres, envahissant les avenues, assiégeant les entrées, empêchant la circulation. Selon le *Morning Herald*, la chaleur était telle que les assistants furent obligés de mettre leurs mains devant leur figure pour se garantir de l'ardeur du feu. Plusieurs pompes, placées à une certaine distance, furent détériorées et presque brûlées.

« On concentra tous les efforts et tous les secours du côté de la Tour Blanche et de l'église Saint-Pierre. Le major Erlington, voyant les flammes prendre la direction de la Tour des diamants de la couronne, ordonna d'en briser les portes. Les clefs étaient chez le lord chambellan. Il fallut vingt minutes pour pénétrer de force dans la tour, d'où l'on vit bientôt les gardiens sortir chargés de sceptres, de diadèmes, d'ornements de toute espèce; parmi ces insignes étaient la couronne de saint Édouard, faite pour le couronnement de Charles II, la couronne d'État, que le roi (ou la reine) porte au parlement; le diadème d'or de la reine; les diverses autres couronnes portées dans les cérémonies; l'ampoule, l'aigle d'or, le glaive de la miséricorde. Le major Erlington fit immédiatement déposer ces objets précieux dans des caveaux à l'épreuve du feu. »

Enfin, la Tour de l'Horloge s'écroula avec un fracas épouvantable, et ce fut seulement vers cinq heures du matin que tout danger cessa. On avait jeté dans la Tamise les barils de poudre déposés sous la Tour Blanche, dont la chaleur avait fait fondre le toit plombé. Les pertes s'élevaient à trente millions de francs.

Parmi les trophées et les objets curieux qui furent détruits, il convient de citer : la hache avec laquelle Anne de Boleyn fut décapitée, — le bâton creux que portait Henri VIII dans ses tournées nocturnes, et qui contenait trois pistolets, — l'épée et le ceinturon du duc d'York, — le canon pris à Malte par les Français en 1798 et repris ensuite par le capitaine Foot, — les armes saisies sur William Perkins, — le canon de bois dont le duc de Suffolk se serait servi au siège de Boulogne pour intimider les habitants, — les trophées de la victoire remportée par les vaisseaux d'Elisabeth sur l'*Invincible Armada*.

Rappelons, en terminant le récit de cet incendie, que ce furent les cachots de la Tour de Londres qui servirent de prison au roi Jean, après la bataille de Poitiers.

XXII

L'INCENDIE DE HAMBOURG

(1842)

Peu d'incendies furent aussi terribles que celui qui éclata à Hambourg, dans le Deich-Strasse (rue de la Digue), le 5 mai 1842. Poussé par le vent d'ouest, favorisé par une longue sécheresse qui avait mis les canaux presque à sec, alimenté par la grande quantité de marchandises inflammables accumulées dans ce quartier, le feu s'étendit de maison en maison vers le Steinwicte et le Rœdings-Marckt. Dans l'après-midi, il acquit une telle intensité qu'il fallut demander des secours aux villes voisines (Altona, Brême, Lubeck). Un brandon tomba sur le clocher de l'église Saint-Nicolas, qui brûla et s'affaissa sur l'église elle-même, dont on eut bientôt à déplorer la perte. On raconte que la chaleur fit fondre entièrement la toiture de plomb de la tour Saint-Nicolas : une pluie bouillante tomba sur les pompiers occupés au pied de l'édifice, et la charpente, entraînant les murs dans sa chute, écrasa cinquante personnes. Toute la rue qui longe le marché aux Houblons devint en quelques instants la proie du feu, et l'on commença à faire sauter les maisons

au moyen de mines pratiquées dans les souterrains. Des milliers d'individus couraient par les rues portant leur lit sur leurs épaules, les mères transportaient leurs enfants dans des berceaux, chacun travaillait à sauver quelques débris de sa fortune engloutie.

« Tout devait servir d'aliment à ce terrible élément, même l'eau des canaux, où surnageaient de l'huile, des spiritueux, etc. A la triste perspective de voir l'incendie s'étendre pendant la nuit se joignaient l'épuisement et le découragement de beaucoup de gens occupés aux pompes, qui n'avaient pris encore aucun repos et venaient de perdre bon nombre de leurs camarades écrasés par des poutres. Les gardes bourgeoises, employées au barrage des rues et au maintien de l'ordre, pouvaient à peine résister... Cependant, le vent s'étant calmé et ayant passé au sud, on conçut quelque espoir[1]. »

Malheureusement, l'incendie reprit de plus belle, le lendemain matin (6 mai), dans la direction de la vieille ville. Déjà, de ce côté, les environs de la nouvelle Bourse, et notamment la vieille Wallstrasse, étaient environnés de flammes. En même temps, la vieille Bourse, l'Hôtel de ville, le Bohnenstrass, le Johannis-strass, brûlaient. Le 6 mai au soir, la partie la plus industrieuse de Hambourg n'existait plus, et la mine ne suffisant pas, on démolissait les maisons à coups de boulets. Le nouveau Jungfernstieg lui-même, si éloigné du lieu où avait commencé l'incendie, ne fut pas épargné.

Ce fut seulement le 8 au soir qu'une pluie battante mit fin à cet affreux désastre, qui avait coûté la vie à tant

1. Trad. du *Mercure d'Altona*, numéro du 6 mai 1842.

de citoyens[1]. L'Europe entière vint au secours de la ville ruinée, et à voir le courage, l'activité incroyable des incendiés, on aurait cru qu'ils se rappelaient les vers prophétiques prononcés par Max de Schenkendorf, lors de la guerre de l'Indépendance :

« O Hambourg, que les flammes te dévorent ! Riche et beau comme le phénix, tu vas ressusciter de tes cendres pour ta plus grande gloire ! »

1. Voici quelques détails statistiques sur les pertes causées par cet incendie. Le feu détruisit : 2 000 000 de livres de café, 5 000 000 de livres de sucre, 1550 balles de coton, 800 sacs de riz, 600 000 livres d'huile, 1000 barils de blé, 2000 tonneaux de froment, 8000 fûts, 800 barils de spiritueux, 3 000 000 de livres de tabac, 30 000 pièces de drap.

XXIII

L'INCENDIE DE L'HOTEL DU PARLEMENT, A MONTRÉAL

(1849)

« En 1841, le Haut et le Bas-Canada, séparés politiquement depuis 1791, ayant été réunis sous un seul gouvernement et une même législature, Montréal devint la véritable capitale de toute la colonie. » Pour amoindrir l'influence de la population française, on réduisit alors de 88 à 42 le nombre des députés du Bas-Canada, et l'on obligea les habitants de cette province à supporter la moitié de la dette de l'autre. « Le loyalisme canadien s'était brisé une première fois contre l'injustice britannique en 1837. L'administration de lord Durham et de sir Charles Metcalf n'apaisa point les ressentiments de la population française. Dans l'espoir de la calmer, le parlement de Montréal vota, en 1849, une indemnité pour les victimes de la rébellion précédente[1]. »

Le Haut-Canada, où dominait presque exclusivement l'élément anglais, voyant qu'on allait indemniser de

1. Brasseur de Bourbourg, *Histoire du Canada*, 2 vol. in-8, Paris, 1852.

leurs pertes les victimes de l'insurrection, accusa le gouvernement de soutenir ouvertement le Bas-Canada, habité principalement par des Français. A Londres, lord Russel fut interpellé au sujet de ce bill, et à Montréal les partisans de la ligue britannique, réunis pour blâmer la décision du parlement, déclarèrent qu'ils emploieraient tous les moyens constitutionnels en leur pouvoir pour obtenir le redressement de leurs griefs.

Malgré ces symptômes inquiétants, lord Elgin, alors gouverneur général du Canada, ratifia le bill d'indemnité voté par le parlement canadien (25 avril). Cette mesure prise, une révolte ouverte éclata : la fureur de la populace fut portée à son comble, des attroupements se formèrent dans les rues, le désordre devint général, et dans les provinces régna bientôt une grande agitation.

Lord Elgin fut gravement insulté. Une petite troupe d'individus, composée de personnes respectables, poursuivit sa voiture à coups de projectiles, et on lança sur le gouverneur des pierres et des œufs pourris. Puis, les chefs des mécontents convoquèrent le peuple à un meeting au Champ de Mars, le soir à la lueur des torches. Des discours violents furent prononcés, et les rebelles, désireux d'exécuter, sous l'excitation du moment, un plan prémédité, se précipitèrent en foule vers l'Hôtel du Parlement, dont ils brisèrent les fenêtres à coups de pierres. Les représentants étaient en séance : trouvant les issues interceptées, ils se retirent effrayés dans les pièces voisines, espérant que la force armée va venir les délivrer. Une centaine d'individus armés entrent dans la salle ; ils brisent les fauteuils et les pupitres, pendant que le chef de la bande, assis sur le siège présidentiel,

se couvre et prononce ces paroles : « Messieurs, le parlement français est dissous. Qu'il aille au diable! » Un autre prend la masse, la met sur son épaule et sort. Le reste chasse les représentants, sans leur faire le moindre mal cependant[1], et met le feu à l'édifice : tout l'hôtel brûle, et avec lui les archives de la province, les deux bibliothèques, et les 1600 volumes sur l'Amérique amassés à grand'peine par M. Faribault.

Après l'incendie, la foule se dispersa. Aucune résistance ne fut opposée à la force armée[2], accourue pour rétablir l'ordre et aider à éteindre le feu. Néanmoins, pendant les jours suivants, une vive agitation régna dans les rues, et les émeutiers, encouragés par la *Gazette de Montréal* et le *Courrier du matin*, saccagèrent ou incendièrent quelques maisons particulières[3].

Le 8 mai les scènes de désordre cessèrent complètement; elles reprirent trois jours plus tard, et la maison où dînaient lord Elgin et ses ministres fut assiégée à coups de pierres. Sir Allan Mac-Nab, chef de l'opposition tory au parlement canadien, se chargea de porter lui-même à la reine une adresse sollicitant le rappel de lord Elgin.

On répondit à la demande des mécontents en transportant à Toronto le siège du gouvernement.

1. Voir *Letters and journal of James, eigth earl of Elgin* (London, 1872, in-8), p. 82 et sqq.

2. Selon plusieurs historiens, la police et les pompiers refusèrent de faire leur devoir.

3. Voir *Le Canada sous l'Union*, par L. P. Turcotte (Québec, 1871-72, in-12).

XXIV

INCENDIE DE GLARIS

(1861)

Glaris, ville de quatre mille habitants, est située sur la Linth, à cent trente kilomètres de Berne. Elle est entourée de montagnes et le soleil ne s'y montre guère que quatre heures par jour.

En revanche, lorsque le *Foehn*[1] souffle avec sa violence habituelle, le chef-lieu du canton de Glaris est un séjour peu enviable. Une ordonnance de police ordonne aux habitants de ne pas faire de feu chez eux, chaque fois que règne le vent du sud.

En 1861, comme aujourd'hui, la principale industrie de Glaris était la fabrication des mouchoirs imprimés, pour le Levant, l'Italie et l'Allemagne. Depuis longtemps, rien n'avait troublé la tranquillité de la ville, lorsque

1. Vent du sud-ouest très violent, chaud, généralement sec, qui souffle dans les Alpes et semble être le même que le Simoun d'Afrique. C'est grâce à lui que fondent ou s'évaporent les neiges de la montagne, et les pâtres ont l'habitude de dire : « Le bon Dieu et le soleil doré ne peuvent rien contre la neige, si le Foehn ne leur vient en aide. »

le 10 mai, vers onze heures du soir, un incendie se déclara à l'*Hôtel de l'aigle*, au centre de Glaris.

Le terrible *Foehn* aidant, des brandons furent poussés dans toutes les directions et réduisirent en cendres les deux tiers des maisons, n'épargnant ni la poste, ni les écoles, ni l'Hôtel de ville, ni la belle église du moyen âge dont les voûtes avaient retenti pendant dix ans de la voix du réformateur Zwingle. Le bureau télégraphique fut également consumé et le fil ne put être rétabli qu'à neuf heures du matin.

Berne apprit la première l'étendue du désastre : cinq cents bâtiments avaient été détruits; trois mille personnes se trouvaient sans abri; les pertes s'élevaient à plus de dix millions.

XXV

L'INCENDIE DE L'ÉGLISE DE LA COMPANIA, A SANTIAGO

(1864)

Lorsque fut proclamé le dogme de l'*Immaculée Conception*, en 1857, l'église de la Compania, à Santiago, propriété des Jésuites, fut consacrée au culte spécial de la Vierge, dont les adhérents étaient très nombreux au Chili.

Chaque année, du 8 novembre au 8 décembre, on célébrait tous les soirs un service en honneur de Marie, et ce service se terminait, le jour de la Conception, par une fête magnifique.

Le 8 décembre 1864, cette réjouissance catholique promettait d'être extrêmement brillante : des banderoles, des guirlandes, des trophées avaient été répandus à profusion, et l'on avait déployé un luxe inouï de luminaires.

Dès sept heures, trois mille personnes au moins se trouvaient réunies dans l'église, trop étroite pour les contenir, et s'extasiaient sur la magnificence des décorations. Tout à coup, le sacristain occupé à allumer les dernières lampes du maître autel, ayant eu l'imprudence

d'approcher une mèche allumée d'une lampe tombée par hasard, le gaz liquide s'échappa et s'enflamma. En quelques minutes, l'église, ornée de tissus du haut en bas, s'embrasa jusqu'à la toiture, faite de madriers peints à l'huile. Le chœur placé au-dessus de la porte d'entrée et toute la charpente qui soutenait l'orgue, furent subitement embrasés.

On devine aisément les scènes d'horreur qui suivirent. Les assistants, entourés de flammes, recevant sur la tête le plomb fondu des lampions, cherchent à gagner les issues, mais au lieu de sortir, ils s'écrasent, ils s'étouffent. Pendant ce temps, la propagation du feu est si rapide que la toiture s'affaisse et tombe sur cette foule affolée; la coupole et le clocher ont bientôt le même sort, et les personnes présentes, d'abord asphyxiées, brûlent sans qu'on puisse leur porter secours.

Comment, en effet, secourir tant de malheureux? Comment pénétrer dans l'église, à travers ce mur de chair carbonisée? On essaya, mais en vain, de retirer quelques victimes avec le lasso, et d'autre part les pompes, devenues inutiles, par suite de la rapidité de l'embrasement, furent employées exclusivement à préserver les bâtiments voisins, surtout la Bibliothèque et le Musée.

Deux mille cinq cents personnes restèrent sous les décombres, et presque toutes les familles de Santiago eurent à déplorer la perte d'un de leurs membres. Cette catastrophe est peut-être la plus terrible que l'on ait enregistrée depuis longtemps, car le récent incendie du théâtre de Vienne, si affreux cependant, coûta la vie à moins de sept cents personnes.

XXVI

INCENDIE DANS LE PORT DE BORDEAUX

(1869)

Pendant toute la journée du 28 septembre 1869, l'allège *la Sainte-Trinité* avait chargé des caisses en zinc remplies de pétrole. Vers six heures du soir, un préposé des douanes demanda une lumière au patron de l'allège pour signer une quittance comptable, et cette lumière, approchée trop près des caisses de pétrole, détermina une explosion instantanée. Le douanier et le marin se jetèrent à l'eau, et gagnèrent la rive, tandis que *la Sainte-Trinité*, rompant ses amarres, était entraînée vers la rade par la marée montante.

Un steamer envoyé à la rencontre de l'allège la fit échouer sur le banc de sable des Queyries, mais en voulant la noyer par le jeu de ses aubes, il engagea son hélice et faillit prendre feu. A l'approche de la pleine mer, la barque fut soulevée par le flot, sa coque éclata, et le pétrole, entraîné par le courant vint s'attacher aux flancs des navirés mouillés dans le port : seize[1] brûlèrent immé-

1. Voici leurs noms : *Moïse*, *Tourny*, *Lieutenant-Bellot*, *Mary*, *Charlotte*, *Orizaba*, *Pionnier*, *Charlemagne*, *Harmonie*, *Panama*, *Ulysse*, *Chimiste*, *Unico*, *Ariel*, *Progrès*, *Chomin*.

diatement, tant la propagation du feu fut rapide sous l'influence de la brise d'est.

Il était environ minuit. Poussée par la curiosité, une foule compacte se pressait sur les quais, contemplant ce spectacle à la fois horrible et majestueux. Le fleuve, pareil à un ruban enflammé, éclairait de ses lueurs sinistres les maisons qui bordent ses rives. Chacun attendait impatiemment l'issue de cette terrible catastrophe, dont on ne pouvait prévoir encore l'importance.

A la fin, les chaloupes et les remorqueurs employés à isoler les navires incendiés furent plus forts que les flammes, et des pompes, installées sur des bateaux à vapeur, parvinrent à éteindre les débris qui flottaient à la surface de l'eau. A onze heures du matin, tout danger avait disparu, mais les pertes s'élevaient déjà à plus de trois millions de francs.

Au lieu de nous étendre davantage sur cet incendie, nous préférons dire quelques mots du système proposé par M. Desmartis, à l'occasion de la catastrophe de Bordeaux, pour préserver les navires chargés de pétrole.

M. Desmartis croit que le moyen de conjurer de pareils accidents consiste à munir les chargements d'huile minérale d'une enveloppe circulaire de tôle que l'auteur nomme *parafeux*, et à garnir les navires voisins, dans leur partie antérieure seulement, de parafeux angulaires. Dès lors, l'étrave d'un navire se tournant toujours en face du courant, les îlots de feu iraient frapper les parafeux, sur lesquels ils glisseraient suivant les branches de l'angle sans jamais toucher le navire. En interdisant l'entrée des ports aux navires chargés de pétrole qui ne seraient pas munis de parafeux, on éviterait le retour de

calamités semblables à celle du 28 septembre 1869. Si l'on craignait que la marche des bâtiments ne fût gênée par ces appareils, il serait facile de les faire remorquer par de petits vapeurs[1].

1. Voir Louis Figuier, *l'Année scientifique* (1870-71), p. 428.

XXVII

L'INCENDIE DE CONSTANTINOPLE

(1870)

Le dimanche 5 juin 1870, vers deux heures de l'après-midi, le feu prit dans une maison de la rue Validé-Tchesmé, quartier de Taqsim, à Constantinople-Péra[1].

Activées par de fortes rafales, les flammes se propagèrent très rapidement dans tout le quartier. Sous l'action du vent, des flammèches, s'envolant de tout côté, vinrent s'attacher au flanc des maisons et les dévorèrent. L'archevêché catholique, l'église de Saint-Jean-Chrysostome, l'hôpital autrichien, une église et un couvent arméniens, l'Alcazar, le Théâtre italien, le grand hôtel du Luxembourg, l'établissement des Bains français, l'hôtel de l'ambassade d'Angleterre et quatre mille habitations furent bientôt la proie des flammes.

Il n'y a pas à Constantinople de corps de sapeurs-pompiers régulièrement organisé. Ceux qui ont la mission de

1. Péra est un des seize quartiers de Constantinople. Il est situé au nord de la *Corne d'Or*, où résident les Francs, et renferme les palais des ambassadeurs chrétiens. Au pied de Péra, sur le Bosphore sont les établissements militaires de *Tophana*.

combattre les incendies forment une corporation indépendante, qui ne se rattache ni à l'administration militaire ni à l'administration civile. Cette corporation a ses règlements, ses fêtes, ses coutumes, ses cérémonies, et elle se compose de Grecs, d'Arméniens et d'Albanais. Chaque fois que le feu prend quelque part, le peuple en est averti par les *bedji* (veilleurs) de la tour de Galata ou de la tour du Séraskiérat. Aussitôt, les pompiers accourent par bandes de vingt à trente, avec de petites pompes portatives; arrivés sur le lieu du sinistre, ils demandent au propriétaire de l'immeuble menacé quelle récompense il leur donnera, et après avoir débattu le prix de leurs services, ils se mettent à l'œuvre avec une remarquable intrépidité. Mais en général les maisons sont complètement brûlées avant que rien ait été fait pour les préserver de la ruine.

C'est ce qui eut lieu en 1870. Comme la corporation n'est pas très nombreuse, quelques édifices seulement furent disputés à l'activité dévorante des flammes. Il est cependant vrai de dire que les habitants, stimulés par la présence et les encouragements du sultan, du grand vizir et de plusieurs autres ministres, firent tous leurs efforts pour aider les pompiers dans leur tâche difficile autant que périlleuse.

Ce fut seulement vers cinq heures du matin, après l'incendie de l'hôtel de l'ambassade anglaise, que le feu, rencontrant les terrains vagues des *Petits-Champs*, s'arrêta devant cette barrière naturelle[1].

1. Il convient de faire remarquer qu'à Constantinople les cheminées sont indépendantes du reste des édifices : de sorte que lors-

Fig, 9. — Incendie de Constantinople (1870).

On trouva sous les cendres des cadavres calcinés ou écrasés. Dans une seule maison, douze pompiers furent ensevelis sous les décombres, et le nombre total des morts s'éleva à cinq cent cinquante. Des souscriptions furent organisées pour venir en aide aux familles des victimes.

qu'une maison s'écroule, la cheminée peut rester debout. Il en fut ainsi à Péra, en 1870, pour la plupart des constructions brûlées.

XXVIII

L'INCENDIE DE STRASBOURG

(1870)

Lorsque toutes les troupes allemandes furent arrivées devant Strasbourg, le général de Werder résolut de profiter du temps que demandaient les préparatifs de l'attaque régulière pour bombarder la place. Il espérait, par cette mesure, intimider les assiégés et obliger le général Uhrich à se rendre, lorsqu'il verrait la ville menacée d'une ruine complète et l'opinion publique se tourner contre lui.

Un premier obus tomba dans le faubourg de Saverne le 13 août. Le surlendemain, le préfet impérial fit arborer des drapeaux aux quatre tourelles de la cathédrale, et le cortège officiel vint entendre chanter un *Te Deum*, à l'occasion de la fête de l'empereur, fête funèbre, disait le général Uhrich. « On regarda défiler avec un serrement de cœur les détachements de troupes en tenue de guerre, les marins si vaillants à la défense, les jeunes mobiles si intrépides bientôt, les douaniers, troupe d'élite trop souvent sacrifiée, l'artillerie, l'infanterie, la cavalerie, débris à peine organisés de la défaite de

Frœschwiller. Pas une voix ne s'éleva pour acclamer l'empereur, mais toutes les têtes se découvrirent quand passa sur la foule notre drapeau national, l'oriflamme tricolore de la France, notre patrie à jamais bien-aimée![1] »

Or, ce soir-là, des projectiles lancés des hauteurs de Hausbergen s'abattirent dans le cœur même de la ville : vingt et un coups de canon allumèrent quelques incendies dont on put heureusement se rendre maître, puis un silence lugubre succéda au bruit de la canonnade. Un prêtre ayant tracé sur un plan la trajectoire des obus, remarqua qu'ils convergeaient tous vers la cathédrale, dont une corniche fut atteinte.

Le maire prit aussitôt des mesures en vue des incendies et du bombardement. Chaque propriétaire dut placer aux divers étages de sa maison des cuves d'eau, du linge ou des éponges mouillés, de la terre et du sable secs. Dans chaque habitation, on organisa par ordre de la municipalité, entre propriétaires et locataires, une garde permanente de nuit, et il fut décidé que toutes les fois qu'un incendie se déclarerait, l'éveil serait donné au poste de pompiers le plus voisin. Des corps de veilleurs volontaires firent des patrouilles pendant la nuit, et les habitants du faubourg de Pierres, les premiers organisés, prirent pour devise : « Aide-toi, le ciel t'aidera ».

Le 18 août, à 9 heures du soir, le bombardement recommença. Une dizaine de bâtiments brûlèrent à la fois dans le faubourg National. Un obus, tombant dans un pensionnat de la rue de l'Arc-en-ciel, coûta la vie à six jeunes filles, et l'artillerie, qui avait l'ordre de ne lancer

1. A. Schnéégans, *la Guerre en Alsace, Strasbourg*. Paris, 1871, in-12.

que des bombes incendiaires, continua ses ravages pendant toute la nuit : les ambulances sur lesquelles flottait la croix de Genève ne furent même pas épargnées. Dans la matinée, la citadelle, visée par les projectiles ennemis, riposta en bombardant et en incendiant Kehl (19 août).

Le général Uhrich répondit par un refus énergique à une première sommation de Werder, mais il demanda au général prussien de laisser sortir les femmes, les vieillards et les enfants, demande qui fut impitoyablement repoussée. Le jour suivant (nuit du 22 au 23), deuxième sommation, deuxième refus, et le bombardement reprit de plus belle. A neuf heures du soir (23 août), des obus tombent dans tous les quartiers, y allument des incendies, éclatent dans les hôpitaux et les ambulances. Les malheurs sont si nombreux que les journaux de Strasbourg n'ont « ni le temps ni la place pour relater toutes les victimes et toutes les ruines ». Le 24, la citadelle est écrasée, l'arsenal brûlé. Mais ce fut dans la nuit du 24 au 25 que le bombardement fut le plus affreux. On a calculé que 10 projectiles par minute tombaient sur la ville.

« Quelle nuit terrible ! disait le lendemain *le Courrier du Bas-Rhin*. Quelles ruines et quel deuil ! A huit heures l'ennemi a recommencé son feu contre la ville, feu épouvantable qui a détruit des fortunes, des trésors, des chefs-d'œuvre. Où tourner d'abord ses regards dans ces monceaux de décombres fumants et quelle perte faut-il citer la première ?

« La bibliothèque de Strasbourg, célèbre dans l'Europe! des manuscrits et des livres uniques dans le monde ; des

siècles de travail, de patience, d'étude ; des millions et des millions !... Plus rien, pas une feuille de papier, pas un parchemin, pas un document ! Le sol encombré de débris, et dans un coin une ou deux reliures carbonisées, voilà ce qui reste !

« L'église du Temple-Neuf, la plus vaste des églises protestantes de Strasbourg, avec son orgue splendide, ses peintures murales si renommées, quatre murs en subsistent !

« Le musée d'art installé à l'Aubette, détruit complètement avec le bâtiment qui le renfermait !

« La cathédrale, à son tour, n'échappe pour ainsi dire que par miracle à quelque grand désastre dont elle est menacée chaque nuit. Ce matin encore, des fragments de sculpture et des éclats de pierre de taille, épars sur le sol, indiquaient que quelque boulet avait touché notre magnifique monument, une des gloires de l'Europe !

« La maison de l'œuvre Notre-Dame, une des plus vieilles et monumentales constructions du moyen âge, a reçu plusieurs projectiles les nuits précédentes déjà et cette nuit encore. L'Hôtel de Ville, nouvellement restauré, est criblé sur la face qui regarde le théâtre, et la salle des séances du conseil municipal, située au rez-de-chaussée, a été dévastée. Diverses constructions particulières, le Broglie, la rue du Temple-Neuf, les plus belles maisons de la rue du Dôme, sont devenues la proie des flammes. Les obus tombaient par centaines dans une seule rue, et dès qu'un incendie était allumé, les projectiles étaient lancés par masses sur le brasier pour empêcher les travailleurs d'éteindre le feu.

« Toute la ville est jonchée de débris. »

Lorsque l'incendie éclata à la Bibliothèque, il était neuf heures du soir : on n'avait pris aucune précaution les jours précédents, il n'y avait pas de pompes disponibles dans les rues voisines, et l'on s'attendait si peu à cet acte de barbarie qu'on avait dirigé tous les secours du côté des faubourgs, où les bombes pleuvaient en grand nombre. Tout brûla, et l'on ne retrouva dans les décombres qu'un tronçon du sabre de Kléber, « comme si le sort avait voulu finir cette lugubre tragédie par un éclat de rire moqueur... Qui nous rendra nos manuscrits, nos précieuses collections du seizième et du dix-septième siècle, nos chroniques inédites, fidèles tableaux des hauts faits de nos ancêtres républicains[1] ! »

Werder crut avoir cette fois découragé les assiégés, et il fit de nouveau dire au gouverneur de se rendre. Uhrich, inébranlable, refusa même au maire l'autorisation d'envoyer au quartier général allemand des délégués chargés de représenter à Werder l'inutilité et la cruauté de ses moyens. Mais en apprenant que l'ennemi s'était opposé à la sortie des enfants, des vieillards et des femmes, les Strasbourgeois indignés redoublèrent de patriotisme et de courage et demandèrent des armes pour marcher aux Allemands.

La nuit suivante, le feu dévora intérieurement la forêt de charpente qui recouvrait la nef de la cathédrale; à minuit, on vit les flammes jaillir de la toiture et lécher la base de la flèche; de longues rues flamboyèrent d'un bout à l'autre. Le matin, le brave Uhrich répondit à une nouvelle sommation ces cinq mots significatifs :

« Strasbourg se défendra à outrance! »

1. *Revue critique d'histoire et de littérature*, 1871.

Werder est au comble de l'indignation. La cathédrale est prise pour point de mire, et la croix en est brisée *à la suite d'un pari*. Le 27, les Allemands se décidèrent à entreprendre un siège en règle. Ils ne se repentaient pas le moins du monde d'avoir assassiné à distance tous ces malheureux qu'on a si justement appelés des *cibles vivantes;* seulement, comme les bâtiments civils étaient presque tous abîmés, ils jugeaient opportun maintenant de diriger le feu de leurs batteries sur les casernes et sur les remparts. C'est par là qu'ils auraient dû commencer, c'est aux soldats qu'ils devaient s'en prendre d'abord, mais ils voulaient sans doute inaugurer une nouvelle méthode de faire la guerre. Cependant, la conduite de Werder ne fut pas unanimement approuvée par ses compatriotes, si l'on s'en rapporte aux paroles suivantes, empruntées au colonel Rüstow et au capitaine Julius von Wickede :

« Le bombardement de Strasbourg était inopportun pour les motifs que voici : les Strasbourgeois avaient des sentiments plus français que les habitants du centre de la France, et l'on pouvait prévoir que le bombardement n'aurait pour résultat que de les irriter davantage contre les Allemands... On pouvait donc s'abstenir de bombarder la ville, dont la garnison était fort insuffisante en force numérique et en qualité; on le devait surtout parce que, nous le répétons, c'était un singulier moyen de prouver aux Strasbourgeois son amour fraternel... Le bombardement fit des ravages épouvantables : *la magnifique cathédrale fut honteusement endommagée*, la précieuse bibliothèque fut anéantie; beaucoup de maisons particulières furent détruites; *des vieillards, des femmes, des enfants furent tués ou estropiés*. La population sans

défense se réfugia dans les caves, les hommes valides cherchèrent avec courage à arrêter l'incendie pour sauver ce qu'ils pourraient de la ville de leurs pères[1]. »

« Lancer volontairement des obus et des bombes dans l'intérieur d'une ville, au lieu de les diriger sur les remparts, est une des nombreuses cruautés, des inutiles destructions que nous avons, hélas! commises dans cette guerre. Nous n'avons pas fait ainsi des conquêtes morales, nous n'avons pas accru la sympathie de l'Alsace pour l'Allemagne, bien au contraire. Puisque nous voulions recouvrer à jamais cette province, nous n'aurions pas dû commencer par exaspérer contre nous la population. Mais il y a des militaires qui, dans leur zèle aveugle et sans scrupules, n'arrêtent jamais leur esprit sur ces considérations[2]. »

Avant de commencer le siège en règle, les Allemands crurent nécessaire de brûler encore *quelques* maisons : les incendies du 27 furent si insignifiants que la chaleur fit fondre les ailettes de plusieurs projectiles déposés au parc des boulets. Après la capitulation, Werder put constater que le faubourg de Pierres n'existait plus; que dans tous les quartiers la plupart des maisons avaient été incendiées ou traversées par des projectiles; que la Cathédrale, la Préfecture, le Musée, le Théâtre, le Palais de justice, la caserne de la Finckmatt, la Bibliothèque, étaient plus ou moins ruinés grâce à lui; que sur trois mille cinq cents quatre-vingt-dix-huit bâtiments civils inscrits au cadastre, quatre cent quarante-huit avaient

1. *Der Krieg un die Rheingrenze*, par le colonel Rüstow, p. 149.
2. *Geschichte des Krieges von Deutschland gegen Frankreich*, par Julius von Wicked, p. 296.

été entièrement anéantis et tous les autres, moins cent, rendus inhabitables. Le jour où les Allemands entrèrent dans la ville, dix mille personnes se trouvaient sans abri!

Les vainqueurs ont-ils, depuis, essayé de faire oublier aux Alsaciens-Lorrains l'horreur de leur conduite en 1870-71? Sans doute! Une loi, votée par le Reichstag sans avoir été soumise au Conseil d'État de Strasbourg et sans que la délégation d'Alsace-Lorraine eût été consultée, a interdit aux délégués, dans les délibérations, l'usage de la langue française, et a refusé le bénéfice de l'immunité parlementaire aux membres de la délégation. Comme quatre ou cinq délégués seulement peuvent s'exprimer suffisamment en langue allemande, il s'ensuit que les autres devront rester bouche close. M. Antoine, délégué de la circonscription rurale de Metz, terminait ainsi le discours qu'il a prononcé dans la séance du 9 décembre 1881 :

« Nous n'avions jamais espéré, Messieurs, qu'on nous traiterait en enfants gâtés de la grande Allemagne. Nous n'attendions rien de la générosité allemande; nous connaissions trop ce que nous avions perdu.

« Nous ne demandions pas même d'être traités en citoyens libres et indépendants; nous ne voulions être traités qu'en hommes : c'était bien peu; on nous le refuse. Nous tomberons en vous disant que nous n'avons rien appris de vous, messieurs les gouvernants, mais que nous n'avons rien oublié des autres! Après onze ans, il vous plaît de gaieté de cœur de prononcer le *Væ victis!* Nous le subirons avec plus de dignité que vous n'avez mis d'ardeur à le prononcer... Malgré vous, il nous restera ce que vous ne pourrez jamais nous enlever :

l'espoir. Nous aussi, nous crierons à nos populations d'attendre, car au-dessus de vos menées, il y a la majesté du droit et de la justice[1]. »

1. Consulter sur l'incendie de Strasbourg : Borbstaedt, *Opérations des armées allemandes.* — Moriz Brunner, *Défense de Strasbourg en* 1870. — R. Reuss, *Les Bibliothèques publiques de Strasbourg incendiées dans la nuit du 24 août.* — Uhrich, *Documents relatifs au siège de Strasbourg.* — Anonyme, *Strasbourg, journal des mois d'août et septembre* 1870. — A. Schnéégans, *La guerre en Alsace, Strasbourg.* — Du Casse, *Journal authentique du siège de Strasbourg* (Paris, 1871). — Anonyme, *Lettres sur le bombardement de Strasbourg en* 1870 (Tours, 1870, in-12).

XXIX

L'INCENDIE DE BAZEILLES

(1870)

Avant la guerre de 1870, Bazeilles, située près de la Meuse, à huit kilomètres de Sedan, renfermait plus de deux mille métiers pour la fabrication du drap, des fouleries considérables et des forges qui la rendaient très florissante. On y voyait le château où fut élevé Turenne, et peut-être les habitants se souvinrent-ils de ce grand capitaine lorsqu'ils opposèrent aux Prussiens une si énergique résistance.

Le 31 août 1870, dans la matinée, les citoyens de Bazeilles, voyant approcher l'ennemi, revêtirent leurs uniformes de gardes nationaux, et résolus à se défendre jusqu'au bout, firent cause commune avec l'armée. Malgré leurs efforts, les soldats français furent repoussés par un corps de Bavarois et par la division Shœler d'Erfurt, de la réserve prussienne. Mais alors, il fallut emporter Bazeilles, maison par maison, jardin par jardin; les marins défendaient chaque bouquet d'arbres et marchaient à la baïonnette lorsque leurs munitions étaient épuisées. Hélas! le nombre l'emporta; les Bavarois eurent

le dessus et commencèrent la destruction du village : des enfants en bas âge eurent la tête broyée contre des pans de muraille, des femmes suppliantes furent repoussées à coups de crosse, la plupart des survivants tombèrent fusillés, sans distinction d'âge ni de sexe.

Ces scènes d'horreur n'étaient que le prélude de l'incendie : usines, maisons, mairie, rien ne fut épargné. Les flammes sortaient des habitations, ou les débris fumants brûlaient sur place les blessés qui jonchaient les rues et que personne n'était venu relever. L'incendie fut si violent, la fournaise si ardente, que longtemps après, les Prussiens entrant dans le village durent s'abriter pour se garantir de la réverbération des maisons encore brûlantes. « J'ai vu, de mes yeux vu, dit M. du Merzer, les ruines de ce malheureux village; il n'en reste pas une maison debout. Une odeur de chair humaine brûlée vous prenait à la gorge. J'ai vu les corps des habitants calcinés sur leur porte. »

Suivant le général Von der Tann, Bazeilles fut incendiée par suite de la canonnade dirigée sur ce point pendant deux jours et des combats meurtriers qui se livrèrent dans les rues. S'il en était ainsi, pourquoi M. Von der Tann jugea-t-il à propos d'interdire les souscriptions organisées en faveur des survivants par M. Fitz-James? On sait aujourd'hui que si Bazeilles fut détruite, c'est parce que ses habitants avaient fait cause commune avec les soldats. Or, le droit qu'a chacun de défendre sa propriété menacée par l'invasion — droit contesté par les Prussiens en 1870 — fut proclamé officiellement à Breslau, le 21 avril 1813, par le roi Frédéric-Guillaume, qui imposa à tout citoyen le devoir de défendre le sol natal.

« Si j'étais du gouvernement français, écrivait M. Emmanuel Domenech, je défendrais la reconstruction de Bazeilles; je ferais entourer ses ruines d'une grille funéraire et je léguerais à la postérité ce trophée de vandalisme[1]. »

Ce conseil dicté à M. Domenech par son indignation n'a pas été suivi, et Bazeilles s'est relevée de ses ruines. Mais, cinq ans plus tard, le 23 novembre 1875, le petit village présentait un aspect inaccoutumé et imposant. Toutes les maisons étaient pavoisées de drapeaux tricolores garnis de crêpes et dix mille personnes assistaient à la bénédiction du monument élevé à la mémoire des braves, morts dans les terribles journées du 31 août et du 1er septembre 1870.

Ce monument est dû à un jeune architecte, M. Albert Maget. Sur une grande assise en pierre formant marches se dresse un sarcophage surmonté d'une pyramide, sans autre ornement qu'un bouclier grec sur une branche de palmier et une croix en creux sur la face opposée. Sur le sarcophage, on lit : « LA PATRIE A SES DÉFENSEURS, » et au-dessus : « BAZEILLES, 31 août, 1er septembre. »

1. G. Domenech, *Histoire de la campagne de* 1870-1871 *et de la deuxième ambulance* (Lyon, 1871, in-12), p. 225

XXX

L'INCENDIE DE CHATEAUDUN

(1870)

Ce fut le mardi 18 octobre 1870, vers midi, que les guetteurs placés dans le clocher Saint-Valérien et dans les combles de l'Hôtel de Ville de Châteaudun signalèrent l'approche des éclaireurs ennemis. Les gardes nationaux, accompagnés des francs-tireurs parisiens et nantais se dirigèrent aussitôt vers la route d'Orléans, où ils échangèrent quelques coups de fusil avec l'avant-garde ennemie. D'autres soldats se rangèrent derrière les barricades, et la lutte commença.

S'il est malheureusement vrai que le patriotisme de bien des villes françaises fut pour ainsi dire paralysé par les succès imprévus de l'armée allemande, en retour quelques-unes firent preuve d'une abnégation véritablement héroïque et ne se rendirent qu'à la dernière extrémité. Châteaudun est au nombre de ces villes courageuses: la résistance qu'il opposa aux bandes germaniques a rendu son nom populaire, et la honte de sa destruction rejaillira longtemps sur ceux qui l'ont ordonnée, sans y être forcés par les terribles exigences de la guerre.

Les Allemands, après une vive escarmouche près de la gare, entourèrent la ville dans un demi-cercle d'attaque, et firent pleuvoir les obus sur le château, sur l'Hôtel de Ville et sur le clocher Saint-Valérien. Une maison, puis douze autres brûlèrent simultanément, tandis que les défenseurs de Châteaudun se repliaient sur la grande place. Les francs-tireurs, voyant une lueur rougeâtre au coin de la rue de Chartres et reconnaissant là l'œuvre des Prussiens, se groupèrent pour entonner la *Marseillaise*. Devant l'hymne de Rouget de l'Isle, les envahisseurs s'arrêtèrent hésitants, et ce fut seulement à huit heures qu'ils vinrent se masser autour de la fontaine publique.

« Après avoir fait leur choix, dit M. Isambert, ils enduisent à la brosse les portes de pétrole et y mettent le feu. Ils allument les rideaux, les lits; la plupart du temps, pour abréger la besogne, ils répandent le pétrole sur les premières marches de l'escalier, qui porte l'incendie jusqu'au grenier. » Les incendiaires se partagent en sections de soixante ou quatre-vingts hommes : une moitié de chaque section reste dans la rue et monte la garde, la seconde moitié se subdivise en deux escouades, dont l'une procède au déménagement, l'autre à l'incendie. Système ingénieux, qui permet d'agir avec beaucoup de rapidité! Rue de Chartres, on met le feu au lit d'un paralytique; on entre dans un hôtel où l'on se fait servir un dîner de gala; puis le duc de Saxe-Meningen, pour remercier sans doute l'hôtelier, prend une torche et donne l'exemple aux officiers présents en faisant brûler les rideaux.

Tout le quartier Saint-Valérien est ainsi livré aux flammes : des vieillards, des enfants, des infirmes sont

emprisonnés et asphyxiés dans les caves. A six heures du matin, le juge de paix, un juge du tribunal et le substitut obtiennent pourtant l'autorisation de se servir des moyens en leur pouvoir pour éteindre les incendies; mais il est trop tard, le mal est fait, et comment guérir un membre gangrené?

En apprenant la ruine de Châteaudun et la vaillante conduite de ses défenseurs, la délégation du gouvernement, siégeant à Tours, déclara que Châteaudun avait bien mérité de la patrie. La municipalité de Paris reconnaissante donna à l'une des plus belles rues de la capitale le nom de la petite ville qui avait si bien rempli son devoir[1].

Nous sera-t-il permis de citer ici quelques-unes des strophes qu'a publiées M. Émile Bergerat à cette occasion?

Petite ville, si j'étais
Ce que pour toi je voudrais être,
Avec ta ceinture pour mètre
Et tes ruines pour étais,

Je te bâtirais... Ah! devine!
— Un tombeau? — Non! — Un temple? — Non!
— Un Colysée, un Parthénon?
— Non plus! — Quelque Babel divine?

— Non, mais si tu veux le savoir,
Un collège avec cette enseigne :
« Ici l'héroïsme s'enseigne.
« Ici l'on apprend son devoir. »

1. Voir Ed. Ledeuil, *Campagne de* 1870-71, *Châteaudun* (Paris, 1871, in-8); — G. Isambert, *Combat et incendie de Châteaudun* (Paris, 1871, in-12), etc.

. . . . . .

Et dans cette Université,
Les enfants qui seront la France
Auraient des vieux de la cité
L'enseignement de la délivrance.

XXXI

LES INCENDIES DE PARIS

(1871)

Nous nous bornerons à donner ici la partie du rapport officiel adressé au gouvernement de Paris au mois de mai 1871, relative aux incendies. Nous dirons ensuite quelques mots de l'état des principaux monuments incendiés après la semaine de mai.

On se rappelle que le 21 mai 1871 l'armée de Versailles entra dans Paris par la porte de Saint-Cloud. Dès le 23, les fédérés « étaient pris, dit M. Camille Pelletan, dans un mur mobile de fusils, de baïonnettes et de canons... Ils étaient traqués de rue en rue, de barricade en barricade, enfermés dans un espace toujours plus étroit... Au bout de quarante-huit heures, une fureur aveugle s'empara d'eux et alla toujours grandissant... Le mardi, vers le soir, les premiers incendies étaient allumés rue Royale et rue de Lille; puis les Tuileries brûlaient; puis le Palais-Royal, la Préfecture, le Palais de Justice, l'Hôtel de Ville; les flammes jaillissaient de tous côtés, et une pluie de cendres et de paperasses brû-

lées allaient tomber sur toute la banlieue. Des Parisiens commettaient ce crime énorme de brûler Paris[1]. »

Maintenant voici le rapport du Maréchal :

« 24 *mai*. — La journée du 24 mai comptera parmi les plus sinistres dans l'histoire de Paris. C'est la journée des incendies et des explosions. Le ciel reste obscurci pendant tout le jour par la fumée et par les cendres. Déjà, la veille, un immense incendie dévorait le palais de la Légion d'honneur, la Cour des comptes et le Conseil d'État; les Tuileries avaient brûlé toute la nuit, et dès l'aube l'incendie atteignait le Louvre et menaçait les galeries de tableaux.

« Dans la matinée, de nouveaux incendies se déclarent au Ministère des finances, au Palais-Royal, dans la rue de Rivoli, dans la rue du Bac, au carrefour de la Croix-Rouge.

« Le Palais de Justice, le Théâtre Lyrique, l'Hôtel de Ville sont livrés aux flammes quelques heures plus tard.

« Tout le cours de la Seine, en amont du Palais Législatif, paraît en feu.

« A l'horreur qu'inspirent ces immenses foyers viennent s'ajouter des explosions considérables dans les quartiers de la Sorbonne et du Panthéon.

« Le maréchal donne des ordres pour qu'un grand effort soit fait sur le centre afin de conjurer l'incendie des monuments enflammés et de préserver du feu et des explosions ceux qui ne sont pas encore atteints, et surtout le Louvre.

«..... Dans la soirée du 24, nous sommes maîtres de

1. Camille Pelletan, *La Semaine de mai*, p. 74.

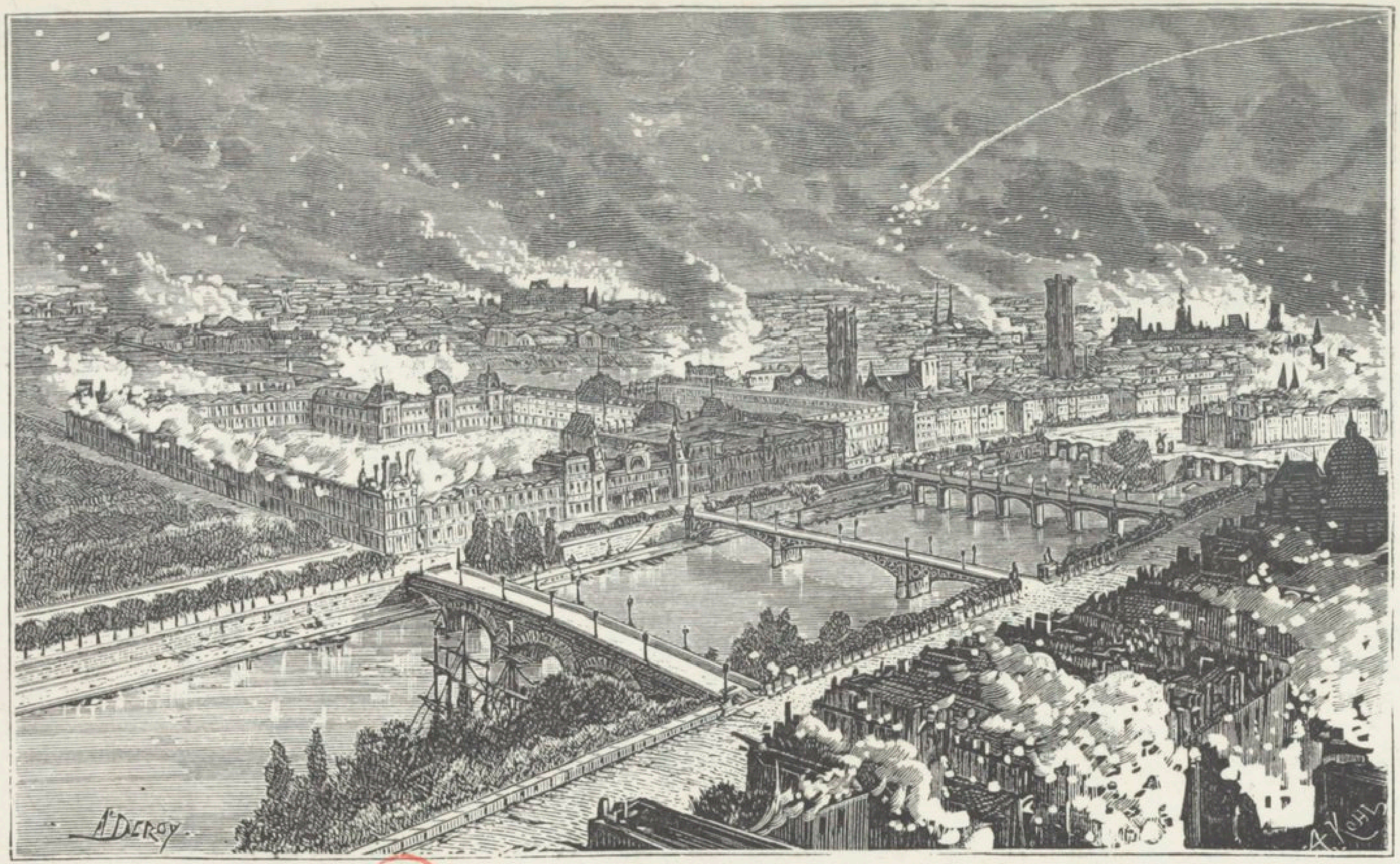


Fig. 10. — Incendies de Paris en mai 1871.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

plus de la moitié de Paris et des grandes forteresses de la Commune, telles que Montmartre, la place de la Concorde, l'Hôtel de Ville et le Panthéon. »

25 *mai*. — Au centre, la brigade Bocher, formée en trois colonnes, débouche par la rue Corvisart, les boulevards Arago et de Port-Royal, et enlève les Gobelins que les insurgés incendient en les abandonnant..... »

26 *mai*. — « Le corps Ladmirault, à la gauche, achève de préparer son mouvement sur les buttes Chaumont; dans ce but, il s'empare des barricades des rues Riquet, de Flandre et de Kabylie, qui assurent la possession de la place de la Rotonde dont les insurgés sont débusqués, après avoir toutefois incendié la raffinerie de sucre et les magasins de la douane[1]..... »

Est-il vrai que des misérables ont activé les incendies en versant sur les édifices du pétrole ou quelque autre substance? Il n'est pas une question sur laquelle les historiens de la Commune se soient moins entendus. Nous nous contenterons de donner sur cette grave affaire l'opinion de trois historiens appartenant à des camps politiques absolument opposés.

« Un peu de réflexion, dit M. Pelletan, suffit pour voir ce qu'il y a d'absurde dans ces idées. Incendier une maison avec ce qu'on pourrait jeter de pétrole d'une boîte au lait, en allumant ce pétrole avec la mèche lancée rapidement à distance, serait assurément un des tours de force les plus extraordinaires; et, pour qu'on pût remplir les pompes d'huile minérale, il aurait fallu faire ap-

1. Rapport sur les opérations de l'armée de Versailles, depuis le 11 avril jusqu'au moment de la pacification de Paris.

porter secrètement des quantités considérables de bonbonnes au milieu de quartiers occupés par les troupes sans que personne s'en aperçût, ce qui aurait été singulièrement difficile[1]. »

On lit ce qui suit dans *Les Convulsions de Paris*, par M. Maxime du Camp :

« Dès la matinée du 24, Paris fut pris de folie. On racontait que des femmes se glissaient dans les quartiers déjà délivrés par nos troupes, qu'elles jetaient des mèches soufrées dans les soupiraux, versaient du pétrole sur le contrevent des boutiques et allumaient partout des incendies. Cette légende, excusée sinon justifiée par l'horrible spectacle que l'on avait sous les yeux, était absolument fausse; nulle maison ne brûla dans le périmètre occupé par l'armée française. Les apologistes de la Commune ont énergiquement repoussé l'accusation qu'on faisait peser sur eux; ils ont eu raison, car elle est imméritée, mais elle naquit spontanément dans l'esprit d'une population affolée par les horreurs dont elle était témoin[2]. »

MM. du Camp et Pelletan sont ici complètement d'accord. Mais tel n'est pas l'avis de M. Borel d'Hauterive, qui affirme formellement l'existence des *fuséens* :

« Tandis que les soldats sont accueillis en libérateurs par la population parisienne qui agite ses mouchoirs, crie : « Vive la ligne ! » et arbore aux fenêtres des drapeaux tricolores, c'est portant d'une main des bonbonnes d'essence minérale et de l'autre des torches allumées que les insurgés s'éloignent du théâtre de leurs exploits, lais-

1. Camille Pelletan, *La semaine de mai*, p. 109.
2. Maxime du Camp, *Les Convulsions de Paris*, t. II, p. 401 et 420.

sant derrière eux des ruines et des cendres. Les plus humains en apparence préviennent les habitants des maisons avant d'y porter la flamme. Mais il ne faut pas s'y tromper : c'est un moyen d'écarter de leurs déprédations tout témoin dangereux et de se livrer à leur aise au pillage pendant plusieurs heures[1]. »

Le Palais de la Légion d'honneur. — Il ne resta de cet édifice, construit vers 1786 par l'architecte Rousseau, que les écuries et le portique du fond de la cour. Médaillons sculptés, bas-reliefs, mobilier, boiseries peintes et dorées, plafonds à moulures, salon demi-circulaire, tout fut dévoré. Les statues de héros et de déesses bordant le toit se profilaient toujours sur le bleu du ciel, les bustes de philosophes et d'hommes illustres étaient encore dans leurs niches rondes, les lilas et les roses du jardin demeuraient intacts, mais les archives, pleines de pièces si importantes, n'existaient plus.

Le Palais d'Orsay et le Conseil d'État[2]. — « Le mardi 23, à six heures du soir, les troupes du gouvernement ayant occupé le Palais-Bourbon, les fédérés commencèrent à déguerpir; à plusieurs reprises, ils avaient pris la fuite, et l'on crut le quartier sauvé; mais les fédérés revinrent aux palais de la Légion d'Honneur et d'Orsay. Des gardes nationaux du 67e enfoncèrent les portes du Conseil d'État. Tout le rez-de-chaussée fut incendié et le feu se communiqua rapidement au premier, à la Cour des comptes, par les escaliers et par les vastes ouvertures pratiquées au plafond des salles d'attente pour recevoir le jour... Il était

1. Borel d'Hauterive, *Les sièges de Paris*, p. 367.

2. On sait que le Conseil d'État et la Cour des comptes siégeaient avant la Commune au palais d'Orsay.

sept heures moins vingt quand le feu éclata; il se propagea avec une rapidité inouïe, qui s'explique par la construction même du monument, tout en bois à l'intérieur et rempli de papiers... Le palais fut entièrement consumé, il n'en resta que les murs. » L'escalier d'honneur de la Cour des comptes était orné des fresques de Chassériau, qui échappèrent en partie à la ruine. Au Conseil d'État, deux magnifiques toiles furent brûlées : *le président Duranty*, par Paul Delaroche, dans la salle du Contentieux, et *Justinien*, par Eugène Delacroix, dans la salle de Législation.

Le Palais Royal. — L'incendie y éclata un peu avant quatre heures; deux pompes furent mises en activité par les habitants du quartier. Il fut impossible de sauver le pavillon situé du côté de la rue de Valois, mais on éteignit l'incendie allumé dans les bâtiments de la terrasse n° 17. A sept heures, le pavillon n° 1 était entièrement consumé et les flammes sortaient de six croisées de la façade. Une heure après, les soldats de la ligne arrivèrent : ils sauvèrent le Théâtre Français et se rendirent maîtres du fléau.

La Bibliothèque du Louvre. — Le Louvre fut préservé, mais non sa bibliothèque, fondée par le Directoire et renfermant près de cent mille volumes d'un haut intérêt. Les fenêtres furent violemment atteintes par les gerbes de feu que projetait le foyer central. Au-dessus du fronton, le buste de Minerve resta intact. Les archives du ministère des beaux-arts ne furent pas atteintes.

L'Assistance publique. — Le feu s'y communiqua par le café Marquis, situé au coin du quai et de la place de l'Hôtel-de-Ville. Toute la partie qui faisait face à la Seine

et à l'avenue Victoria fut consumée, et il ne resta d'intact que les salles du Conseil, les appartements du directeur et du secrétaire, et la façade du côté de la place. Du quai de Gesvres à l'avenue Victoria, tout était en feu.

Le Palais de Justice. — « En entrant au bureau du greffe par le grand escalier qui conduit à la salle des Pas-Perdus, plusieurs des arceaux de la voûte sont effondrés, et les gigantesques piliers qui la soutenaient gisent pêle-mêle sur le sol, tout carbonisés. Les salles des Cours d'assises et de cassation ne présentent plus que des ruines. Les poternes du vieux château de saint Louis sont découronnées ; leur intérieur est en cendres. Au milieu de ce désastre, on contemple avec soulagement le précieux joyau d'architecture de la Sainte Chapelle, avec sa magnifique flèche toute brillante. » Le tribunal de première instance fut heureusement préservé.

Le Grenier d'abondance. — Les immenses magasins désignés sous ce nom occupaient, sur le boulevard Bourdon, un espace de trois cent cinquante mètres. Le jeudi 25 mai, vers deux heures, ce vaste établissement, qui contenait pour plus de douze millions de marchandises, des fûts de spiritueux, des tonnes d'huile et une masse énorme de poisson salé, devint la proie des flammes et fut entièrement consumé.

Le Théâtre de la Porte Saint-Martin. — La scène illustrée par un si grand nombre d'œuvres populaires ne fut pas épargnée. Seuls, le grand mur qui isolait la scène et le mur du fond restèrent debout. Tous ces masques en saillie qui riaient et pleuraient au-dessus du contrôle, cette frise d'enfants bouffis qui se mêlaient au-dessus du balcon aux satyres et aux nymphes, cette

foule de moulures dorées n'échappèrent pas aux incendiaires.

Le Ministère des finances. — L'incendie se déclara dans cet édifice le lundi 22 mai. On croyait s'en être rendu maître, lorsque le 24 au soir le feu reprit avec une nouvelle intensité, et, attisé par le vent d'orage qui soufflait dans cette soirée, détruisit entièrement ce monument. Le grand livre de la dette publique, les titres de rente 3 pour 100 déposés en vue de toucher le coupon et un certain nombre de dossiers purent être sauvés, mais il ne subsista rien des archives ni de la bibliothèque administrative.

Les Tuileries. — Les Tuileries furent ruinées de fond en comble. Le pavillon de Flore échappa bien au désastre, mais tout ce qu'il contenait fut réduit en cendres. La partie du monument comprise entre la rue des Pyramides et le guichet de l'Échelle, celle que limitaient le pont Royal et le pont des Saints-Pères, furent consumées.

Il faut remarquer que l'incendie exerça principalement ses ravages sur les plafonds et sur les cadres, car à la suite du 4 septembre, on avait enlevé des Tuileries tous les tableaux et le mobilier d'apparat.

Les Gobelins. — Le feu y détruisit la galerie, un atelier de six métiers, trois salles contenant des couleurs, un atelier de peinture, le magasin des plâtres, l'école de tapisserie et la collection célèbre composée de tapisseries du dix-septième, du dix-huitième et du dix-neuvième siècles. Grâce au dévouement du personnel de la manufacture, la chapelle, les laboratoires, les bureaux, le magasin général, l'atelier des tapis, les bâtiments d'habitation échappèrent à la ruine.

Les Docks de la Villette. — Les entrepôts de la Rotonde, ainsi appelés à cause de la forme des bâtiments occupés par les bureaux, contenaient environ cinq millions de marchandises au moment où le feu éclata. Les barils d'essence et les bonbonnes d'huile, laissant échapper leur contenu, contribuèrent puissamment à activer l'intensité des flammes. On éleva des talus en terre pour arrêter les liquides et les empêcher de couler, par la rue Riquet, jusqu'à la rue de Flandre.

Comme on avait de l'eau en abondance, on put cependant sauver le bâtiment.

Autres monuments incendiés. — Parmi les autres monuments qui furent brûlés pendant la semaine de mai, nous citerons :

le Théâtre Lyrique,
l'Hôtel de Ville,
la Mairie du IVe arrondissement,
le Théâtre des Délassements,
la Préfecture de Police,
l'église de Bercy,
la Mairie du XIIe arrondissement.

Quant aux maisons particulières incendiées sous la Commune, elles sont trop nombreuses pour que nous puissions les énumérer ici. Nous dirons seulement que l'avenue de Neuilly, la rue Royale (entre la Madeleine et le faubourg Saint-Honoré), la place de la Bastille, la rue de Lille et la rue Turbigo ont particulièrement souffert.

Aucun incendie ne se déclara dans le quartier du Panthéon.

XXXII

L'INCENDIE DE CHICAGO

(1871)

Un soir du mois d'octobre 1871, un jeune garçon de Chicago, trayant une vache dans une étable, avait eu l'imprudence de s'éclairer avec une lampe à pétrole. L'animal peu docile se mit à lancer des coups de pied, dont l'un renversa la lampe : la litière, faite d'herbes sèches, s'enflamma brusquement et la maison tout entière ne tarda pas à prendre feu. L'embrasement fit des progrès d'autant plus rapides que cette maison était construite en bois, comme d'ailleurs la plupart des habitations voisines. On sait qu'il existe encore aujourd'hui en Amérique des villes où les constructions en pierre font absolument défaut.

Ce soir-là, pour comble de malheur, un ouragan terrible se déchaîna subitement sur Chicago, et les ouvrages hydrauliques qui y amènent les eaux du lac Michigan étaient par hasard en réparation. Tout conspirait donc à favoriser les progrès de l'incendie.

Aussi, les quartiers les plus anciens, bâtis en bois, furent-ils promptement consumés. Puis, ce fut le tour de

la ville neuve, dont le pavé goudronné offrait aux flammes un aliment non moins puissant. Sur un espace de neuf milles carrés, on ne vit plus bientôt que des ruines fumantes. De temps en temps retentissaient des détonations formidables : c'était une usine à gaz qui sautait ou bien une mine qui emportait quelque maison avec un fracas épouvantable ; car on en était réduit à employer la poudre à canon pour isoler le foyer d'incendie.

Les édifices publics, les bureaux de journaux, le télégraphe, les gares, les établissements hydrauliques, les églises, les universités, les théâtres, les banques, la Bourse, le Palais de justice, le parc à bestiaux, les greniers à grain, rien en un mot ne fut épargné, et le nombre des bâtiments brûlés s'éleva à douze mille. Pendant trois jours, du 7 au 10 octobre 1871, le feu exerça ses ravages avec la même violence, et ce fut seulement dans la matinée du quatrième jour qu'une pluie abondante mit fin à cet horrible sinistre, qui causa la mort de 500 personnes et la ruine de 20 000 familles. Le quartier du Sud fut entièrement anéanti. « Les habitants, lisons-nous dans une dépêche en date du 10 octobre 1871, se pressent et se serrent les uns contre les autres, comme des troubeaux mourant de faim et cherchant à se préserver des rigueurs de la saison. »

Est-il besoin de dire que la classe commerçante fut celle qui eut le plus à souffrir? Chicago était une ville industrieuse par excellence : 250 trains la faisaient communiquer chaque jour avec le reste de l'Amérique, 24 lignes ferrées aboutissaient à ses entrepôts, et des navires représentant plus de 400 000 tonneaux lui apportaient les productions des autres parties du monde.

Fort heureusement, la stupeur du premier moment fut bientôt passée. Dès le 12 octobre, on commença à reconstruire les maisons, les affaires reprirent tant bien que mal, et le lendemain même de l'incendie *la Tribune de Chicago*, imprimée avec une presse à main, apprit au reste de l'Amérique les plus petits détails de la catastrophe. Depuis, Chicago s'est rapidement relevée de ses ruines, plus laborieuse, plus active, plus riche qu'avant l'incendie.

XXXIII

L'INCENDIE DE BOSTON

(1872)

Trois incendies ont successivement ruiné Boston depuis un siècle : le premier, qui eut lieu en 1794, consuma plus de cent maisons ; le second, en 1818, abîma le quartier de la Bourse ; le troisième, qui fut le plus terrible, éclata le samedi 9 novembre 1872, à sept heures et demie du soir. Il prit naissance au coin des rues Summer et Kningston, dans un sous-sol contenant une machine à vapeur ; la flamme atteignit, à travers la cage d'un ascenseur, la toiture, qui était déjà brûlée quand les premiers secours arrivèrent.

Tout à coup le vent souffla du nord, puis du nord-ouest, avec une telle force, qu'il détourna le jet des pompes de la direction que lui donnaient les porte-lances. Le feu dévora la rue Summer, se propagea dans les rues environnantes, et cela si rapidement que les appareils dont on pouvait disposer devinrent insuffisants en présence de la gravité du sinistre. En outre, il était impossible de se servir de tout le matériel, car on manquait de chevaux pour le traîner dans les quartiers menacés. Dès

minuit, cent trente maisons de commerce étaient ruinées de fond en comble. On demanda des secours à Worcester, à Providence, à New-York, à Fall-River, à Lowell, à Lynn et à d'autres villes.

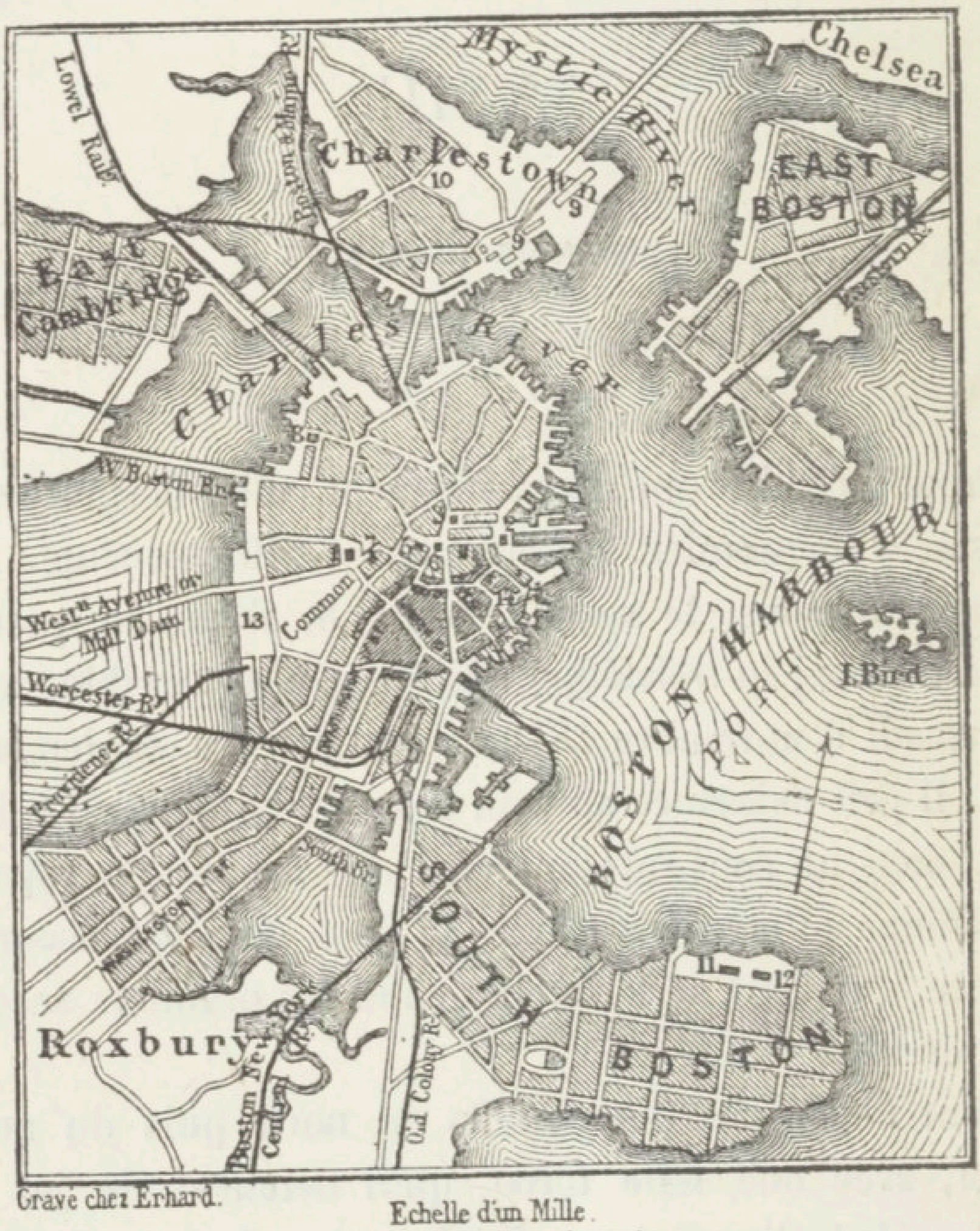


Fig. 11. — Plan de l'incendie de Boston (1872).

Le maire, ses conseillers et les notables de Boston se réunirent et délibérèrent sur les mesures qu'il fallait prendre pour éviter à la ville une ruine complète. Ils pensèrent que le remède le plus efficace à apporter au

mal, était de faire sauter des rues, et en effet, vers trois heures (nuit du 9 au 10 novembre), la poudre attaqua Devonshire street. Bientôt après, vingt-deux carrés de maisons étaient détruits, vingt-cinq hectares de constructions, consistant surtout en maisons de commerce, se trouvaient anéantis, et depuis la rue Bigbroad jusqu'à la rue Washington, on ne voyait plus que des décombres. Il fallut faire une réquisition de douze cents soldats pour arrêter des misérables que l'on trouva en train de piller au milieu de ces ruines ardentes.

A cinq heures, neuf pompes arrivèrent des villes voisines, et Portland envoya un bataillon de quatre cents hommes pour aider les pompiers de Boston. Malgré ce renfort, trois hectares de maisons brûlèrent encore dans l'espace d'une heure, et le feu commença à menacer les nouveaux quartiers.

Cependant, la catastrophe semblait prendre fin, lorsque dans la nuit du 10 au 11 novembre, l'incendie reprit de plus belle au coin de Summer street et de Washington street, et ne cessa que dans la matinée.

Neuf cent cinquante-neuf constructions avaient été consumées : 280 maisons de commerce, 21 banques, la Bourse des marchands, l'église de la Trinité, la Caisse d'épargne des émigrants, la manufacture de verre, vingt-sept offices de journaux. Les pertes s'élevèrent à deux milliards de francs.

Parmi les villes qui envoyèrent immédiatement aux incendiés des secours en numéraire, il convient de citer Chicago, si cruellement éprouvée l'année précédente.

XXXIV

L'INCENDIE DE L'OPÉRA, A PARIS

(1873)

Le 8 juin 1781 l'Opéra fut détruit par un incendie:

« A huit heures et demie du soir, tous les spectateurs étant déjà retirés de la salle de l'Opéra, et pendant que les ouvriers de théâtre faisaient le service accoutumé après les représentations, le feu prit à quelques cordages qui le communiquèrent à des toiles de décoration, et dans l'instant il devint si vif, que rien ne put empêcher la flamme de se porter au comble et d'embraser la charpente, de sorte qu'en fort peu de temps et sans qu'aucun secours humain pût alors y mettre obstacle, tout l'intérieur de la salle fut consumé. »

Après la mort du duc de Berry, l'Opéra fut transféré rue Le Peletier, sur l'emplacement de l'hôtel de Choiseul. Là, il fut ruiné en 1873.

Dans la nuit du 28 au 29 octobre, vers onze heures, une fumée intense et suffocante se répandit sur les boulevards jusqu'à la hauteur de la Chaussée d'Antin; une détonation sourde se fit entendre, et des étincelles rougeâtres commencèrent à sortir des magasins de décors

de l'Opéra, où le feu venait de se déclarer. Une heure après, les flammes illuminaient le ciel, et, avant l'arrivée des premiers secours, la salle, le théâtre, les décors, les tapisseries, les charpentes, étaient devenus la proie du feu. A la flamme rouge du cuivre se mêlent la flamme jaune du bois et la flamme blanche du zinc. Le vent pousse partout des brandons qui menacent les maisons voisines, et si par instant le feu semble se calmer, c'est pour reprendre bientôt de plus belle et lancer des gerbes incandescentes que suivent de formidables détonations. Les habitants du passage de l'Opéra, se figurant que le fléau gagne leurs demeures, perdent leur sang-froid et déménagent tous leurs meubles, qui couvrent bientôt le sol. A quatre heures, tout le théâtre était brûlé, à l'exception des bâtiments de l'administration, sis rue Drouot.

Le lendemain, l'observateur qui se serait placé à l'extrémité de la galerie de l'Horloge, aurait été témoin d'un des spectacles les plus tristes qu'il soit donné à l'homme de voir : des poutres noircies, des pierres calcinées, des étoffes à demi brûlées, des décombres de toute espèce jonchaient l'emplacement de l'Opéra, dont il ne restait que des murailles. On avait pu sauver les archives, mais non les accessoires, les parties d'orchestre des ouvrages en cours de représentation, les bustes du foyer. Pendant toute la semaine, des flammes, dégageant une vapeur noire, s'élancèrent de ce monceau de ruines.

Parmi les victimes de cet incendie, il importe de mentionner le caporal des sapeurs-pompiers Bellet, qui, entraîné par la chute du plafond, tomba dans un étroit corridor où il fut enterré sous les décombres : son ca-

davre, que l'on retrouva, ne portait aucune trace de brûlures; mais la tête avait été écrasée par la chute d'un pan de mur.

XXXV

L'INCENDIE DU RING-THÉATRE, A VIENNE

(1881)

Le 8 décembre 1881, on donnait au Ring-Théâtre de Vienne la deuxième représentation des *Contes d'Hoffmann*. Quelques instants avant le lever du rideau, les cris « au feu » se firent entendre dans la salle, et le public se précipita vers les issues donnant sur les couloirs. L'horreur de ce sauve-qui-peut général fut encore augmentée par une obscurité soudaine, car l'administration avait négligé d'allumer les lampes à huile. Cependant, en moins de quatre mois, du 26 juillet au 23 octobre, le directeur du Ring-Théâtre avait été quatre fois invité officiellement à faire placer dans les corridors les lampes prescrites par le règlement. Or, c'est à l'absence de lumière que doit être attribuée l'effroyable proportion que prit la catastrophe.

« Il était sept heures moins un quart, raconte l'acteur Lindau. On venait de donner aux artistes le deuxième signal annonçant que dans un quart d'heure la représentation commencerait. Je venais d'achever mes préparatifs dans la garde-robe. J'avais endossé mon tricot et

mon frac vert et j'entrais en scène. J'étais arrivé à peu près au milieu, lorsque j'entendis un cri de terreur effroyable. Un employé était en train d'allumer les lampes du soffite (dessous du plafond) avec une longue perche au bout de laquelle se trouve un petit réservoir contenant de l'essence minérale et duquel émerge une mèche allumée. Il approcha la mèche trop près d'une toile qui sert à la décoration du premier acte. Cette décoration représente l'intérieur d'un cabaret. La toile s'enflamma en un clin d'œil, la flamme se communiqua à une espèce de toile qui tombe au dernier acte, en matière de rideau intermédiaire.

« Je me vis entouré aussitôt d'une mer de feu, et je vis l'employé sauter en arrière. Le jaillissement énorme et subit de la flamme doit avoir provoqué un courant d'air énorme. Une colonne de feu se dirigea tout droit sur le rideau principal qui séparait la scène de la salle, et y fit un large trou. Par ce trou elle entra dans la salle, gagna les galeries et les enveloppa comme d'un manteau mortel. Je n'entendis qu'un seul cri immense, cri d'indicible terreur et d'horrible désespoir. Je me jetai en arrière, et je tombai sur le directeur. Nous nous précipitâmes vers la porte de sortie de derrière du théâtre, nous élançant vers la grande porte du devant pour gagner de là l'escalier principal d'entrée : nous voulions voir si le public s'était sauvé.

« Le foyer et l'escalier principal étaient vides, et un instant, nous pûmes croire que tout le monde avait échappé au feu. Mais aussitôt l'horrible réalité se présenta à nous. Le directeur tomba évanoui et fut emporté par un monsieur. Je m'élançai de nouveau vers la

porte de derrière pour rentrer dans la garde-robe et voir si je pourrais aider à sauver quelqu'un. Je pus me débarrasser du tricot et du frac, et je sortis dans les corridors. Ici, j'entendis des appels au secours ; des choristes femmes, fardées et vêtues de leurs costumes, descendaient en courant les escaliers ; plusieurs d'entre elles, qui n'avaient pas achevé leur toilette, étaient en chemise et en jupon. Je leur montrai l'issue par où elles pouvaient s'échapper, et je rencontrai l'inspecteur du feu, Kitsche, qui demeure à l'étage supérieur du théâtre. Il trouva sa femme évanouie dans sa chambre, la chargea sur son dos et l'emporta. Je pris ses deux enfants et le suivis.

« Arrivé au deuxième étage, je vis déjà la flamme sortir du théâtre et lécher l'escalier. Le rideau de fer qui, sur ce point, sépare le théâtre de l'escalier, était ouvert. Je descendis le rideau d'un coup, et nous fûmes en sûreté. Nous entrâmes au second, dans la chambre du théâtre, et nous réussîmes à jeter une partie des meubles par la fenêtre. Je remontai au troisième étage. Là, je vis un spectable terrible : un employé de la garde-robe était pris dans le rideau de fer qui sépare également au troisième la scène de l'escalier; le malheureux s'était évidemment jeté vers la sortie et avait levé le rideau, mais il était tombé asphyxié ; le rideau était retombé sur lui et l'avait écrasé contre le plancher. »

Dès midi, le bureau de location avait été fermé, et vers six heures trois quarts, toutes les places, sans exception, se trouvaient occupées. Lorsque la flamme commença à jaillir du rideau, une fumée étouffante se répandit dans la salle. Les spectateurs voulurent gagner la sortie ;

les uns se précipitèrent à travers les corridors sombres jusqu'aux fenêtres et aux balcons ; les autres, éperonnés par l'instinct de la conservation, sautèrent d'une hauteur de dix, quinze et vingt mètres, et ne réussirent souvent qu'à se casser bras ou jambes. Bientôt, les pompiers arrivèrent et le sauvetage commença : on tendit des draps, on dressa des échelles, on sauva quelques personnes. Mais vers sept heures et demie le plafond s'écroula, des gerbes de feu s'élevèrent vers le ciel, les explosions de gaz se succédèrent coup sur coup. Vainement s'efforça-t-on de pénétrer dans l'intérieur du théâtre : des amas de personnes gisant les unes sur les autres barraient le chemin, et çà et là, sur ce tas de cadavres, d'autres corps restaient debout formant une muraille de chair infranchissable qu'il fallut d'abord enlever.

« A mesure qu'on enlevait un corps, dit M. Louis Clodion, il était emporté et provisoirement déposé dans la cour de la préfecture de police qui, par cette nuit sombre, emplie de la fumée des torches aux lueurs rouges et vacillantes, avait pris un aspect lugubre. Les corps étaient alignés par rangées le long des murs. Bientôt, l'espace manqua et l'on dut aviser. Le lendemain, ils furent transportés à l'hôpital de la garnison et à l'hôpital général, situé à peu de distance du Schotten-Ring (boulevard des Écossais), un peu au delà de l'église votive ; c'est là qu'eurent lieu les reconnaissances et que se passèrent les scènes les plus déchirantes. En effet, que de défaillances, de larmes versées, de cris étouffés, en cette recherche d'un parent, d'un être cher, au milieu de ces corps aux visages noircis, boursouflés, aux membres horriblement contractés, émaciés, méconnaissables !

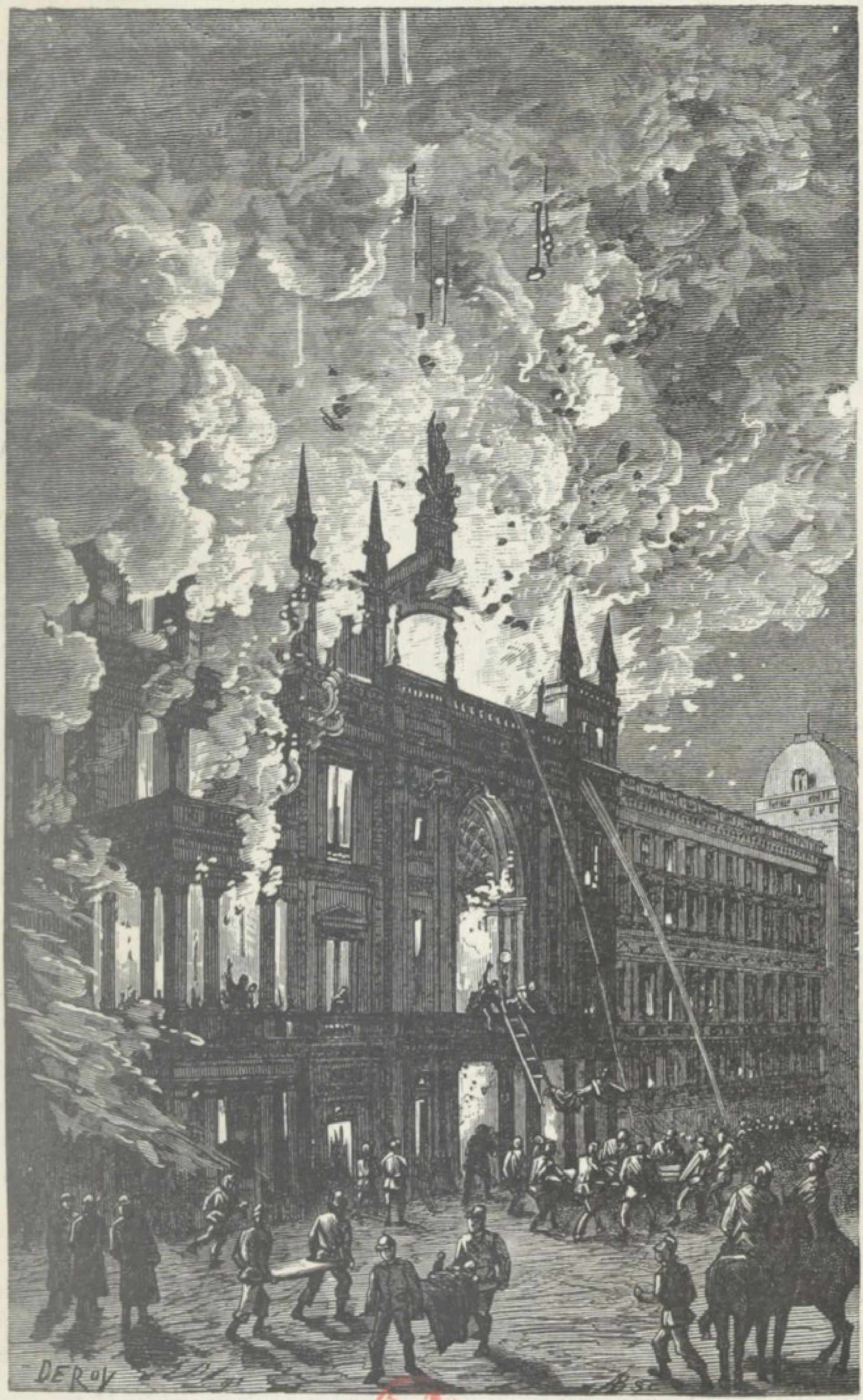


Fig. 12. — L'incendie d'un théâtre de Vienne (1881).

Aussi avait-on posé sur chacun d'eux quelque objet dont il était porteur au moment de la catastrophe : une montre, une bague, un bijou quelconque, un portefeuille, un porte-monnaie, n'importe quoi. Malgré tout, un grand nombre de ces malheureux ne furent pas reconnus et durent être enterrés dans la fosse commune creusée tout exprès pour eux au cimetière central. Ils ne furent point oubliés pour cela ni abandonnés. D'après une décision de la commission municipale, cette tombe doit jouir d'une concession à perpétuité et être entretenue aux frais de la ville. »

Sept cents personnes périrent brûlées, étouffées ou écrasées.

L'incendie durait depuis deux heures, lorsque le commissaire de police Patzelt pénétra dans l'intérieur du Ring-Théâtre. Il monta les degrés aussi rapidement que possible, et suivi de quelques-uns de ses hommes, il arriva au troisième étage. Il trouva la porte qui conduit des galeries dans le corridor fermée, et la fit enfoncer à coups de hache. Un affreux spectacle s'offrit à ses regards : appuyés contre la porte, se tenaient debout un grand nombre de cadavres, dont la flamme léchait les pieds. Ces cadavres étaient tellement emmêlés qu'en les tirant, les pompiers leur arrachaient les mains ou les pieds. A ce moment, la quatrième galerie s'écroula sur la troisième, et une masse de corps humains tombèrent dans le fond du théâtre, d'où s'élevait une mer de feu. Il n'y avait plus rien à faire, et M. Patzelt dut s'éloigner pour sauver sa propre vie.

Un mari s'était levé au début de l'incendie, avait saisi sa femme par le bras et l'avait entraînée jusqu'au seuil ;

là, il s'était aperçu que la femme qu'il avait ainsi emportée dans sa course n'était pas la sienne.

Le matin venu, on dut arrêter le fonctionnement des pompes pour prévenir l'effondrement des fondations minées par l'eau. On commença à enlever les décombres du parterre, dans la mesure où la chaleur le permettait, car le feu, mal éteint en quelques endroits, reprit le soir même (9 décembre) au coin de la Ringstrasse et de la Hessgasse.

L'appel fait à la charité publique reçut l'accueil le plus chaleureux : des sommes considérables furent souscrites[1], et l'empereur résolut de faire construire, au moyen de fonds pris dans sa cassette privée, une maison de bienfaisance et une chapelle commémorative sur le lieu même du sinistre. La presse parisienne expédia une adresse au bourgmestre de Vienne et organisa des fêtes au profit des victimes de l'incendie[2].

Le Ring-Théâtre avait été élevé en 1872 sur les plans de l'architecte Forster : pendant les travaux, plusieurs ouvriers tombèrent d'un échafaudage et se brisèrent sur le pavé.

1. Le comité viennois de secours reçut 1 398 804 florins en numéraire, et 129 800 florins en dons en nature.

2. Huit personnes furent traduites devant la justice à propos de l'incendie du Ring-Théâtre : trois d'entre elles furent condamnées à des peines légères.

XXXVI

L'INCENDIE D'ALEXANDRIE

(1882)

La veille[1] du bombardement d'Alexandrie, il restait à terre environ mille Européens, presque tous pauvres, Grecs ou Italiens, habitués à fraterniser avec les indigènes. Le reste se composait de petits artisans, de marchands, de banquiers, de fonctionnaires et de médecins.

On pensait généralement que l'armée égyptienne serait vaincue sans grande résistance et que les Anglais occuperaient la ville avant que la population arabe eût eu le temps de piller et d'incendier. Le 11 juillet, le premier coup de canon fut tiré à huit heures moins un quart du matin : deux heures suffirent pour réduire au silence les batteries égyptiennes de la côte, et dans l'après-midi les forts cessèrent de répondre. Montés sur les terrasses, les Européens faisaient des signaux aux Anglais, cherchant à leur faire comprendre l'utilité d'un prompt débarquement, mais ces appels réitérés exaspérèrent la soldatesque, qui se déchaîna incontinent sur toutes les maisons pavoi-

1. Lundi 10 juillet 1882.

sées, dont les habitants subirent les plus cruels traitements.

La nuit se passa, sans que les troupes britanniques missent pied à terre. Le matin[1], le canon ayant tonné pendant dix minutes, une terreur panique s'empara des esprits, les rues se remplirent de fuyards, et des bandes de soldats égyptiens parcoururent les rues du quartier européen en criant : « Mort aux chrétiens! » Avant d'évacuer Alexandrie, Arabi avait ouvert aux forçats les portes du bagne, et ces brigands, portant à la main des torches allumées, saccagèrent, puis incendièrent les maisons devenues désertes. Deux ou trois cents hommes détenus pour participation aux massacres du 11 juin 1882, avaient été rendus à la liberté.

Tout à coup, le clairon sonna sur la place des Consuls et donna le signal de l'incendie. Le quartier de la Marine, avec ses magasins indigènes, fut le premier dévasté, ensuite vint le tour de la ville européenne. Quarante mille pillards environ envahirent la rue de Ramleh, la rue Franque, la rue de la Porte Italienne, la rue des Sœurs, la rue Attarine : tout chrétien découvert[2] fut impitoyablement massacré. En même temps, les étoffes, les draps, les chaussures, les meubles étaient entassés dans des charrettes et traînés hors de la ville. Dès qu'un magasin était pillé, on l'abîmait et l'on brûlait tout ce qui ne pouvait être emporté. Au résumé, la ruine d'Alexandrie fut perpétrée par les Bédouins, par les soldats réguliers d'Arabi, mais aussi par la flotte anglaise.

1. Mercredi, 12 juillet 1882.

2. Beaucoup de chrétiens furent dénoncés par les domestiques indigènes ou les *baouabs* (concierges) des Européens.

A six heures du soir, les incendies se déclarèrent sur trois points à la fois : au boulevard Ramleh dans de riches magasins[1], au Consulat de France, et à l'hôtel d'Europe, mais le feu y avait été mis dès trois heures. « On vit alors des indigènes et des soldats aller de maison en maison, répandre des bidons de pétrole fournis par l'Arsenal, ou jeter dans les magasins pillés d'énormes boules de laine imbibées de pétrole et ayant un noyau de goudron ou de poix. Ces engins incendiaires, distribués par l'armée, avaient été préparés depuis longtemps. L'incendie de la ville avait été décidé et organisé d'avance, Vers les huit heures du soir, un officier supérieur à cheval, suivi d'une escorte nombreuse, vint se rendre compte de la marche de l'incendie. Il n'en fut pas satisfait, et il s'en plaignit, gourmandant les soldats, leur donnant de nouveaux ordres et des indications spéciales pour activer le feu et pour qu'aucune maison ne fût épargnée. Regardant l'immense édifice du Consulat de France, il en rectifia l'incendie, en y faisant répandre de nouveaux bidons de pétrole et lancer des étoupes enflammées. »

Les Européens s'étaient groupés à la Banque anglo-égyptienne, au Crédit Lyonnais, à la Banque d'Égypte, à la Banque Ottomane et à l'hôtel Abbat, établissements gardés par des Monténégrins. Pendant la nuit du mercredi au jeudi, ils organisèrent des patrouilles qui tinrent les incendiaires à distance du pâté formé par les maisons de banque. Malheureusement la ville européenne était ruinée de minute en minute, et le directeur de la banque anglo-égyptienne organisa une sortie, gagna la

1. Ces magasins appartenaient à des Français.

Marine et parvint à joindre *l'Hélicon*, yacht de l'amiral anglais; celui-ci, n'accordant qu'une médiocre confiance aux avertissements qu'on lui donna relativement à la situation de la ville, envoya seulement deux cent cinquante volontaires, dont les uns franchirent le talus de Ras-el-Tin, tandis que les autres marchaient vers le ministère de la marine. Ces deux positions occupées, les Anglais refusèrent d'aller plus loin. Vers une heure du matin, un reporter français, M. Jules Ranson, impatient de savoir ce que devenaient les Européens restés dans la ville, rejoignit Alexandrie à ses risques et périls et revint une heure après, traînant un pillard derrière lui. « Voilà, dit-il, les misérables qui sont à Alexandrie. Les laisserez-vous plus longtemps maîtres de piller, d'assassiner et d'incendier ? » Alors seulement les volontaires franchirent les portes de la ville, sur deux rangs, une mitrailleuse au milieu d'eux, tuant les brigands qui sortaient de chaque porte[1].

Le lendemain, l'occupation anglaise devint définitive, mais trop tard : l'incendie était général, la ville européenne ruinée, les hauts quartiers encore aux mains des pillards. Des marins grecs, autrichiens, allemands, américains débarquèrent en même temps que les troupes britanniques pour protéger les maisons de leurs nationaux, mais aucun des matelots français qui se trouvaient à bord de l'aviso *l'Hirondelle* ne suivit cet exemple.

Si maintenant on veut connaître l'aspect que présentait la ville après le bombardement et l'incendie, il suffira de lire la correspondance suivante, empruntée au *Temps* du 5 août 1882 :

1. Jeudi, 13 juillet 1882.

« La grande voie qui longe le rivage et qui part de l'arsenal pour aboutir à l'extrémité ouest de la ville, à Mineh-el-Bassal, est déserte ; mais rien n'y indique le bombardement et l'incendie. Les magasins donnant sur le quai et trop à portée de la mitraille des Anglais, sont restés intacts. Ces magasins sont ceux des fournisseurs de navires. Le poste des Moustaphazinos, devant le débarcadère, est occupé par des soldats anglais dont la tenue se ressent beaucoup trop du voisinage des débits de liqueurs installés sur le port.

« Dans la rue de la Douane, les ruines de quatre à cinq maisons incendiées forment une sorte de barricade. Les Européens qui habitaient ce quartier essentiellement arabe étaient de pauvres débitants, dont les produits n'ont offert aux pillards qu'un maigre butin. Leurs boutiques n'en ont pas moins été saccagées et détruites. Dans la rue de la Douane, celle du *Chidan*, et celle de la Police, les boutiques des musulmans, ont été épargnées ; celles appartenant à des chrétiens ont été atrocement pillées. La voie est jonchée de débris de caisses de savon, de sucre, de ferrailles, de verres. La rue voisine, celle des *Sarap* (Changeurs), est jonchée de coffres-forts défoncés, éventrés.

« A partir de ce point, l'œuvre des incendiaires apparaît dans toute son horreur, dans toute sa sauvagerie. On a peine à se frayer un chemin à travers les décombres encore fumants des maisons. A la place des Consuls, la destruction est complète. Des vastes édifices qui donnaient à cette place un caractère grandiose, deux seuls subsistent, à une extrémité : la maison du Club-Mehemet-Ali et le bâtiment des tribunaux de la Réforme. La

dévastation, est telle que c'est par l'emplacement des ruines seulement que l'on reconnaît à peu près le point où l'on se trouve. Sans deux colonnes de fonte qui sont restées debout, les vastes édifices qui composaient le Consulat de France seraient complètement méconnaissables. Le palais Zizinia est effondré. Sa belle collection de tableaux et d'œuvres d'art n'a pu être sauvée à temps. L'énumération, quartier par quartier, rue par rue, de cette immense dévastation, demanderait des pages. Je me bornerai à dire que les maisons réduites en décombres, en cendres, en un monceau de pierres calcinées, offrent une longueur de près de deux kilomètres.

« L'établissement des lazaristes est anéanti. Celui des sœurs n'a pas été touché. Les misérables incendiaires se seraient-ils souvenus que les sœurs avaient ouvert dans une partie de leur local un dispensaire où les familles indigènes pauvres venaient chaque matin recevoir, non seulement des médicaments, mais encore des vivres, des vêtements, des secours?

« Les maisons que les bandes d'Arabi n'ont pas eu le temps de détruire par le feu ont été pillées et saccagées de fond en comble. Deux jours après le débarquement des Anglais à la Marine, les incendiaires n'en continuaient pas moins leur œuvre de destruction à l'autre extrémité de la ville. Mais ils n'ont pas eu le temps de l'achever dans les faubourgs européens. »

Nous ne donnerons pas au récit de l'incendie d'Alexandrie un développement plus considérable, et nous pensons que le petit nombre de faits scrupuleusement exacts qu'on vient de lire, suffira pour donner une idée précise de ce regrettable événement.

En terminant, nous ferons remarquer que la ruine d'Alexandrie a une portée d'autant plus grande qu'elle sera très probablement définitive et que l'antique cité du roi de Macédoine ne se relèvera jamais de sa chute. Grâce au percement du canal de Suez, grâce aussi à sa position naturelle, Port-Saïd est appelé à supplanter Alexandrie, et à devenir pour ainsi dire le centre de gravité du pays égyptien.

XXXVII

LES INCENDIES SOUTERRAINS

Le feu n'est pas le moindre des ennemis que le houilleur ait à combattre, et les coups de mine, les explosions du grisou, l'inflammation des houillères inquiètent presque continuellement cet intrépide champion de la vie souterraine.

Chaque fois que les houilles menues laissées dans une mine viennent à se décomposer[1], il se produit un dégagement de gaz délétères et de chaleur, qui détermine l'inflammation du charbon : l'embrasement gagne peu à peu, et *l'incendie souterrain* prend d'effrayantes proportions, si l'on ne parvient à l'éteindre dès sa naissance.

M. Simonin a décrit d'une manière très précise les différents moyens que l'on emploie pour s'opposer à la propagation du feu dans les couches en combustion.

Le procédé le plus simple consiste à élever un *corrois* ou barrage en argile, afin d'intercepter l'air; mais ce travail est extrêmement dangereux, car les mi-

1. A proprement parler, ce n'est pas la houille elle-même qui se décompose : ce sont les sels qu'elle contient qui subissent une réaction.

neurs, qui ont à supporter une température de 50 à 60 degrés centigrades, courent le risque d'être asphyxiés.

On peut aussi faire usage de l'appareil appelé *extinc-teur*, sorte de vase rempli d'eau chargée d'acide carbonique et de borate de soude. La partie incandescente se trouve entourée d'une atmosphère privée de son élément comburant, grâce à l'acide carbonique. De plus, lorsqu'on dirige un jet de cette solution saturée de borate de soude sur le foyer d'incendie, l'eau s'évapore et laisse comme résidu une couche protectrice de borate de soude, qui préserve la houille de toute nouvelle combustion.

Lorsque ces moyens ne sont pas suffisants, on est réduit à inonder les travaux, comme cela a eu lieu à Charleroi en 1851. Mais c'est là un système qu'on met rarement en pratique, parce que, si les travaux sont déjà profonds et considérables, on s'expose à supprimer pour un temps plus ou moins long toute opération commerciale. D'autre part, lorsque la houille inondée commence à perdre l'humidité qu'elle avait absorbée, elle rentre dans les conditions qui avaient déterminé primitivement la combustion, et par conséquent l'inondation n'a produit aucun résultat.

Aussi bien, on a rarement recours à ces mesures radicales, et on laisse l'incendie se continuer jusqu'au bout; on se contente seulement d'élever contre lui des barrages. Cela explique comment quelques incendies souterrains sont en activité depuis des siècles. « Au Brûlé, près de Saint-Étienne, il y a une houillère qui est en feu de temps immémorial. Le sol à la surface est stérile, calciné; la fleur de soufre, des produits de nature diverse, de l'alun, du sel ammoniac s'y déposent : on dirait un

Fig. 13. — Emploi de l'extincteur dans les houillères.

coin des villes maudites consumées jadis par les feux de la terre et du ciel[1]. »

La combustion des houilles est généralement lente, parce que l'air pénètre assez difficilement dans les dépôts; mais s'il se fait des fissures dans le terrain, si la communication est établie entre l'air extérieur et la couche embrasée, il se produit une inflammation très violente, et la combustion dégage alors une chaleur assez vive pour calciner les matières environnantes; elle fait passer au rouge la couleur du grès; elle réduit les schistes en *tripoli* ou en matières vitrifiées (*porcellanites*), parfois même en matières scoriacées. Souvent aussi, il se forme des matières alunifères, et çà et là, il se dégage des fissures du sel ammoniac qui se dépose sur le sol en efflorescences blanchâtres. Ces dépôts sont quelquefois assez considérables pour mériter d'être exploités[2].

Il arrive aussi que la température de la couche en combustion est assez élevée et assez durable pour transformer en coke la houille des couches contiguës, si toutefois celles-ci ne sont pas en communication avec l'air. Dans quelques cas, la houille est transformée, non plus en coke, mais en graphite.

Comment la houille peut-elle ainsi s'enflammer? Ce phénomène s'explique aisément si l'on considère que la houille contient disséminés dans sa masse des pyrites ou sulfures de fer. Au contact de l'eau ou de l'humidité, ces sulfures tendent à se transformer en sulfates de fer, et dégagent une quantité de chaleur assez considérable pour enflammer la houille, laquelle joue dans cette

1. Simonin, *La vie souterraine*, p. 165.
2. Voir Beudant, *Minéralogie*, p. 219.

réaction chimique le rôle de corps poreux. Or, tous les corps poreux ont la propriété de favoriser les réactions chimiques des gaz condensés dans leurs pores.

Les incendies souterrains n'ont pas d'effets violents et ne sont pas accompagnés de fortes explosions, mais la perte du charbon consumé est souvent considérable. Plus les puits ouverts sur la direction des veines sont nombreux, plus l'incendie est prompt à éclater, car les eaux de pluie tombant dans ces puits rencontrent des pyrites : de là un embrasement de la houille.

Parmi les plus importants de ces feux de houillères, il faut citer ceux des bassins de Decize, de Commentry et de l'Aveyron, en France, de Falizolles en Belgique, et de quelques couches de houille en Angleterre.

La houille que l'on extrait dans le bassin de Decize (Nièvre) appartient à la qualité des houilles flambantes à longue flamme. Elle est pyriteuse, s'effleurit aisément, et par suite les menus s'échauffent fréquemment de manière à prendre feu. A plusieurs reprises, on a combattu des incendies causés par cette propriété inflammable des houilles de Decize. — Dans la couche de la *Haute-Meule*, un incendie éclata à la fin du dix-huitième siècle, dans une des galeries, par suite de l'imprudence de deux ouvriers, qui s'endormirent sur la paille sans avoir soufflé leurs lumières : le feu se communiqua de la paille à des planches sèches, les galeries se remplirent de fumée et les deux houilleurs furent asphyxiés. Pour se garantir de la fumée et du feu, on éleva des barrages dans toutes les parties qui aboutissaient à l'atelier où l'incendie avait éclaté. Malheureusement, les piliers s'étant fendillés, la fumée se répandit dans les travaux et

les ouvriers qui travaillaient dans le puits ne purent se sauver et périrent : il fut impossible de retirer leurs cadavres.

En 1810, un accident du même genre arriva dans la couche du *Moulin-à-Vent*. M. Berthier, ingénieur des mines du département de la Nièvre, donna l'ordre de boucher hermétiquement le puits, espérant que le feu s'éteindrait de lui-même. Deux mois après, il fit déboucher le puits, mais la fumée sortit avec une violence telle, qu'on fut obligé d'abandonner définitivement les travaux[1].

La découverte de la houille dans la concession de Commentry remonte à la fin du seizième siècle. Les extracteurs enlevaient la houille par travaux souterrains, en exploitant successivement les étages : à mesure que les mineurs descendaient, ils laissaient bien dans chaque étage une série de piliers pour soutenir les plafonds, mais ils ne remblayaient jamais. A la longue, les piliers diminuèrent de volume sous l'influence de l'air humide et de la pression des plafonds : il se produisit des éboulements qui furent suivis d'incendies, et malgré toutes les précautions prises, on n'a pu encore parvenir à arrêter les ravages du feu. On n'a pas voulu employer le système de l'inondation, à cause de l'importance des travaux; on s'est contenté de construire des barrages en grès non schisteux, par conséquent aussi réfractaire que possible, et d'exploiter les sels qui se dégagent de la houille et se déposent à la surface du sol en efflorescences blanchâtres[2].

1. Voir *Mémoire sur la description du bassin houiller de Decize* (Nièvre), par M. Boulanger. Paris, in-4.

2. Turbert, *Mémoire sur l'exploitation de la houille dans le bassin de Commentry*. Paris, 1853, in-8.

Dans le département de l'Aveyron, les gisements du terrain houiller sont au nombre de deux principaux : 1° le bassin d'Aubin; 2° les bassins des bords du Lot et de l'Aveyron. Les matières pyriteuses qui se trouvent en abondance dans la houille de ces bassins lui donnent des propriétés pyrophoriques considérables, et les incendies souterrains y sont fréquents. A Monteils, à Fontaynes, à la Buègne et à Lassalle, l'embrasement est déjà fort ancien et porte presque jusqu'à la surface du sol la lueur de ses flammes.

La partie supérieure des collines incendiées est en général affaissée, déchirée dans tous les sens, et les fissures, souvent larges et profondes, laissent échapper des vapeurs acides brûlantes ou même enflammées, dont l'action sur les roches voisines donne naissance à des produits variés.

« Ces vapeurs se dégagent ordinairement sous forme de fumée très délétère, et répandent une forte odeur d'acide sulfureux; leur composition doit être très compliquée, à en juger par la multiplicité des agents chimiques qui se trouvent en présence, et par les variations du degré de température auquel ces agents sont soumis, selon la distance plus ou moins grande qui les sépare du foyer de l'incendie. Les éléments dominants paraissent être les vapeurs aqueuses, bitumineuses et sulfureuses, mais on doit s'attendre à y trouver tous les produits volatils que fournit la distillation de la houille, sèche ou humide, avec ou sans le contact de l'air, comme l'azote, l'hydrogène carboné, le gaz oléfiant, l'hydrogène sulfuré, l'oxyde de carbone, les vapeurs huileuses, l'ammoniaque, etc. Quant aux produits solides de ces incendies souterrains, ils sont également fort nombreux et consistent principa-

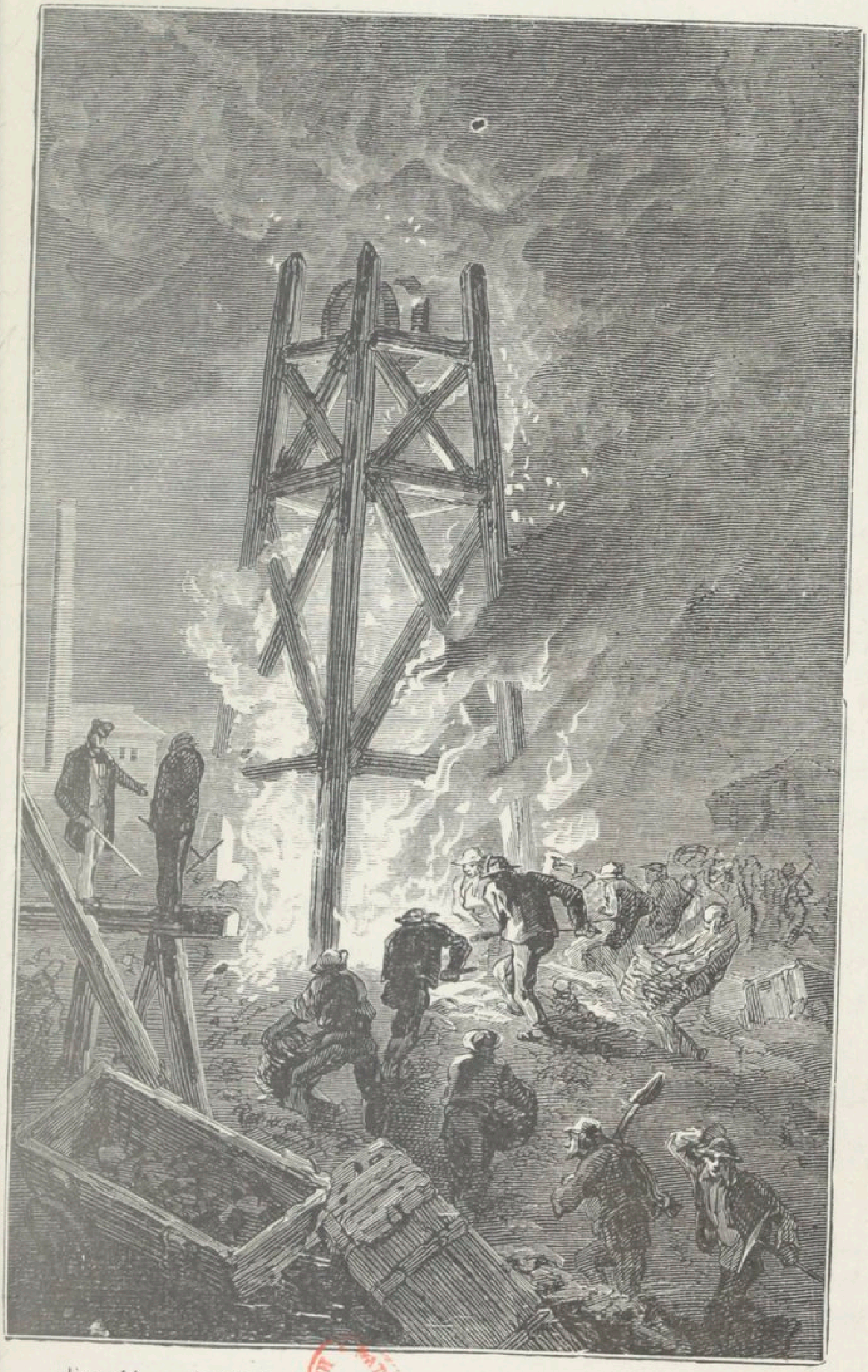


Fig 14. — Incendie de la Houillere d Astley, près Manchester

lement en coke, dont on trouve de très beaux échantillons extrêmement poreux et légers, en oxydule et peroxyde de fer, en fer phosphaté, en fer métallique, en grès et schiste torréfiés, en scories, porcellanites, émaux, en efflorescences mousseuses et aciculaires de soufre, de sulfates d'alumime, de magnésie, de fer, etc., et en masses terreuses boursouflées, blanches, jaunes ou rougeâtres des mêmes matières[1]. »

A Falizolles, entre Namur et Charleroi, un incendie souterrain brûle depuis des siècles. Avant la concession de cette région du terrain houiller, les habitants l'exploitaient pour leur compte personnel, ce qui occasionnait des rixes parfois sanglantes, même dans les galeries. « Un des moyens le plus volontiers employés pour tenir éloignés les concurrents était de projeter de vieux cuirs sur un ardent brasier : cela dégageait une insupportable odeur. Un jour, l'incendie se communiqua à la houille, et depuis lors il n'a pas cessé de brûler[2]. » On aperçoit le feu à travers les fissures, d'où se dégage de l'acide sulfureux.

En Angleterre, il y a des feux souterrains à Astley, à Dudley, etc. A Dudley, il existait jadis un incendie qui échauffait assez la surface du sol pour fondre la neige à mesure qu'elle touchait la terre. Dans le Staffordshire, à Burning-Hill (colline brûlée), un phénomène semblable se produisit : les habitants cultivaient sur la colline des

1. Boisse, *Esquisse géologique du département de l'Aveyron* (Paris, 1870, in-8). Les observations qu'on a lues et qui se rapportent principalement au bassin d'Aubin sont vraies, en général, pour les bassins des bords du Lot et de l'Aveyron.

2. Simonin, *op. cit.*, p. 169.

plantes tropicales, faisaient plusieurs récoltes par an; ils organisèrent en plein air une école d'horticulture. L'incendie s'éteignit tout à coup, les plantes tropicales s'étiolèrent, et il fallut revenir à la culture ordinaire.

Au nombre des incendies souterrains, il convient de ranger ceux qui se produisent au cours de l'exploitation des sources de pétrole[1]. Une simple étincelle, une allumette tombée par hasard, suffisent pour déterminer ces terribles catastrophes. « Tout d'abord, une effroyable détonation retentit... Une lueur prodigieuse éclaire l'horizon ... Le feu prend instantanément à tous les coins du derrick[2], et, comme les ondes impétueuses d'un fleuve

1. On sait que le pétrole, liquide huileux, noirâtre, brûlant comme la houille, se rencontre dans les terrains compris entre le bas Silurien et la période tertiaire. (Cf. Tissandier, *La Houille*, dans la *Bibliothèque des Merveilles*.)

2. « On appelle de ce nom une construction grossière de charpentes, que l'on élève à l'endroit où l'on suppose un forage fructueux. C'est un échafaudage en pyramide, haut d'une quinzaine de mètres, ayant à peu près trois mètres carrés à sa base, un mètre vingt centimètres à son sommet, et ressemblant beaucoup, en réalité, aux échafaudages servant à bâtir les hautes cheminées des fabriques ou à la carcasse de bois d'un petit clocher de village. Au sommet du derrick est une poulie munie d'une corde, au bout de laquelle est fixée la lourde sonde d'acier servant à forer un trou de quinze centimètres de diamètre, pénétrant à la hauteur voulue, pour atteindre l'huile, c'est-à-dire généralement à 150 ou 180 mètres. A quelques pas du derrick est une baraque qui renferme une machine à vapeur de la force de huit à dix chevaux, et qui, au moyen d'une courroie, met en mouvement une grande roue de bois placée sous le derrick, laquelle à son tour fait mouvoir une solide charpente de cinq mètres de long, suspendue comme un fléau de balance. Ce levier mobile élève et abaisse alternativement la corde à laquelle sont fixés les outils de forage. Quand on arrive à la nappe d'huile, si le précieux liquide ne jaillit pas, c'est encore ce mouvement qui sert à le pomper. » (Voir *Voyage au pays du pétrole*, par Alexis Clerc, in-12, 1882, p. 181 et 182.)

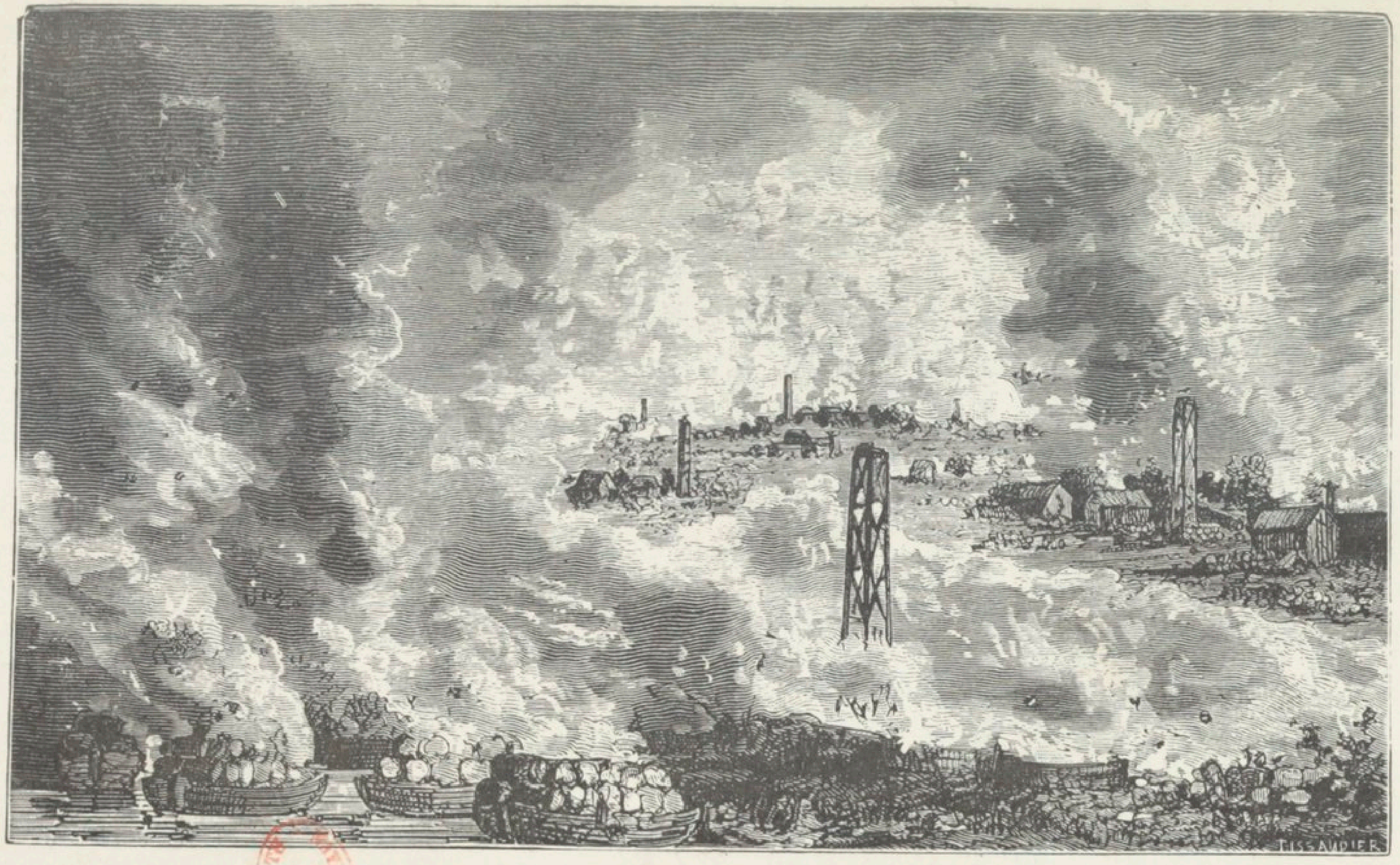


Fig. 15. — Incendie de pétrole en Pennsylvanie (1861).

débordé, de toutes parts la flamme gagne, irrésistible, tous ces matériaux imbibés d'huile de pétrole, secs, gras, parfaits pour l'incendie[1]. »

En 1861, à Idione (Pennsylvanie), un jet d'huile s'enflamma au contact d'un feu qui brûlait non loin du derrick : le liquide, s'élançant en gerbes de flamme, précipitait dans l'espace des cadavres mutilés, ou, s'écoulant en ruisseaux ardents, dévorait tout sur son passage.

Il est presque impossible d'éteindre complètement les incendies de ce genre ; on ne peut qu'atténuer leurs effets. On a sous la main des pompes à vapeur, des attelages, des appareils de toute sorte; on cherche à noyer les flammes ou à les étouffer sous des monceaux de sable.

Au bout de quelques jours, on déblaye l'orifice des puits, et l'exploitation recommence.

1. *Voyage au pays du pétrole*, par Alexis Clerc, p. 183.

XXXVIII

LES INCENDIES DANS LES LANDES

Le vaste plateau triangulaire que limitent l'Océan, l'Adour, la Midouze, la Douze, l'Estampon, le Ciron et la Garonne, et qui appartient à la fois aux départements des Landes, du Lot-et-Garonne et de la Gironde, a été jadis recouvert par les eaux de l'Atlantique. Aujourd'hui les plaines de sable des Landes reposent sur une couche de tuf connu dans le pays sous le nom d'*alios*, et composé de sables agglutinés par un ciment formé de matières organiques.

« Cette couche imperméable retarde ou empêche l'écoulement des eaux, déjà retenues par la faible pente du sol, et transforme, en hiver, les parties basses du plateau en lagunes, en marais et en prairies mouillées semblables aux *bogs* d'Irlande ; on n'y avance qu'en sautant de l'un à l'autre les petits monticules élevés de quelques centimètres seulement au-dessus des flaques d'eau et formés de touffes d'herbes et de bruyères naines. Ainsi l'alios, en automne, en hiver, au printemps, fait des Landes une espèce de prairie tremblante, où se noient les récoltes, et d'où se dégagent, pendant l'été, des miasmes

paludéens. Alors les sables s'échauffent; ils volent en l'air au moindre souffle, et la lande rase[1] devient un Sahara torride.[2] » Pour peu que les chaleurs de l'été soient plus vives que de coutume, il se produit dans ces plaines des incendies fréquents. Il suffit d'une étincelle: le feu couve, s'élargit brusquement et éclate. Dès qu'il est aperçu par quelque fermier, la générale bat et donne l'alarme; on accourt de tous côtés; on se met à l'œuvre pour arrêter le fléau qui s'avance terrible, et parfois sur plusieurs kilomètres d'étendue; à Damazan, à Castillonet. dans les landes d'Houillies et de Lugatet, l'incendie a pris souvent des proportions incroyables, dévorant sans pitié fermes, métairies, récoltes, broussailles. Le seul moyen de vaincre ce redoutable ennemi consiste à le circonscrire en creusant des tranchées larges et profondes.

Parfois aussi, le feu se déclare dans des landes plantées de pins ou de chênes-liège. La résine produit en se consumant une chaleur si vive qu'à cinquante mètres de distance il est impossible d'approcher : le soleil, le feu, la fumée font reculer les plus hardis. Mais là, on n'emploie plus le système des tranchées, on se sert de l'opération du *contre-feu;* en d'autres termes, on brûle volontairement les pins qui s'élèvent du côté opposé à celui où s'est déclaré l'incendie : les deux feux, conduits rapidement l'un sur l'autre, s'anéantissent en se choquant[3].

1. Plaine nue, sans pins ni chênes-liège.

2. Joanne, *Géographie des Landes*, p. 6.

3. Au moment où les deux feux se rencontrent, l'incendie est tellement violent que les pommes de pin sont souvent projetées à des distances considérables.

Rien n'est plus triste qu'une forêt de pins ainsi ravagée : la propagation des flammes est en général tellement rapide que le principe de vie seul disparaît; l'arbre lui-même reste debout, dépouillé de ses feuilles longues et pointues.

XXXIX

LES INCENDIES DE FORÊTS

Il existe peu de spectacles aussi grandioses qu'un incendie de forêt, dans un pays où la végétation est luxuriante, et lorsque les proportions de cet incendie sont considérables.

Transportez-vous par la pensée à cent mètres au-dessus du sol, et considérez cette lueur rougeâtre qui va en s'agrandissant à travers l'immense plaine couverte d'arbres, dont votre regard embrasse l'étendue. Depuis quelque temps, il règne sur la terre une insupportable sécheresse; il a fait, tout le jour, une chaleur insolite, et la fermentation des herbes sèches et des feuilles mortes qui jonchent le sol s'est développée peu à peu et a fini par déterminer un incendie. Le fléau s'est propagé avec la promptitude de l'éclair, et la lueur, d'abord, presque imperceptible, est devenue la mer de feu dont la vue horrible et majestueuse agit si violemment sur l'imagination. Qui peut nier que le mal ait parfois sa beauté, et que les plus affreuses catastrophes éveillent souvent en nous l'idée du sublime?

Dans quelques endroits cependant, la hauteur des arbres

a été un obstacle aux progrès de l'embrasement. Les herbes sèches et les feuilles mortes ont brûlé rapidement; elles n'ont pas eu le temps d'enflammer la tige, et les branches se sont trouvées trop élevées pour être atteintes. Aussi quelques paysans, placés sous le vent et armés de branches garnies de feuilles vertes qu'ils ont arrachées dans le voisinage, ont frappé et abattu l'herbe embrasée. Cette simple opération a suffi pour les rendre maîtres de la situation. Afin de ne pas être incommodés par l'ardeur des flammes, quelques-uns de ces travailleurs ont revêtu des blouses mouillées et des chapeaux à bords très larges.

Mais partout ailleurs, le feu a pris un développement et une intensité tels qu'il a fallu recourir à des moyens plus énergiques : il a été nécessaire de creuser une tranchée et de rejeter la terre du côté du foyer; de cette manière, les buissons, les feuilles et les herbes ont été recouverts. Ou bien, on a abattu les arbres et on les a jetés du côté opposé au feu, de façon à déboiser une certaine étendue de terrain et à priver les flammes de tout aliment nouveau. C'est le même procédé que l'on emploie lorsqu'on fait sauter des maisons pour isoler le foyer d'incendie et empêcher le feu de se propager dans un quartier ou dans une ville.

On trouve dans certaines relations de voyages le récit d'incendies de forêts plus ou moins remarquables.

M. Frédéric Whymper fut témoin d'un accident de ce genre en 1864, pendant qu'il visitait la Colombie anglaise. Les épaisses forêts de cette partie de l'Amérique septentrionale présentent un aspect particulier : ici, la végétation étonne par son abondance; là, règne une désolation ab-

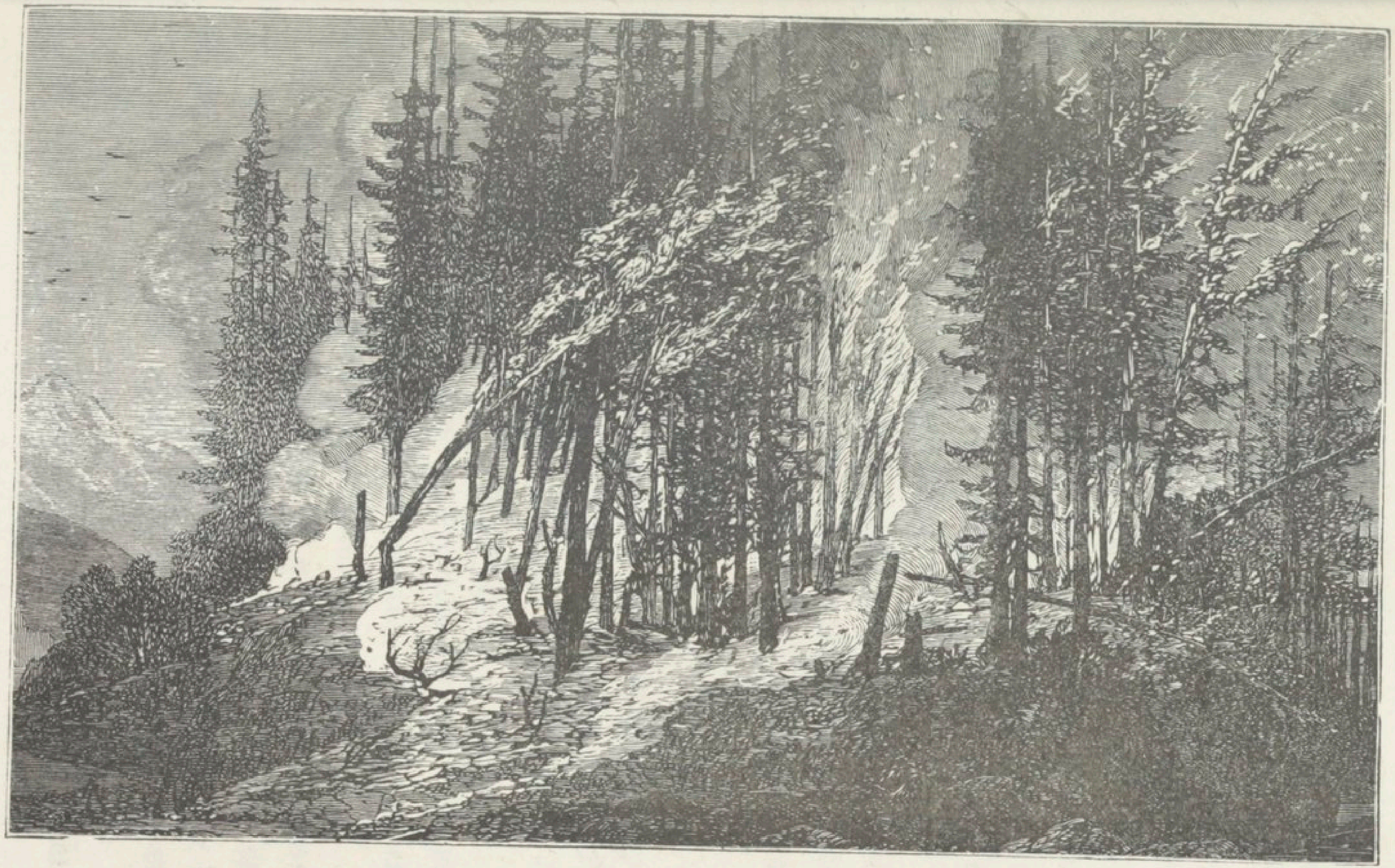


Fig. 16. — Un incendie de forêt dans la Colombie anglaise (1864)

solue. Des troncs brisés, vermoulus, des arbres déracinés par la tempête, des amas de mousse, de verdure, de broussailles, de feuilles mortes, des débris de toute espèce encombrent le sol et le rendent souvent impraticable. A côté s'élèvent des cèdres, des sapins, des pins Douglas d'un diamètre et d'une hauteur véritablement gigantesques. — Aux premiers jours du mois de mai 1864, M. Whymper, naviguant dans le canal de Dodd sur un simple *Kanim* (canot fragile en bois de cèdre), fit une halte pour prendre le thé, et campa avec le petit gro pe de ses compagnons au pied d'une île rocheuse. Tout à coup quelques étincelles, jaillissant du feu du campement, allumèrent de la mousse sèche qui à son tour embrasa des broussailles : en un clin d'œil la forêt qui couronnait l'île fut en flammes.

« Nous avions repris la mer, dit M. Whymper, et poussés par un vent favorable, nous nous éloignions rapidement de l'île; pendant plusieurs heures, nous vîmes des gerbes brillantes s'élancer vers le ciel, puis un nuage de fumée ferma l'horizon du côté du rivage. »

Ces incendies, qui durent quelquefois deux ou trois semaines, forment un magnifique spectacle, mais souvent ils ont ruiné des colonies naissantes[1].

En Algérie, la propriété boisée, que l'on peut évaluer à deux millions d'hectares et qui consiste principalement en forêts de chênes-liège, est fréquemment ravagée par le feu : de 1860 à 1881, quatre cent mille hectares ont été brûlés.

On croit que ces incendies, si préjudiciables aux colons

1. V. le *Tour du Monde*, livraison du 10 octobre 1869.

agriculteurs, ont le plus souvent pour cause la malveillance des Arabes; ce qui le prouverait, c'est qu'en général ils sont allumés le même jour, à la même heure, sur toute une portion de territoire. Pendant la deuxième quinzaine d'août 1881, le feu détruisit la presque totalité des forêts du département de Constantine, et sur vingt-deux incendies, dont on a pu connaître la cause, dix-huit doivent être attribués aux Arabes, pour lesquels ces actes barbares sont pour ainsi dire une forme d'insurrection. Ces incendies avaient pris naissance sur trois points principaux : 1° le territoire des Ouled-el-Hadj (cantonnement de Collo); 2° le territoire des Beni-Touffout (cantonnement de Djidjelli); 3° le territoire des Aït-Anan (cantonnement de Bougie). Il y avait autour de Philippeville un véritable cercle de feu, qui heureusement « ne dévorait que des broussailles non comprises dans le sol forestier[1]. »

A la suite de cette dernière calamité, le Gouvernement général prit des mesures de préservation : mais que peuvent des décrets contre le fanatisme?

1. Émile Martin, *Exposé de la situation générale de l'Algérie* (Alger, 1881), p. 22.

XL

LES INCENDIES DE CAMPOS, AU BRÉSIL

La répartition des pluies et l'humidité relative qui en résulte fait qu'il y a au Brésil deux climats : celui de l'intérieur, où règne une longue saison de sécheresse, et celui des côtes, où les eaux pluviales sont très fréquentes. Il résulte de cet état de choses que la flore est, sur les côtes, remarquable par un grand développement de la végétation forestière, tandis qu'au centre du pays on ne trouve que de vastes pâturages où poussent çà et là quelques rares bouquets d'arbustes : les Brésiliens donnent à ces pâturages le nom de Campos[1].

A part quelques provinces, tout le système de l'agriculture brésilienne est fondé sur la destruction des forêts, et où il n'y a point de bois, il n'y a point de culture. Les paysans choisissent un terrain, puis au lieu de le défricher, ils coupent à hauteur d'appui les arbres qui le couvrent. Ils laissent passer la saison des pluies pour donner aux branchages le temps de sécher, puis ils y mettent le feu, car ils emploient comme engrais les cendres

1. Em. Liais, *Climats, géologie, faune du Brésil* (Paris, 1872, gr. in-8), p. 598 et 599.

des végétaux. Le terrain ensemencé offre alors un étrange aspect : la terre est couverte de cendres, de charbon, de branches à demi consumées, d'où sortent des troncs noircis et dépouillés de leur écorce.

Quand on a fait deux récoltes dans une terre jadis couverte de bois vierge, on la laisse reposer; on fait croître pendant plusieurs années des arbres qu'on coupe ensuite à hauteur d'appui et qu'on brûle comme les premiers; puis, on plante dans leurs cendres. On recommence la même opération jusqu'à ce que le sol soit épuisé, et à la fin, où s'élevaient des arbres gigantesques entrelacés de lianes, on ne découvre plus que des campagnes immenses et nues, des plaines accidentées parfois de quelques touffes d'arbustes, en un mot des campos artificiels[1].

Quant aux campos naturels, ils se trouvent dans la région qu'arrose le Rio-Parahiba, l'ancienne patrie des Goaitakazes.

Ce n'est pas seulement au Brésil que ce système de destruction, lequel tend de plus en plus à disparaître, a été mis en pratique. Il y a vingt-cinq ans environ, les colons de la Havane anéantissaient encore une grande partie des forêts pour établir à leur place des sucreries qu'ils cultivaient pendant quelque temps. Dès que la couche végétale du terrain commençait à se fatiguer, ils abattaient d'autres forêts et transportaient le matériel de la sucrerie sur le sol nouvellement défriché.

M. Biard, qui visita le Brésil en 1858-1859, a raconté de la manière suivante l'incendie d'une forêt vierge, volontairement allumé par les indigènes.

1. Voir *Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, tome XIV, p. 85-93.

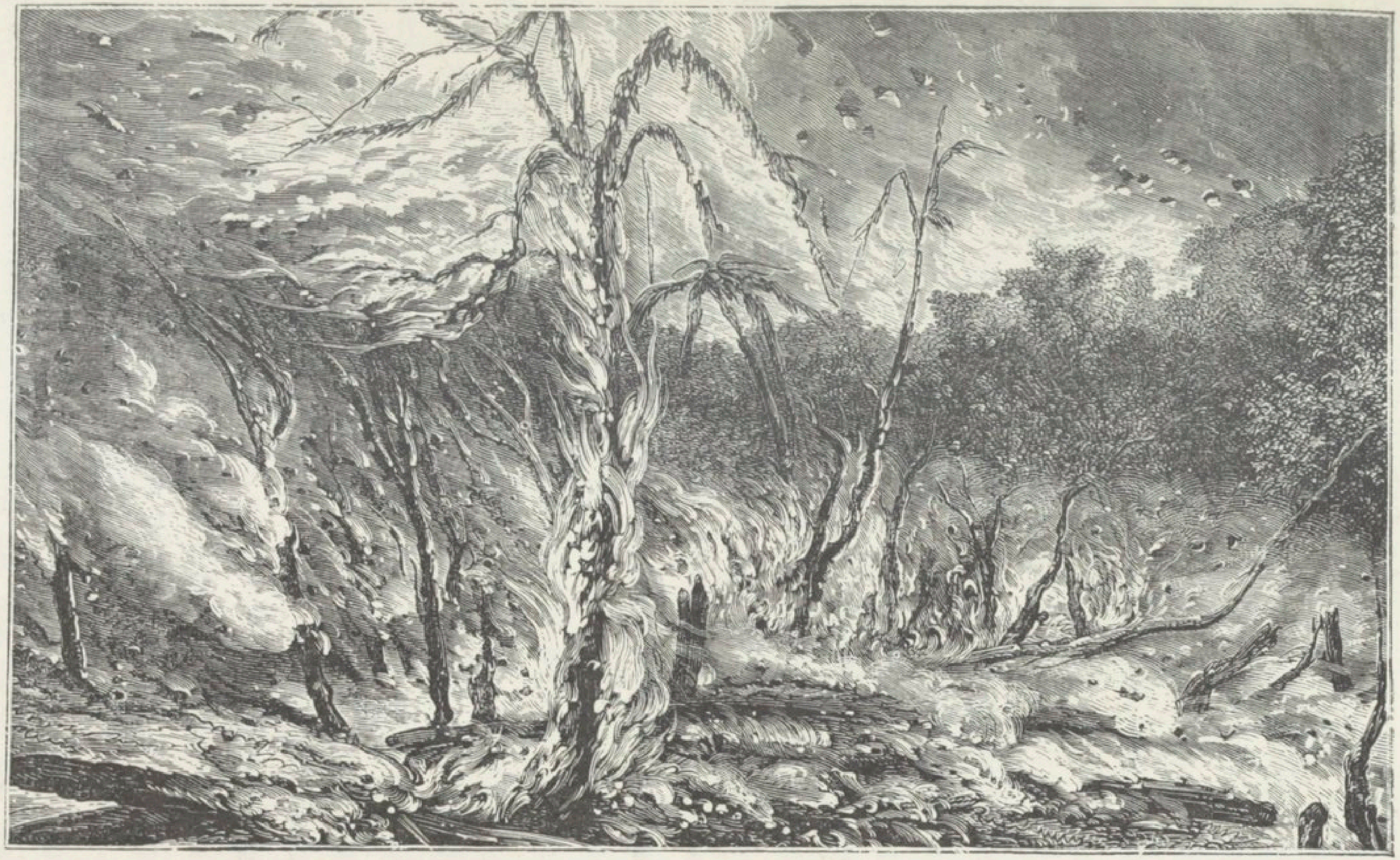


Fig. 17. — Incendie d'une forêt vierge au Brésil (1853)

« On avait abattu, dit-il, une grande partie de bois : le moment vint d'achever avec le feu ce qu'avait commencé la hache. Pour cette opération on avait choisi une journée très chaude et où soufflait un certain vent de l'est, je crois. A l'heure convenue, tous les domestiques de la case et d'autres attirés par la cachasse que l'on distribue généralement à cette occasion, s'assemblèrent, armés de torches. Je cherchai une place favorable, et je me mis en mesure de peindre. Des amas de vieux troncs d'arbres, de branches, de feuilles, desséchés par le soleil pendant six mois, s'enflammèrent de tous côtés. Les torches excitaient l'incendie dans les endroits où il n'était pas assez rapide. Ces hommes, rouges et noirs, s'agitant, courant à travers la fumée, donnaient une idée du sabbat : le feu montait en serpentant jusqu'aux cimes des arbres que n'avait point frappés la hache, et ces arbres, ainsi flamboyants, ressemblaient à des torches gigantesques. Je ne savais par où commencer, tant s'élançaient, se mêlaient et se succédaient avec impétuosité les tourbillons de fumée et de flammes... Il y eut un instant où le vent venant à changer subitement de direction, je fus enveloppé d'étincelles brûlantes. J'eus à peine le temps de me sauver avec ma boîte de couleurs et mon papier, mais en abandonnant mon chapeau et mon siège de campagne... Je revins plus tard, et, cette fois, assis commodément sur une pointe de rocher, je contemplai sans péril un admirable spectacle. Plusieurs arbres étaient encore debout, n'attendant que le moindre souffle de vent pour s'écrouler : le feu rongeait leur base. Je fermais à moitié les yeux en suivant les progrès lents du feu, et je ne les ouvrais tout à fait que lorsque l'arbre perdait son point

d'appui. Alors d'immenses nuages de cendres s'élevaient, le bruit de la chute se répétait au loin, et des cris perçants y répondaient; c'étaient ceux des chats sauvages et des singes fuyant ces lieux autrefois leur domaine[1]. »

Un autre voyageur, M. Möllhausen, a donné, dans son *Voyage du Mississipi aux côtes de l'Océan Pacifique*, le récit d'un incendie de prairie près de la rivière Walnut-Creek. Le 22 août 1854, la caravane dont il faisait partie quittait le fort Arbuckle pour atteindre le Rio Grande.

« Le chemin, surtout en approchant de la rivière Walnut-Creek, se déroulait tantôt à travers des gorges profondes, sillonnées par des ruisseaux alors desséchés, sur le bord desquels croissaient des saules et des chênes rabougris, tantôt par-dessus des collines couvertes d'un fort gazon.

« C'est dans ce gazon que les voyageurs virent tout à coup surgir des nuages de fumée, chassés par le vent d'ouest au-dessus de leurs têtes. La prairie était en flammes, sans aucun doute; on se mit en sûreté avec les bagages et les bêtes de somme au fond d'un ravin dépouillé de toute espèce de végétation, et chacun contempla avec saisissement l'incendie promenant de tous côtés ses fureurs.

« Ces incendies sont quelquefois occasionnés par le hasard ou par la négligence des voyageurs et des chasseurs; mais, d'ordinaire, c'est à dessein que les habitants des prairies mettent le feu à de grands espaces, afin d'obtenir un gazon plus jeune et plus vigoureux. Au bout de quelques jours, on voit déjà poindre une herbe tendre

1. V. Le *Tour du Monde*, 1861, p. 37.

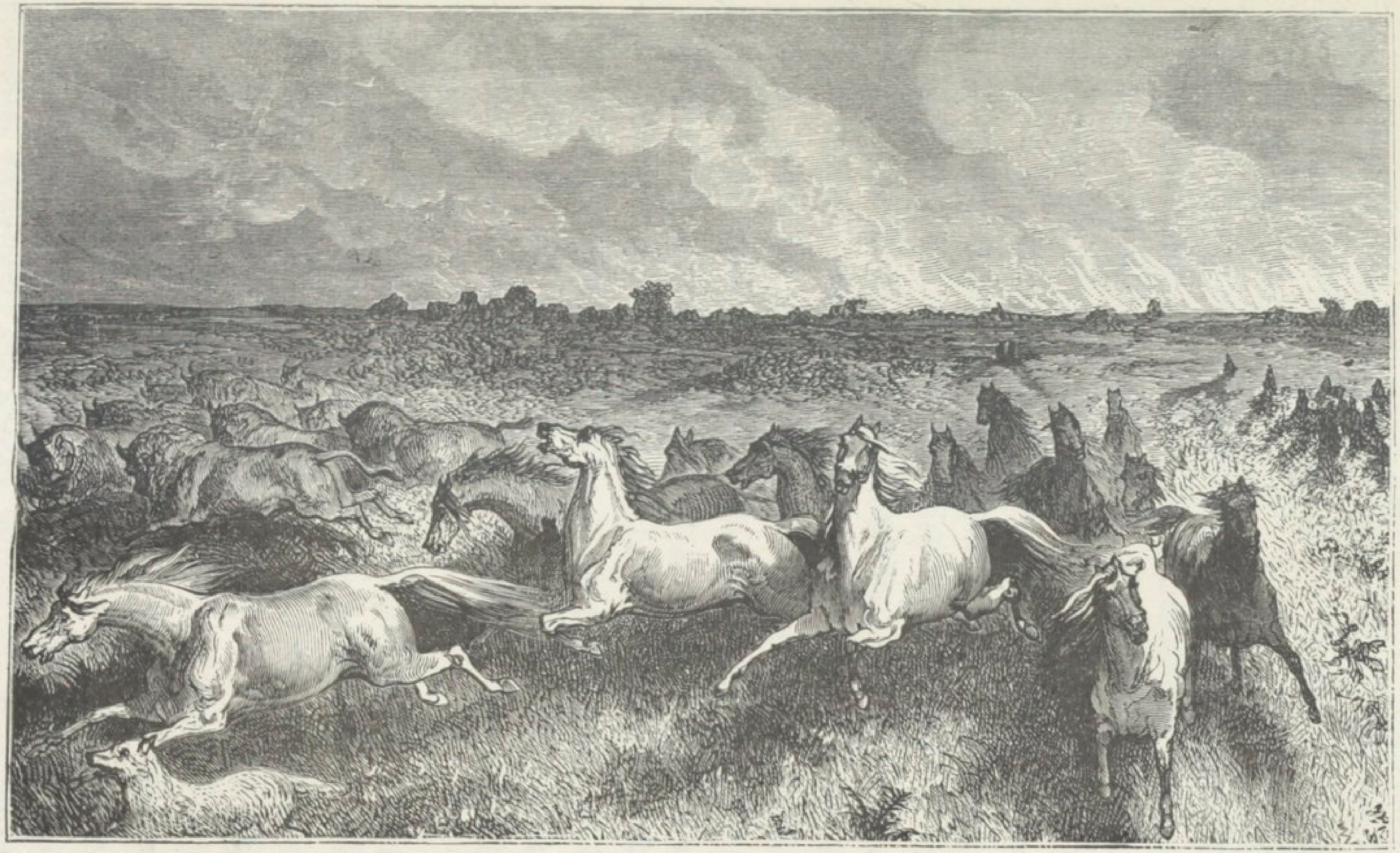


Fig. 18. — Incendie de prairie (p. 220).

dont la verdure cache les endroits noircis et calcinés par le feu, et quand ce gazon a poussé, les Indiens s'y rendent avec leurs troupeaux après avoir mis le feu dans d'autres directions.

« Par malheur, ces incendies prémédités tournent souvent au détriment des Indiens et détruisent le bétail et le gibier ; car, si l'homme peut à son gré enflammer cet océan de gazon, il est hors de la puissance humaine de diriger le feu, surtout quand un orage s'élève et chasse les flammes sur des espaces immenses.

« La nuit tombante nous fit assister à un spectacle sublime que ni la plume ni le pinceau ne peuvent rendre. Le ciel sombre paraissait encore plus noir à côté de l'éclat des flammes, qui coloraient d'une teinte rougeâtre les nuages de fumée s'élevant de toutes parts ; mais cette couleur changeait continuellement, selon l'ardeur du vent ou l'abondance de la végétation. Un bruit effroyable accompagnait l'incendie : ce n'était ni le tonnerre, ni le sifflement du vent, c'était un bruit sourd, pareil à celui qui résonne quand des milliers de buffles ébranlent la terre en fuyant.

« L'Indien expérimenté regarde tranquillement la fumée qui tourbillonne et passe au-dessus de sa tête, présage d'un incendie imminent. De la place qu'il a choisie, place assez grande pour le recevoir et d'où il a pris soin d'écarter toutes les matières inflammables, il met le feu devant lui et en suit attentivement les progrès. Malheur à celui qu'un de ces incendies surprend à l'improviste ! En vain il compte sur la rapidité de son cheval pour échapper au danger. Les hautes herbes lui fouettent les épaules, les jambes de son cheval s'embarrassent dans

les chaumes et les lianes, et coursier et cavalier périssent victimes de l'impitoyable ennemi. Le Peau-Rouge lui-même, qui plaisante les vaincus à terre, tremble à la pensée du feu, et quand vous lui demandez s'il a peur, le plus fier guerrier secoue la tête et dit à voix basse : « N'éveillez pas la vengeance du grand Esprit, car il est « en possession d'un élément terrible [1]. »

1. *Le Tour du Monde*, T. I, p. 340-341.

DEUXIÈME PARTIE

LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE

I

L'ORGANISATION DES SECOURS CONTRE L'INCENDIE

L'organisation des secours contre les incendies n'est pas une institution nouvelle. A Rome, la création d'un service destiné à prévenir les effets du feu date vraisemblablement du quatrième siècle, après l'incendie partiel de Rome par les Gaulois. Ce furent d'abord les édiles proprement dits qui prirent ou ordonnèrent toutes les mesures capables de préserver la ville; mais l'immensité de Rome, et l'étendue des fonctions des édiles nécessitèrent la création de magistrats inférieurs, appelés *Triumviri nocturni*, puis *Decemviri nocturni*, suivant leur nombre. Ceux-ci commandaient à des postes d'esclaves publics et de gardes de nuit salariés; ils avaient le droit de faire des réquisitions, en cas d'urgence, parmi les serviteurs du domaine public.

Auguste organisa le premier un corps de veilleurs régulièrement constitué : il donna aux édiles curules le commandement de 600 esclaves qui faisaient des rondes pendant toute la nuit et combattaient les incendies. Plus tard, il mit ces esclaves sous les ordres des 14 curateurs des régions, plus nombreux que les édiles curules ; enfin, il remplaça les 600 esclaves par 7 cohortes de soldats affranchis (*libertinus miles*), lesquels formèrent un corps de *vigiles* dirigé par un magistrat spécial. Les fonctions du *præfectus vigilum*[1] consistaient à juger les incendiaires, à réprimander ou à punir les citoyens négligents. Cette institution était fort utile, car malgré la déesse Stata, dont les statues se voyaient dans tous les quartiers parce qu'elle était censée arrêter les ravages du feu, les incendies étaient à Rome extrêmement fréquents.

Les maisons, du moins celles des riches, possédaient un esclave-guetteur, qui sonnait la cloche d'alarme et criait : « A l'eau ! A l'eau ! » dès qu'un incendie se déclarait. Les passants ou la patrouille (s'il en passait une dans le moment) avertissaient la cohorte voisine, qui accourait avec les *siphi* (pistons) publics, avec des échelles, des seaux, des balais de chiffons, des crampons, des haches et du vinaigre. Les jeunes garçons de la plèbe couraient en criant : « *Sparteoli ! Sparteoli !* » sobriquet donné aux *vigiles*, parce que leurs seaux étaient faits de sparte poissé à l'intérieur. Parfois, des usuriers profitaient de la panique pour acheter à vil prix des maisons qui semblaient menacées sans l'être réellement, et les revendaient ensuite à un prix usuraire[2].

1. Appelé dans la suite *nyctostrategus*.
2. Voir *Digeste*, I, 15 ; Tite-Live, IX, 46, et XXXIX, 14 ; Strabon, V,

Les successeurs d'Auguste perfectionnèrent l'organisation des corps de *vigiles* et étendirent cette utile institution aux principales villes de l'empire. A l'occasion de l'incendie de Nicomédie, Pline indiqua à Trajan un moyen à employer pour éviter le retour de semblables catastrophes.

« Pendant que je visitais ma province[1], écrivait Pline, un incendie affreux a consumé à Nicomédie non seulement plusieurs maisons particulières, mais même deux édifices publics, la Maison de ville et le Temple d'Isis, quoique la rue fût entre les deux. Ce qui a porté le feu si loin, c'est la violence du vent et la paresse du peuple, qui certainement dans un si grand désastre est demeuré spectateur oisif et immobile. D'ailleurs il n'y a dans la ville ni pistons publics, ni crocs, enfin nul autre des instruments nécessaires pour éteindre les embrasements. On aura soin qu'il y en ait à l'avenir : j'en ai donné l'ordre. C'est à vous, seigneur, à examiner s'il serait bon d'y établir une communauté de cent cinquante artisans ; j'aurai soin que l'on n'en reçoive point qui ne soit de la qualité nécessaire et que l'on n'abuse point de cette institution, et il ne sera pas, en effet, difficile de contenir un aussi petit nombre[2]. »

« Il vous est venu dans l'esprit, répondit Trajan, qu'on pouvait établir une communauté à Nicomédie, à l'exemple de plusieurs autres villes. Mais n'oublions pas que cette province, et principalement les villes, ont été fort trou-

3, 8; Suétone, *Octav.*, 30; *Frag. Jur. Rom. Vatic.*, 144; Dezobry, *Rome au siècle d'Auguste*; Plaut., *Amp.*, I, 1, 198; Cic.; *Verr.*, II, 4, 43; etc., etc.

1. Pline était préfet de la province de Bithynie (cap. Nicomédie).
2. Pline le Jeune, *Lettres*, X, 42.

blées par ces sortes de communautés. Quelque nom que nous leur donnions, quelque raison que nous ayons de former un corps de plusieurs personnes, il se fera des assemblées, quelque courtes qu'elles soient. Il est donc plus à propos de se munir de tout ce qui est nécessaire pour éteindre le feu, d'avertir les maîtres de maison d'y prendre garde soigneusement, et de se servir des premiers qui se présenteront, quand le besoin le demandera[1]. »

Il exista en effet des communautés[2] en Grèce, en Afrique et à Constantinople, lorsque cette ville fut devenue la capitale de l'empire.

Des inscriptions trouvées dans le palais Barberini, à Rome, démontrent l'existence de *vigiles* à Nîmes, où ces fonctionnaires portaient le nom de *matricarii*. Il est donc logique d'admettre que les principales cités de la Gaule romaine possédaient des corps réguliers de gardes de nuit.

Ce qui pourra surprendre, c'est que cette institution, loin de se perfectionner avec le temps, tomba presque complètement en désuétude dans la Gaule, pendant la première moitié du moyen âge. Pourtant, les incendies étaient fréquents, surtout durant l'époque féodale proprement dite, ce qui s'explique aisément si l'on veut bien se rappeler les guerres incessantes que se faisaient réciproquement les seigneurs. Les ordonnances des rois des deux premières races renferment assez souvent des dispositions concernant les incendiaires[3], mais on ne

1. Pline le Jeune, X, 43. — 2. *Collegium*.

3. Voir *Capitularia regum Francorum*, d'Étienne Baluzius (in-fol. 1780).

voit aucun de ces souverains prendre l'initiative de mesures destinées à prévenir les effets du feu. Il faut néanmoins faire une exception pour Karl le Grand, qui chargea, sous peine d'amende, un certain nombre d'habitants de chaque ville de veiller à la sécurité commune (803).

C'était l'usage, chaque fois qu'un incendie se déclarait, de porter sur le lieu du sinistre le saint-sacrement et de jeter dans les flammes le *corporal*, linge consacré dont on se servait pour placer le calice sur l'autel. Cette coutume se conserva jusqu'au dix-septième siècle, et mademoiselle de Montpensier raconte qu'en 1660, le feu ayant pris au Louvre, « on y porta le Saint-Sacrement de Saint-Germain l'Auxerrois, qui en est la paroisse; dans le moment qu'il arriva, le feu cessa[1]. »

Enfin, au mois de décembre 1254, une ordonnance de Louis IX « autorisa les gens de métier de Paris à faire le guet pour assurer la sécurité de la ville à tous les points de vue, c'est-à-dire aussi bien pour veiller aux incendies que pour empêcher les vols et les attaques nocturnes qui se multipliaient dans une effrayante proportion. Il existait déjà un guet dit royal, mais il n'était composé que de 40 sergents à cheval et autant à pied. C'était ce que l'on appelait les chevaliers du guet. La sûreté publique fut protégée par le fonctionnement simultané de ces deux guets. Plusieurs arrêts successifs énumérèrent les corps de métiers chargés du service et firent impitoyablement justice des prétentions de ceux qui cherchaient à s'y soustraire. Philippe le Bel mit le guet bourgeois sous le contrôle du guet royal ou du sergent du Châtelet. Il fixa à 60 le nombre des sergents à cheval, et à 90

1. *Mémoires*, Collect. Michaud, p 364.

celui des sergents à pied. En même temps, on régla d'une manière très sévère les devoirs de tous. En cas d'incendie, il fut prescrit au guet bourgeois de se joindre au prévôt de Paris, chargé de diriger les secours. La durée de cette corvée pouvait n'être que de deux mois, au bout de laquelle le prévôt avait la faculté, s'il le jugeait à propos, de renouveler ses auxiliaires, dont il lui était ordonné d'inspecter chaque année le personnel. On sait combien, à ces époques toujours agitées par des guerres extérieures ou des discordes civiles, les institutions, même les plus utiles, avaient peine à se conserver, désorganisées par les abus, par les rivalités des autorités et surtout par l'apathie de certains souverains. Le guet subit le sort de toutes les institutions, et le roi Jean, par une ordonnance de 1363, dut le réorganiser sur un pied plus complet, en même temps qu'il détermina largement ses attributions. Le guet ne consista plus uniquement en patrouilles, mais un certain nombre de postes fixes fut affecté au guet assis, qui dut prêter main-forte aux autres. »

Des exemptions illégales ayant été délivrées par les clercs du guet, Charles VII mit fin à cet abus en 1491. Trente-trois ans plus tard (1524), le Parlement rendit un arrêt qui réglait les obligations des *quarteniers*[1]. Ces

1. De nombreux incendies, attribués au connétable de Bourbon, désolèrent la France en 1524. Meaux ayant été détruite et le feu semblant se rapprocher de Paris, le parlement prit des mesures extraordinaires, ordonna qu'on fît des provisions d'eau dans chaque maison, qu'on bouchât les soupiraux des caves et qu'on allumât des lanternes aux fenêtres à partir de neuf heures du soir. Une somme de seize livres parisis fut déposée entre les mains de Jean Croquet, un des échevins, et promise à celui qui découvrirait l'auteur de la conspiration à laquelle on attribuait tous ces incendies simultanés.

quarteniers étaient des fonctionnaires chargés du service des incendies dans les différents quartiers; ils étaient tenus d'avoir toujours chez eux des échelles, des seaux, des crocs, et de veiller à l'entretien et au remplacement de ces divers objets[1]. Différentes ordonnances, entre autres un édit de François Ier en 1539, et un règlement d'Henri II en 1559, apportèrent successivement quelques modifications à l'organisation du guet et des gardes bourgeoises, lesquelles furent licenciées par Charles IX.

A la mort d'Aubray, lieutenant civil du prévôt de Paris, le roi scinda son office et ne voulut pas que la justice et la police fussent désormais placées sous la direction d'un seul magistrat. Par un édit du 15 mars 1667, il supprima l'office de lieutenant civil, tel que l'exerçait d'Aubray, et créa deux charges nouvelles, dont les titulaires furent appelés *Lieutenant civil du prévôt de Paris* et *Lieutenant du prévôt de Paris pour la police*. Ce dernier fut chargé de connaître de tout ce qui regardait la sûreté de la ville, prévôté et vicomté de Paris, et de donner des ordres en cas d'incendie ou d'inondation.

En résumé, l'organisation des secours contre l'incendie se perfectionna peu à peu depuis la seconde moitié du seizième siècle jusqu'en 1699, époque où, comme nous allons le voir, furent établies des pompes portatives. Les

1. Au moyen âge, la propriété était souvent exposée non seulement aux incendies causés par l'imprudence, mais encore à des incendies provoqués par la malveillance. C'est ainsi que sous Charles VI, des brigands soudoyés par les factions ou par les ennemis de l'État et connus sous le nom de *boute-feux* parcouraient les provinces pour incendier les villes opposées au parti ou à l'étranger qui les employait. Lorsque l'adminitration prévoyait quelque machination de ce genre, elle recommandait aux habitants de tenir à leur porte des vases pleins d'eau et à leurs fenêtres des lanternes allumées.

incendiés eux-mêmes furent l'objet de la sollicitude de l'administration : le prévôt et le parlement provoquaient en leur faveur des quêtes dans les paroisses; on les logeait et on les nourrissait; il était sursis au payement de leurs dettes, et lorsque les dégâts étaient considérables, la munificence royale contribuait au soulagement des infortunes particulières[1].

Nous savons, par une ordonnance de police du 7 mars 1670 et par une ordonnance du prévôt des marchands du 31 juillet 1681, que le commissaire de police de chaque quartier « devait requérir l'assistance des maîtres des divers métiers concernant le bâtiment par une sommation expresse. Cette sommation restant presque toujours sans effet, en raison de l'absence habituelle de l'entrepreneur, on avait recours au tocsin, lequel faisait accourir sur le théâtre de l'incendie, indépendamment des maîtres, des masses d'ouvriers, de compagnons et d'apprentis. Des outils propres à éteindre l'incendie étaient déposés dans tous les quartiers de Paris, au domicile des conseillers de ville, des quarteniers, des anciens échevins, des cinquanteniers, des dizainiers et de plusieurs notables bourgeois. L'eau, dont le secours est si nécessaire dans de pareils dangers, était tirée non seulement des fontaines, mais des puits. Les propriétaires des maisons qui renfermaient ces puits étaient tenus, sous peine d'amende, de les tenir garnis de cordes et de poulies, ainsi que d'un ou plusieurs seaux[2]. »

1. Delamare, *Arrêt du* 10 *oct.* 1621, t. IV, p. 161.
2. Frégier, *Histoire de la police de Paris*, t. II, p. 536.

On conçoit aisément tout ce qu'avait de défectueux un pareil mode d'organisation. Ce fut seulement au mois d'octobre 1699 que Louis XIV jeta les bases d'une institution réellement solide, en accordant au sieur François du Mouriez du Perrier, commissaire ordonnateur des guerres, le privilège exclusif de faire et de vendre, pendant une période de trente ans, dans toute l'étendue du royaume, des pompes portatives telles qu'on en voyait fonctionner en Hollande, en Angleterre et en Allemagne. Puis une ordonnance en date du 12 janvier 1705 prescrivit le tirage d'une loterie, dont le produit serait affecté à l'achat de douze pompes à incendie pour la ville de Paris. Ces pompes, déposées dans des couvents, furent commises à la garde des moines qui, en cas d'incendie, traînaient eux-mêmes le matériel sur le lieu du sinistre.

« En 1716, lisons-nous dans le *Moniteur de l'armée*, on comptait vingt pompes, mais déjà en assez mauvais état; une ordonnance royale du 23 février en porta le nombre à trente-six et commit trente-six hommes, exercés à ce service, pour les mettre en activité et diriger les manœuvres, moyennant une allocation annuelle de 6000 livres, applicables aux frais d'entretien et d'exploitation. » Tous les six mois, le public fut averti, par des affiches posées au coin des rues, des endroits où se trouvaient les pompes et de ceux où demeuraient les gardiens.

De ces trente-six pompes, il n'en restait plus que treize en 1722 : des lettres patentes sur arrêt portèrent que dix-sept appareils nouveaux seraient fournis par du Perrier et que soixante hommes, vêtus d'une manière uniforme, seraient spécialement chargés du service des incendies. Depuis cette époque, des progrès sensibles se

réalisèrent rapidement, et l'on ne peut que signaler ici les principales ordonnances modifiant le personnel des gardes-pompes et le fonctionnement de ce corps :

1770. Le corps est porté à 146 hommes payés et à 14 surnuméraires non payés. Il y a seize corps de garde.

1777. Établissement des grades de lieutenant et de chirurgien-major.

1785. Le corps est porté à 220 hommes.

On sait que, dès le début de la révolution, la mairie de Paris, sous les noms d'assemblée de la Commune et de Municipalité, commença à jouir de tous les droits exercés auparavant par l'hôtel de ville et le lieutenant de police. La municipalité, distincte de l'assemblée de la commune, se composa de soixante membres[1] formant par leur réunion le *Conseil de ville*, qui se partageait en un bureau de ville, en un tribunal contentieux et en huit départements.

Le huitième de ces *départements*, celui de la garde nationale parisienne, fit publier au mois de décembre 1789 un règlement concernant le service des incendies, dont le *Moniteur*[2] a reproduit les articles :

1° En cas d'incendie, les commandants des postes feront battre la caisse dans l'arrondissement du bataillon où sera le feu ; alors la compagnie du centre et les volontaires prendront les armes, et se porteront sur la place désignée pour l'assemblée du bataillon.

2° Dès que le bataillon sera assemblé, si son commandant ne s'y trouve pas, le plus ancien officier ou bas-of-

1. Sans compter le maire ni le commandant général.
2. V. le *Moniteur* du 11 décembre 1789.

ficier présent en prendra le commandement et se portera sur-le-champ au lieu de l'incendie ; le tiers de la troupe sera armé pour faire la police, et le reste sera sans armes pour prêter les secours nécessaires.

3° La garde à cheval, la plus proche de l'incendie, détachera des cavaliers aussitôt qu'elle s'apercevra ou sera avertie du feu, pour aller avertir M. le maire, M. le commandant général, M. le major général, le commandant de la cavalerie et le major de la division. Un de ces cavaliers, après s'être assuré si c'est un feu de chambre ou de cheminée, en préviendra sur-le-champ le chef du corps de garde des pompiers, et ensuite le commandant en chef des pompiers, avec lequel il reviendra au lieu de l'incendie.

4° On ne battra jamais la générale pour l'incendie, et on ne fera sonner le tocsin que d'après l'ordre du major général, sur l'avis qu'il en aurait reçu du commandant en chef des pompiers.

5° Les commandants des postes dans le district desquels sera le feu détacheront la moitié de leurs gardes au lieu de l'incendie; les deux tiers seront sans armes, le reste sera armé pour y faire la police jusqu'à l'arrivée du bataillon du district; alors ils se retireront à leurs postes respectifs.

6° Les officiers de l'état-major général, et celui de la division où sera le feu, se porteront au lieu de l'incendie pour y faire observer l'ordre si nécessaire dans ces malheureuses circonstances, et encourager et diriger les travailleurs.

7° Il sera envoyé par chaque compagnie des autres bataillons de la division où sera le feu quatre hommes

armés et huit hommes sans armes, conduits par un officier ou bas-officier armé, pour faire la police.

8° Il sera également détaché de chacune des compagnies des cinq autres divisions d'infanterie deux hommes armés et quatre hommes sans armes, conduits par un bas-officier armé.

9° Chaque capitaine de cavalerie enverra un maréchal des logis, deux brigadiers et six maîtres pour écarter la foule dans les différents débouchés et maintenir le bon ordre dans les approches du feu.

10° Les secours à l'incendie, ordonnés par les articles 7, 8 et 9 du présent ordre, ne seront envoyés que par les ordres du major général, auquel le commandant en chef des pompiers en aurait fait connaître la nécessité ; cette précaution ayant pour objet d'éviter aux soldats-citoyens des fatigues inutiles, et cependant de les faire arriver au besoin.

11° Les gardes et patrouilles redoubleront de vigilance et d'activité dans leurs arrondissements pour y maintenir la police et le repos public.

12° Les troupes de service à l'incendie y resteront jusqu'à ce que le major général les fasse avertir par un cavalier de rentrer.

13° Les officiers de service à l'incendie s'entendront avec le commandant en chef des pompiers pour diriger les travaux contre l'incendie, et lui donneront les hommes nécessaires pour le travail des pompes.

14° Tous les commandants de bataillon et les capitaines de cavalerie enverront un soldat d'ordonnance au major général, qui fera relever les différents détachements par leurs bataillons respectifs, dans le cas où l'incendie

durerait plus de six heures ; pour cet effet, les commandants de bataillon et les capitaines de cavalerie auront attention de tenir toujours prêt à marcher un pareil détachement à celui qui est au feu : ce détachement ne marchera cependant que d'après l'ordre du major général.

15° Dans le cas où l'incendie menacerait de durer longtemps, le commandant en chef des pompiers en préviendra le major général, qui fera entrer le bataillon dans l'arrondissement duquel sera le feu, et y suppléera, s'il le croit nécessaire, par les neuf autres bataillons de la division ou même par tous les bataillons de la garde nationale.

Dans tous les cas, ce bataillon fournira, douze heures après son départ, le même nombre d'hommes que les neuf autres bataillons de sa division, lesquels seront relevés toutes les quatre heures, comme le reste de la troupe, ou plus souvent, si le major général l'ordonne.

16° Lorsque le feu ne sera pas considérable et que le commandant en chef des pompiers assurera qu'il n'y a pas de danger, on n'y enverra des secours que des bataillons de l'arrondissement où sera le feu, et de la manière ordonnée par le présent ordre.

17° Les officiers veilleront particulièrement à ce qu'il ne soit fait aucun tort aux propriétaires et locataires des maisons incendiées, et feront arrêter ceux qui seraient munis de quelques effets : ils en rendraient compte au major général, qui les enverra au comité de police pour être punis suivant la rigueur des ordonnances.

18° Pour veiller également à la sûreté des citoyens des rues voisines de l'incendie, le major général fera faire de

fréquentes patrouilles, qui parcourront ces différentes rues pour arrêter tous ceux qui, sous prétexte de tirer de l'eau aux puits des maisons, y entrent souvent dans l'intention d'y voler. Ces patrouilles favoriseront en même temps les porteurs d'eau, qui souvent sont arrêtés et conduits par le peuple au lieu de l'incendie, ce qui n'est d'aucune utilité.

19° Il est d'autant plus essentiel de tenir la main à l'exécution de l'article précédent, que les dépôts d'eau, qui sont en grand nombre dans Paris, suffisent au delà pour l'incendie le plus considérable.

20° Les patrouilles empêcheront et disperseront toute espèce d'attroupements, qui se font toujours sous prétexte d'aider dans les travaux, et dont on n'a nullement besoin, le nombre de la troupe étant assez considérable.

21° Les commandants des différents postes d'infanterie de la garde nationale donneront le nombre d'hommes nécessaire, tant pour le transport des pompes que pour avertir aux différents dépôts d'eau contre l'incendie, et ce, sur la demande des chefs-pompiers, avec lesquels il est de la dernière importance de bien s'entendre; en conséquence, il est expressément défendu à tous particuliers d'exiger des secours des corps de garde éloignés de l'incendie, lesquels ne doivent se joindre à ceux qui en sont voisins que d'après les ordres qu'ils en auraient reçus de leur commandant, ou sur la simple demande du chef-pompier arrivé le premier au feu. Cette défense a pour objet de ne point dégarnir inutilement des quartiers dans lesquels il pourrait y avoir également un incendie.

22° Le major de la division où sera le feu s'arrangera de manière qu'il y ait, près du major général, deux ou

trois aides-majors de sa division, lesquels seront particulièrement chargés par le major général d'aller rendre compte à M. le maire et à M. le commandant général des progrès ou de la diminution du feu, et généralement de tous les événements auxquels l'incendie aurait donné lieu.

En 1792, l'effectif du corps fut composé d'un officier commandant, d'un lieutenant, de deux sous-lieutenants, de trois adjudants, de 27 brigadiers, de 27 sous-brigadiers, de 28 appointés et de 174 gardes. Ces 263 hommes furent armés de sabres, et commis à la manœuvre de 44 pompes foulantes, de 12 aspirantes et de 42 tonneaux.

En 1793, un décret du 20 avril déclara que dorénavant le commandement et les grades seraient donnés au concours. Peu après, le corps fut réorganisé et le matériel augmenté de 4 pompes et de 12 tonneaux. Le régiment comprit trois sections faisant la garde à tour de rôle; on lui donna un drapeau, et il figura dans les fêtes et les cérémonies publiques.

Le 27 février 1795 (9 ventôse an III), le nombre des gardes-pompes fut porté à 376 hommes, formant trois compagnies; le corps reçut les vivres, mais les hommes continuèrent à loger en ville jusqu'au 6 juillet 1801, époque à laquelle le régiment fut réorganisé sur le pied de 293 hommes et placé sous les ordres du préfet de police pour le service, sous la surveillance du préfet de la Seine pour l'administration. Il fut permis à tous ceux qui, au moment du tirage au sort, compteraient deux années de service aux *gardes-pompiers*, d'achever sous le même drapeau le temps dû à l'État. L'uniforme des gardes se composa d'un casque en cuivre, d'un habit de

drap bleu de roi et d'une culotte bleue avec guêtres rouges.

On sait qu'en 1810 un incendie éclata à l'ambassade d'Autriche, rue du Mont-Blanc, à Paris, pendant un bal donné par le prince Schwartzenberg; à la suite de cet accident, une enquête démontra l'insuffisance des moyens de secours et un décret du 18 septembre 1811 créa définitivement un régiment de sapeurs-pompiers comprenant quatre compagnies, 13 officiers et 563 hommes qui furent cette fois casernés, armés de fusils et soumis aux lois militaires. Le commandement du bataillon fut confié à M. de Lalanne, chef d'escadron de cavalerie, remplacé le 1er janvier 1814 par M. de Plazanet, chef de bataillon du génie, lequel mit en usage les seaux de toile imperméable, les échelles à crochets et les sacs de sauvetage.

A partir de ce moment, des améliorations que nous ne pouvons énumérer ici furent successivement introduites dans l'organisation et le fonctionnement du corps. Nous citerons cependant le décret impérial du 5 décembre 1866, rendu en considération de l'annexion à la ville de Paris des communes suburbaines, annexion qui réduisait à des proportions trop minimes le bataillon des sapeurs-pompiers :

« Article 1er. Le bataillon de sapeurs-pompiers de la ville de Paris formera un régiment de deux bataillons, de six compagnies chacun.

« Il prendra la dénomination de régiment de sapeurs-pompiers de la ville de Paris et fera partie intégrante de l'armée de l'infanterie.

« Article 2. Tous les emplois de nouvelle création seront donnés, soit à l'avancement du corps, soit à des offi-

ciers déjà pourvus du grade et appartenant à l'arme de l'infanterie.

« En conséquence, il y aura un colonel, un lieutenant-colonel, deux chefs de bataillon et tout le personnel d'officiers et de sous-officiers nécessaire à un régiment.

« L'effectif du régiment est fixé à 1572 hommes.

« M. Villerme, lieutenant-colonel du corps, est nommé colonel; M. Lebelin de Dionne, major-ingénieur du corps, est nommé lieutenant-colonel.

« Le décret portant réorganisation du corps des sapeurs-pompiers de Paris recevra son exécution à partir du 1er janvier 1867; en ce moment les sapeurs-pompiers forment un bataillon composé de dix compagnies et dont l'effectif est de 1290 hommes. »

Le régiment des sapeurs-pompiers de Paris, qui pour son service technique relève seulement du préfet de police, est placé militairement sous le commandement du gouverneur de la place et relève du ministre de la guerre. Il comprend deux bataillons de six compagnies chacun et son effectif réglementaire est de 50 officiers et de 1690 hommes de troupe.(1882).

Le matériel se compose de pompes, d'échelles, d'attelages et d'un réseau télégraphique commencé le 1er septembre 1871 et terminé le 8 mai 1880. Chaque caserne est reliée avec les petits postes qui dépendent d'elle et avec le bureau télégraphique du colonel, lequel est en communication avec la préfecture de police, l'administration des eaux, celle des télégraphes et l'assistance publique. Mais, à part l'Opéra, les théâtres ne sont pas reliés avec le bureau du colonel.

Dans toutes les casernes, il y a huit pompes : cinq

pour le service actif, deux pour l'instruction élémentaire des recrues, une pour l'exercice à eau. Les pompes à bras sont au nombre de 207, les pompes à soufflet[1] au nombre de quatre; il faut y joindre les pompes à vapeur dont deux sont anglaises (système Merry-Wather), deux françaises (système Thirion, de Paris).

On compte à Paris 4172 bouches d'arrosage à la lance et 5429 bouches de lavage, qui servent à l'alimentation des pompes aspirantes. Les pompes foulantes sont alimentées, au moyen de *chaînes*, par 761 bornes-fontaines.

Le régiment des sapeurs-pompiers occupe un hôtel et onze casernes. Tous les postes, à l'exception de trois, sont commandés par de simples caporaux.

Disons enfin que les principales villes de province, Bordeaux, le Havre, Marseille, Lille, Lyon, Rouen, etc., possèdent une organisation très complète de secours contre l'incendie. Les plus petites communes elles-mêmes ont à cœur de posséder un matériel convenable et en rapport avec les ressources dont elles disposent.

Il nous reste à nous occuper de l'organisation des secours contre l'incendie en Allemagne et dans l'Amérique du Nord.

A Berlin, les postes sont reliés entre eux par des fils télégraphiques. Selon la gravité des incendies, le télégraphe met de suite en mouvement soit les pompiers d'un seul poste, soit ceux d'un quartier, soit ceux de toute la ville. Chaque poste a ses chevaux, ses voitures, ses appareils, et au moindre signal, les hommes qui le composent partent au galop. Une cloche fixée à l'avant

1. Ces pompes servent à l'épuisement des caves envahies par la rupture d'une conduite et des bateaux coulant bas d'eau.

de chaque voiture tinte constamment pendant le trajet ; elle est destinée à avertir les cochers, qui doivent se ranger sous peine de police correctionnelle. La nuit, des torches annoncent la *feuer*, et l'on s'écarte à la hâte pour laisser passer les pompiers, la hache sur l'épaule, la tête couverte d'une épaisse coiffure en cuir bouilli, les yeux protégés par une visière basse, le cou dissimulé sous un large couvre-nuque. La tenue d'incendie consiste en une chemise de flanelle, par-dessus laquelle est une ample tunique de toile goudronnée et serrée à la taille par une ceinture; un pantalon double, imperméable quant à sa partie externe, et des demi-bottes complètent ce costume[1].

En ce qui concerne les États-Unis, nous ne ferons que résumer ici les chapitres les plus importants de l'ouvrage publié par M. le colonel Paris, sous ce titre: *Le feu à Paris et en Amérique*.

« A New-York, le département des secours contre l'incendie est placé sous la direction de trois administrateurs nommés par le maire et acceptés par le conseil municipal. Ils sont élus pour six ans et peuvent être révoqués, s'il y a plainte portée contre eux; cette plainte doit être préalablement examinée par le maire. Les détails de l'enquête sont soumis au gouverneur de l'État de New-York, qui a le pouvoir d'annuler la plainte ou d'approuver le renvoi[2]. » L'administration comprend trois bureaux, dont le premier s'occupe de prévenir et d'éteindre les incendies, le second de veiller à l'emmagasinage ou à la vente des marchandises combustibles,

1. Voir *Le Temps* du 5 mai 1873
2. Colonel Paris, *Le feu à Paris et en Amérique*, p. 7.

le troisième de tout ce qui concerne les enquêtes sur la cause des incendies. Le recrutement est tout à fait volontaire. Tout citoyen âgé de moins de trente ans, pourvu d'un certificat de moralité, lisant et écrivant correctement et ayant une taille minimum de 1m, 677, est admis à faire partie du corps des sapeurs-pompiers, qui se compose de 721 hommes, sans compter les employés administratifs au nombre de 18. La force active comprend 42 compagnies de pompes à vapeur, 1 équipage de pompes flottantes, 16 compagnies d'échelles, 2 compagnies de télégraphie. Il faut y joindre un corps de *sapeurs-mineurs* dirigé par le lieutenant-colonel et ayant pour mission de faire sauter les bâtiments, lorsque cela est nécessaire dans un incendie.

A Boston, le département des secours est dirigé par quatre administrateurs nommés par le maire, et le personnel comprend : 1° une force régulière permanente de 247 hommes; 2° un corps de réserve de 343 hommes.

Saint-Louis a 18 postes, 19 pompes à vapeur, 3 voitures d'échelles et de crochets, 3 fourgons à charbon.

A Chicago, le *fire Marshall*, nommé par le maire, dirige un personnel de 396 employés. Cette ville possède 27 pompes à vapeur, 3 extincteurs et 4 compagnies d'échelles.

A San-Francisco, à Philadelphie, à Baltimore, l'organisation des services d'incendie est à peu près la même. Ajoutons que dans la plupart des villes des États-Unis, les différents postes sont reliés par des fils télégraphiques qui permettent de faire arriver les pompes sur le lieu d'un incendie quelques minutes après le signal reçu. Voici comment fonctionne le réseau de New-York :

« Le réseau télégraphique du département a 700 milles (1126 kil.). Le nombre des fils qui aboutissent au quartier général est de 60, reliant le cabinet du chef du département non seulement avec toutes les équipes de pompes, d'échelles, et le bateau à vapeur, mais encore avec toutes les *boîtes* d'alarme. Ces boîtes, au nombre de 925, sont en fer et à double porte; elles ont 45 centimètres de hauteur, 25 centimètres de largeur et 15 centimètres de profondeur. La porte extérieure donne accès au crochet qu'il faut tirer pour envoyer l'alarme. En tirant ce crochet, on remonte le ressort intérieur; lorsqu'on l'abandonne, le mécanisme se met en marche et transmet le numéro de la station au quartier général. La seconde porte fait communiquer avec un compartiment renfermant une clef de Morse dont les officiers du département seuls se servent pour demander soit du renfort, soit une ambulance. Ils sont donc seuls possesseurs d'une clef ouvrant ce compartiment, et c'est uniquement de la première porte que des clefs sont distribuées dans les magasins, pharmacies, restaurants ou toute autre maison importante, recommandée par le capitaine de la compagnie dans le périmètre duquel la boîte est placée... Les boîtes sont peintes en rouge, afin d'être vues de loin; elles sont placées sur des perches de 15 à 16 mètres de hauteur, également peintes pour être distinguées de celles qui servent aux compagnies privées télégraphiques et sur lesquelles passent les fils... Sur chaque boîte se trouve placée une consigne ou avis pour son usage, et l'indication du dépôt le plus proche d'une clef. Ces clefs doivent elles-mêmes être en évidence dans la maison où elles sont déposées, et ajustées sur un carton qui reproduit la

même consigne. La personne qui a donné l'alarme doit rester près de la boîte pour entendre le timbre qui indique que le signal est arrivé et que des secours vont partir; si ce timbre ne résonnait pas deux ou trois secondes après que le crochet a été tiré, elle devrait courir à la boîte la plus voisine et recommencer. Le bureau télégraphique du quartier général, où convergent les fils de tout le département, a dû être et est installé de façon à satisfaire aux exigences de ce service. Il est monumental, et son établissement a coûté 55 000 francs. La galerie est montée sur une plate-forme de 1m,10 de hauteur, de manière à pouvoir manœuvrer commodément. A l'est de cette plate-forme sont placés les fils, la sonnerie, l'électromètre et les imprimeurs de rechange; au sud, le tableau des aiguilles, un galvanomètre et le rhéostat; au nord, les imprimeurs, les sonneries, les clefs et les leviers. »

II

LES INCENDIES DANS LES THÉATRES

Si l'on se reporte à la liste chronologique des principaux incendies que nous donnons à la fin de ce volume, on verra que les théâtres sont particulièrement exposés à périr par le feu. L'incendie du théâtre italien de Nice (1881), qui coûta la vie à soixante-dix personnes, détermina l'administration à prendre des mesures énergiques pour assurer la sécurité des spectateurs dans les édifices de ce genre. Les mesures prises par la commission spéciale organisée à Paris sont énumérées dans un rapport de M. Andrieux, préfet de police, et voici, d'après M. Louis Figuier[1], le résumé de ce rapport[2] :

Il y a dans tout théâtre trois parties distinctes : 1° la salle et ses dégagements ; 2° la scène, ses dessus et ses dessous ; 3° les bâtiments d'administration et les loges des artistes. La Commission demande que cet ensemble soit isolé des maisons voisines au moyen d'un chemin de ronde, — que la scène et la salle soient séparées l'une

1. Louis Figuier, *L'année scientifique et industrielle* (1881), p. 312 et sqq.

2. Rapport du 16 mai 1881 adressé au ministre de l'intérieur.

de l'autre par des murs assez épais pour permettre aux sapeurs-pompiers de localiser le feu, — que les directeurs des théâtres n'établissent aucun atelier dans les annexes de la salle, — que les murs fermant la scène supportent, en haut, des balcons de secours d'où les pompiers pourront dominer la scène, — que l'ouverture de la scène sur la salle soit fermée par un rideau à mailles de fer qui, étant soutenu par des cordages combustibles, tombera de lui-même en cas d'incendie. Suivent certaines dispositions relatives à l'éclairage : obligation pour les directeurs d'allumer dans les parties de la salle ouvertes au public des lampes à huile destinées à faciliter l'accès des corridors, en cas de sinistre, — de faire entourer toutes les lumières de grillages à mailles serrées, — de tenir renversées les flammes du gaz de la rampe, — de faire poser un compteur à gaz spécial dans chacune des trois parties du théâtre pour empêcher l'extinction simultanée de toutes les lumières.

La seconde partie du rapport concerne les mesures à prendre pour organiser rapidement les secours : elle s'adresse particulièrement aux sapeurs-pompiers. La troisième partie au contraire intéresse plus spécialement le public; elle s'occupe de l'évacuation instantanée de la salle et prescrit : 1° la distance qui devra séparer les rangs de fauteuils; 2° l'établissement d'un passage au milieu de l'orchestre; 3° la suppression des strapontins; 4° la nécessité de tenir toutes les issues ouvertes pendant les représentations.

En dépit de ces prescriptions administratives, les directeurs des théâtres de Paris n'apportèrent aucune modification à leurs salles. L'administration, de son côté,

négligea de les rappeler à l'ordre, et l'on avait oublié le rapport de M. Andrieux, lorsque l'incendie du théâtre du Ring donna à réfléchir à l'administration, aux directeurs et au public. Sûr d'être approuvé par l'opinion, M. Camescasse remit en vigueur l'ordonnance de son prédécesseur : il fit fermer le théâtre Déjazet, construit presque tout en bois, et fixa un délai à tous les directeurs pour qu'ils eussent à se mettre en règle et à se conformer aux mesures précédemment édictées.

Quant au service de surveillance dans les théâtres, il est organisé de la manière suivante : toutes les heures, des rondes ordinaires sont faites par les sapeurs-pompiers de service et, dans l'intervalle, par un caporal; dans la journée des inspections ont également lieu. Lorsque la représentation est terminée, on lève le rideau ordinaire et l'on fait descendre un rideau en fil de fer entre la salle et la scène, puis le caporal des sapeurs-pompiers, accompagné d'un employé de théâtre, fait une visite générale.

En cas d'incendie, on a recours à un système général d'engins et d'opérations qu'on peut résumer en quelques mots. Des réservoirs supérieurs, placés dans les combles, sont remplis au moyen de pompes, lesquelles sont situées dans un lieu voûté ou cave, et aspirent l'eau dans des réservoirs inférieurs. Ceux-ci sont alimentés par des conduits d'eau dans la ville. Les autres établissements fixes dont on se sert pour remédier rapidement aux incendies qui se déclarent sont : 1° les colonnes d'ascension, 2° les colonnes en charge ou à compression.

« Les colonnes d'ascension sont des conduits en

plomb qui, montés sur les tuyaux de sortie des pompes, traversent la voûte de la cave et conduisent l'eau dans les réservoirs supérieurs. Ces conduits, au lieu d'être continus, sont interrompus, au théâtre et à chaque étage des cintres, par un boisseau ou robinet à deux eaux dont l'orifice, à pas de vis, reçoit une demi-garniture armée d'une lance. Ces boisseaux sont placés dans de petites armoires fermant à clef, afin que les sapeurs-pompiers de service puissent seuls y toucher. Ces armoires contiennent aussi une hache et une éponge à main pour éteindre le feu dès sa naissance.

« Les colonnes en charge sont des conduits en plomb qui, piqués sous le fond des réservoirs supérieurs, descendent l'eau pour alimenter les établissements en charge, et fournissent des jets provisoires plus ou moins élevés, suivant leur éloignement des réservoirs. Ces tuyaux de descente sont aussi interrompus, à chaque étage inférieur, par des boisseaux sur la sortie desquels est montée une demi-garniture armée d'une lance, et qui sont continuellement en charge : il suffit, pour s'en servir, de déployer les tuyaux et de tourner la branche devant soi pour que l'eau arrive à la lance. A la sortie du réservoir, ces conduits ont un robinet de barrage pour vider la colonne en temps de gelée et faciliter les réparations. Les boisseaux de ces colonnes sont, comme ceux des établissements d'ascension, renfermés dans des armoires[1].

« Dans quelques théâtres, les *établissements* en charge

1. *Des incendies et des moyens de les prévenir et de les combattre* (Paris, 1869, in-12), par un ancien fonctionnaire.

sont remplacés par un appareil à compression d'air, à trois atmosphères, donnant un jet très élevé pendant l'espace de dix minutes environ. »

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces questions techniques qui, pour être intéressantes, auraient besoin d'un développement que nous ne pouvons leur donner ici. Nous donnerons cependant quelques détails statistiques sur les incendies dans les théâtres, détails publiés par M. Legoyt, dans la *Revue scientifique* du 7 janvier 1882.

« Les écrivains qui ont réuni les matériaux d'une statistique des incendies de théâtre sont arrivés à des conclusions véritablement alarmantes. Selon l'étendue des périodes qu'ils ont embrassées et le nombre des faits qu'ils ont recueillis, la vie moyenne d'un théâtre varierait entre dix et vingt-deux ans. Mais tous sont d'accord sur ce point qu'un théâtre est condamné à périr tôt ou tard dans les flammes. Le mode de construction, la nature des matériaux, l'accumulation dans la salle d'ornements en substances essentiellement inflammables, le grand nombre de lumières fixes, c'est-à-dire adossées aux décors, ou en mouvement dans les coulisses, les peintures de la toile, des loges, du plafond, l'éclairage de la rampe, si funeste aux artistes, aux danseuses surtout, qui s'en approchent de trop près, l'usage obligé du gaz dont les explosions sont fréquentes et que ne remplacera que très tardivement la lumière électrique, dont le prix sera longtemps très élevé, les imprudences presque inévitables du nombreux personnel de service sur la scène et des amis des artistes ou de la direction, etc., etc., toutes ces causes, et peut-être

aussi les inflammations spontanées doivent entraîner tôt ou tard la destruction d'un théâtre. »

On a calculé en effet que la vie moyenne d'un édifice de ce genre était de dix ans aux États-Unis, de vingt-deux ans en Europe, et que de 1871 à 1877, il avait brûlé en moyenne treize théâtres par année.

M. Denis Monnier, professeur à l'Université de Genève, a de son côté expliqué pourquoi si peu de personnes parvenaient à se sauver lorsque arrivait une catastrophe pareille. « La première conséquence du fait est une élévation considérable de la température, qui double, qui triple le volume de l'air contenu dans la salle, phénomène par suite duquel est changé le courant d'air dans lequel le gaz comprimé cherche une issue; par suite, une forte quantité d'oxygène est absorbée et changée en un gaz non respirable. Mais comme il n'y a que très peu d'oxygène, par des causes diverses, dans l'enceinte étroitement fermée du théâtre, il se produit de l'oxyde de carbone, comme il arrive chaque fois que du charbon brûle dans une quantité insuffisante d'oxygène. Or, cet oxyde est toxique au plus haut degré. »

Dès lors, la plupart des personnes sont empoisonnées, avant même d'être asphyxiées; et en ce cas, il serait bon, ainsi que l'a fait remarquer M. Karl Vogt, d'établir au-dessus du lustre et au plafond de la scène un large ventilateur s'ouvrant à volonté, et par lequel s'échapperaient les gaz délétères produits par l'incendie.

III

LES POMPES ET LES APPAREILS DE SAUVETAGE

Nous nous proposons d'examiner dans ce chapitre les principaux engins employés de nos jours pour combattre les incendies, c'est-à-dire les pompes et les appareils de sauvetage.

Des pompes en général. — On donne le nom de pompes à des appareils de forme diverse destinés à élever l'eau d'un récipient inférieur dans un récipient supérieur. Les pompes peuvent être : 1° aspirantes, 2° foulantes, 3° aspirantes et foulantes. Nous ne nous occuperons ici que des deux premières espèces.

Prenons un tube de verre dans lequel se meut un piston, et élevons ce piston après avoir plongé dans un liquide l'extrémité inférieure du tube. Immédiatement, le vide se fait au-dessous du piston, et la pression atmosphérique qui s'exerce sur la surface extérieure du liquide oblige celui-ci à s'élever dans le tube jusqu'à ce que son poids fasse équilibre à la pression atmosphérique (fig. 19).

Ce principe posé, décrivons la pompe *aspirante*. Considérons (fig. 20) un corps de pompe A, dans lequel se

meut un piston P et qui communique par un tuyau d'aspiration avec un réservoir contenant de l'eau. Entre le corps de pompe et le tuyau d'aspiration se trouve une soupape S, qui s'ouvre de bas en haut, et le piston P est également muni d'une ou de deux soupapes *s* et *s'*, s'ouvrant dans le même sens. Si nous élevons le piston, le vide se fait au-dessous de lui, la soupape S s'ouvre, l'air du tuyau d'aspiration se répand dans le corps de pompe, où il perd de sa force élastique en augmentant de volume, et la pression de cet air devenant moins forte que la pression atmosphérique, l'eau monte dans le corps de pompe jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. — Les choses étant dans cet état, si nous descendons le piston, la soupape S se ferme, et l'air, se trouvant comprimé, ouvre les soupape *s s'* et s'échappe à l'extérieur. Quant à l'eau, elle reste au point où elle a été soulevée, puisqu'elle ne peut s'échapper par la soupape S, qui s'est fermée. Or, il est évident que si l'on continue à descendre et à élever alternativement le piston, le liquide finira par arriver dans le corps de pompe, passera à la suite de l'air au-dessus du piston et atteindra enfin le

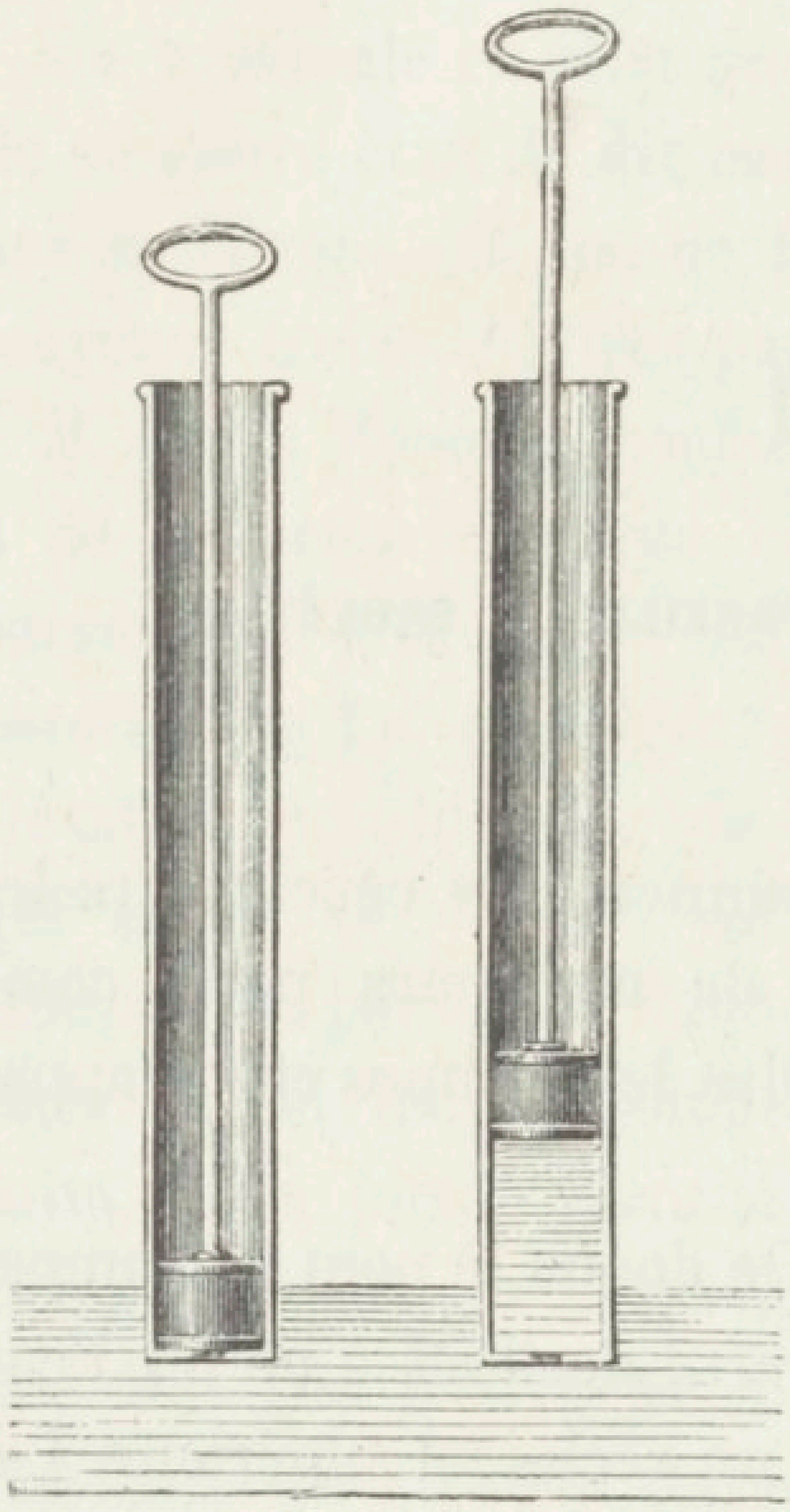


Fig. 19. — Principe de la pompe.

tuyau de déversement. A partir de ce moment, chaque fois que nous soulèverons le piston, nous rejetterons au dehors un volume de liquide qui, si l'appareil était construit avec une irréprochable précision, serait égal au volume même du corps de pompe.

Tel est le mécanisme de la pompe aspirante. La pompe *foulante* se compose :

1° D'un corps de pompe qui plonge directement dans le liquide et qui est muni à sa partie inférieure d'une soupape s'ouvrant de bas en haut;

2° D'un piston plein qui se meut dans le corps de pompe;

3° D'un tuyau latéral qui communique avec la partie inférieure du corps de pompe, et qui présente une soupape s'ouvrant de l'intérieur à l'extérieur.

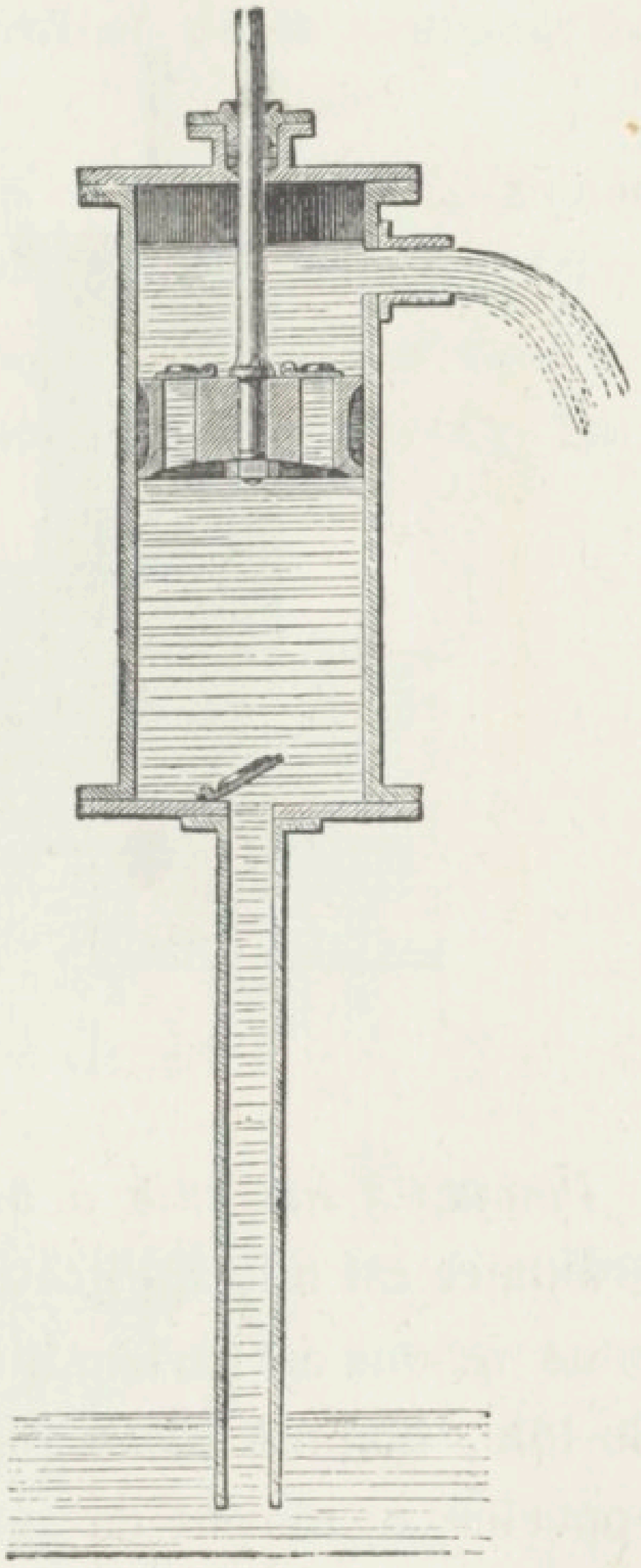


Fig. 20. — Pompe aspirante.

Supposons que ce piston plein soit au bas de sa course; en s'élevant, il fera le vide au-dessous de lui et l'eau se précipitera par la soupape inférieure après l'avoir soulevée. Si alors le piston s'abaisse, l'eau, qui n'est pas compressible, oblige la soupape inférieure à s'abaisser et ne peut plus s'échapper qu'en soulevant la

soupape latérale. Elle entre dans le tube de déversement, le remplit peu à peu et arrive à l'orifice (fig. 21).

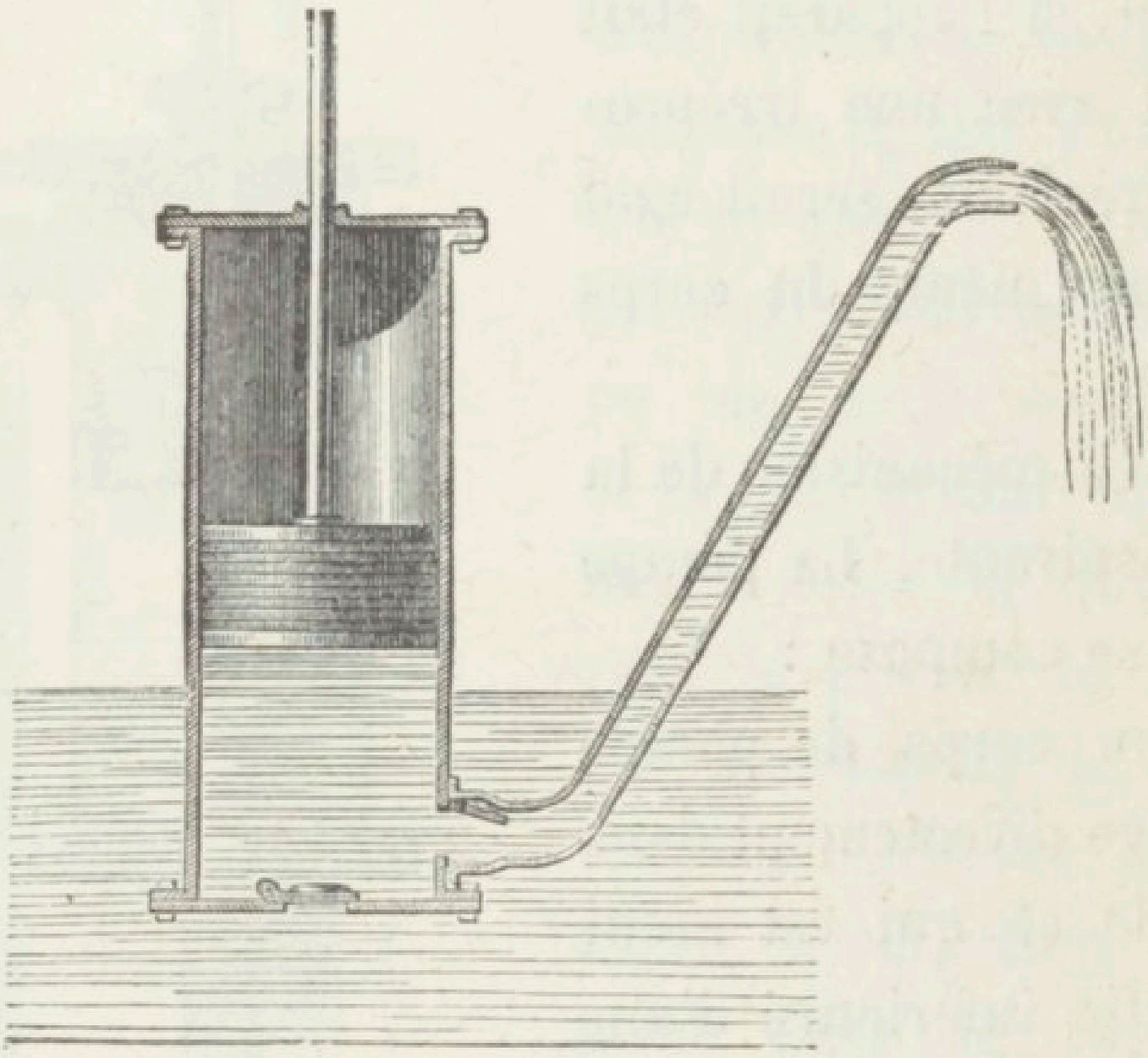


Fig. 21. — Pompe foulante.

Pompes à incendie à bras. — La pompe à incendie ordinaire est une application de la pompe foulante, dont nous venons de parler. Elle s'alimente dans un récipient de tôle, nommé *bâche* (fig. 22), dans lequel l'eau est apportée au moyen de seaux de toile par des hommes qui font la *chaîne*. Ceux-ci ne versent pas l'eau directement dans la bâche, mais dans un panier en osier, appelé *tamis* (fig. 23), dont les interstices sont assez petits pour arrêter les matières étrangères qui pourraient se glisser dans le corps de pompe et gêner par suite le jeu de l'appareil.

Dans la bâche plongent deux corps de pompe dont les conduits latéraux débouchent dans un réservoir d'air, situé au milieu, et recevant par suite l'eau refoulée al-

ternativement par chaque piston. Un tuyau de sortie, placé dans ce réservoir, permet au liquide de s'échapper, et la constance du jet provient de la pression de l'air comprimé dans le réservoir.

La tige de chaque piston s'articule à un *balancier* (fig. 24), dont le mouvement est tel que lorsqu'un piston monte, l'autre descend. L'eau passe du réservoir dans un tuyau de cuir, lequel se termine par une *lance* (fig. 25).

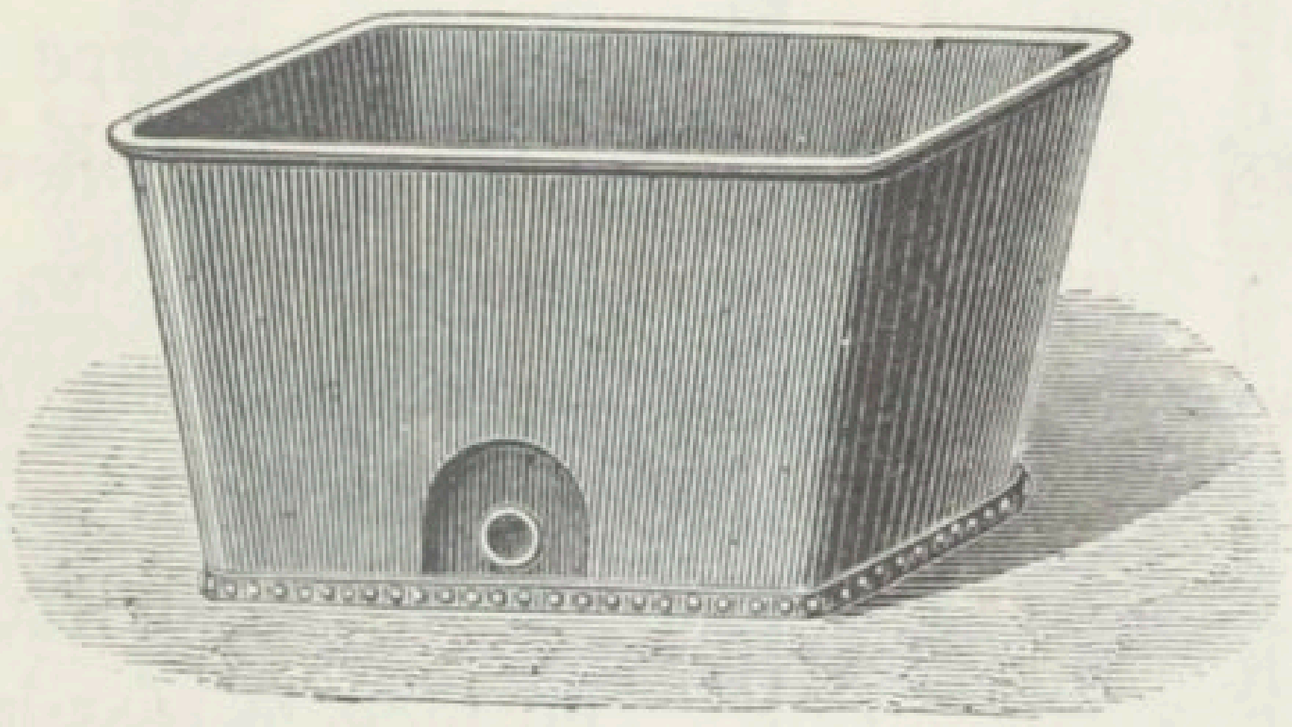


Fig. 22. — Bâche.

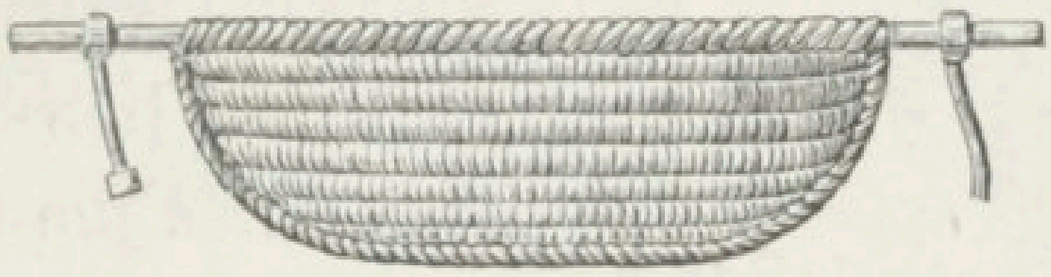


Fig. 23. — Tamis

ou pièce de cuivre effilée qui permet au sapeur-pompier *porte-lance* de diriger le jet où il lui plaît.

La pompe à incendie dite *aspirante* a les mêmes organes que la précédente, mais sa bâche porte, à droite et à gauche, une ouverture latérale à laquelle s'adapte un fort tube de cuir. Ce *tuyau aspiral*, qui plonge dans un réservoir d'eau ou s'adapte à une bouche d'incendie, supprime l'emploi de la chaîne et rend les secours plus prompts et moins fatigants.

On remarquera bien que les épithètes *aspirante* et *foulante*, appliquées à une pompe à incendie, n'ont plus le sens que nous leur avons donné au commencement de ce chapitre. Les sapeurs-pompiers appellent pompe *foulante* celle qui s'alimente au moyen de l'eau qu'on verse dans sa bâche, et pompe *aspirante* celle qui s'alimente directement dans un réservoir par l'intermédiaire du tuyau aspiral.

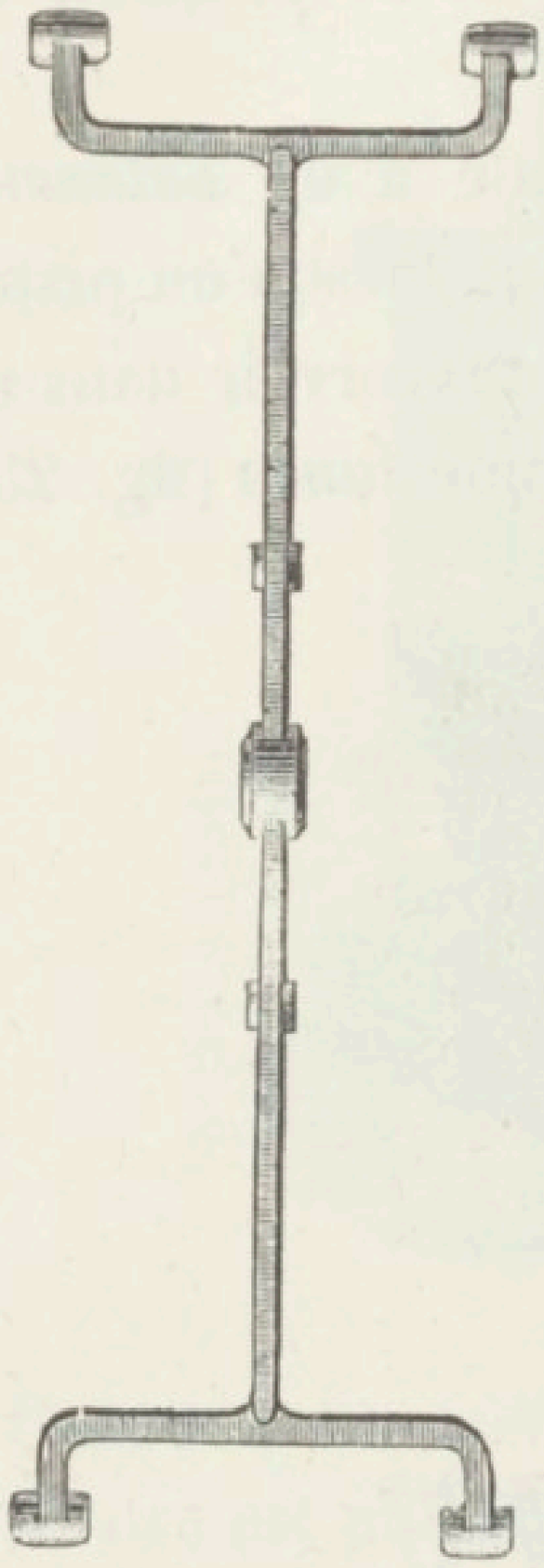


Fig. 24. — Balancier.

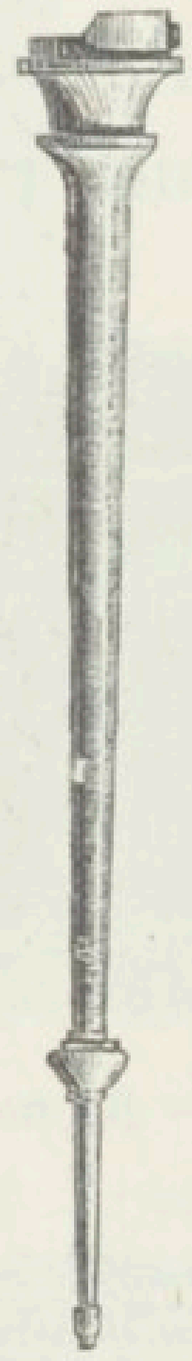


Fig. 25. Lance.

Nous signalerons enfin un modèle récent de pompe à air et à eau connu sous le nom de système Philippe. Cette pompe diffère de la pompe aspirante en ce qu'elle possède en plus deux cylindres et deux pistons destinés à fournir l'air pour les appareils à feux de caves.

Pompes à incendie à vapeur. — Les pompes à incendie à vapeur, d'origine américaine, furent adoptées en Angleterre vers 1860, après avoir subi certaines modifications. A la suite de l'exposition universelle de 1867, quelques villes de France firent l'acquisition de pompes à vapeur anglaises, mais M. Thirion, ingénieur mécanicien, inventa en 1870 un appareil moins défectueux sous les rapports du prix, du volume et du fonctionnement.

Son premier modèle fut acheté par la municipalité de Bordeaux. Deux ans plus tard, M. Thirion fut chargé de construire une seconde pompe à vapeur pour le régiment des sapeurs-pompiers de Paris : c'est celle que nous allons décrire. Elle se compose :

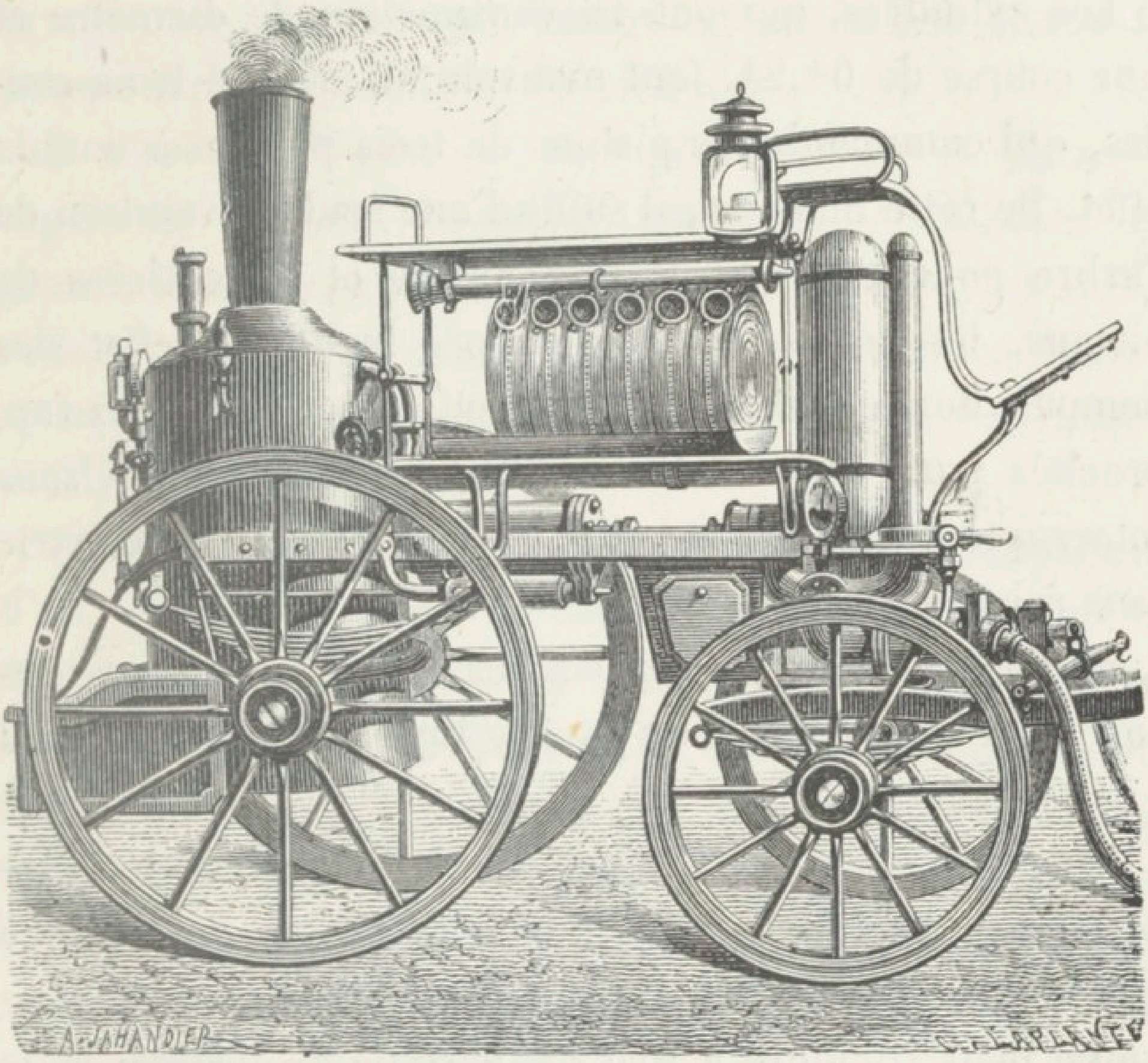


Fig. 26. — Pompe à incendie à vapeur.

1° D'une chaudière verticale située entre les deux roues de derrière du chariot;

2° De deux cylindres à vapeur horizontaux;

3° D'un corps de trois pompes à double effet[1], situé au centre.

1. Les pompes à *simple effet* n'élèvent l'eau que pendant la des-

La chaudière, qui peut contenir soixante-dix-huit litres d'eau, est formée d'une série de tubes en U qui descendent au milieu des flammes et dont les orifices sont ajustés à la plaque de fond recouverte de cinq ou six centimètres d'eau : cette disposition rend la chaudière inexplosible et permet une mise en pression rapide.

Les cylindres, qui ont 16 centimètres de diamètre et une course de $0^m,24$, font mouvoir un arbre à trois coudes, qui commande les pistons de trois pompes à double effet. De cette manière, il suffit d'une seule révolution de l'arbre pour produire trois poussées et trois tirées de pistons, lesquelles, multipliées par le double effet des pompes, donnent douze mouvements successifs assez rapprochés pour que l'action ait lieu sans secousses, sans interruption appréciable, et pour que le jet de l'eau parte sans saccade de la lance.

Au-dessus du corps des pompes, il se trouve un réservoir de refoulement, d'où part le tuyau qui conduit l'eau à la lance.

Les pistons ont un diamètre de $0^m,10$, et leur jeu respectif est de 120 doubles mouvements par minute. Le diamètre du tuyau d'aspiration est de $0^m,10$. Le jet horizontal peut atteindre à une distance de 45 mètres, et le jet vertical ou oblique à une hauteur de 35 mètres. Le débit de l'eau est de 20 litres par seconde. Le poids total de la pompe à vapeur ne dépasse pas 1800 kilogrammes, de sorte que deux chevaux peuvent la traîner vivement avec facilité. Enfin, la mise en pression descente ou pendant la montée du piston. Les pompes à *double effet* élèvent l'eau pendant la montée et pendant la descente.

mande de 10 à 12 minutes, temps généralement plus court que celui qui est nécessaire pour faire les établissements.

Au service de chaque pompe sont attachés un mécanicien, un chauffeur et des aides. Dès qu'un incendie est signalé, on attelle les chevaux et on allume en même temps la chaudière, de sorte que le temps demandé par la mise en pression est généralement écoulé quand la pompe arrive sur le lieu du sinistre.

Il n'est pas besoin de dire qu'à l'aide de la pompe à vapeur on parvient beaucoup plus vite à éteindre les grands incendies ou à noyer les grands foyers. Ces appareils ont aussi l'immense avantage de supprimer les chaînes et les travailleurs, et de rendre moins lente l'opération du déblaiement.

Chariot à incendie. — Chaque pompe est accompagnée d'un certain nombre d'accessoires, parmi lesquels il faut citer : une lance, deux tamis, deux leviers, quinze seaux en toile à voile, une échelle à crochets, une hache, deux cordages de 30 mètres l'un, une ceinture de sauvetage. Elle est toujours suivie sur le lieu du sinistre par un *chariot à incendie* renfermant, entre autres accessoires, des échelles à coulisses, des sacs de sauvetage et des appareils à feux de caves.

Le *sac de sauvetage* a une longueur de 20 mètres et une largeur de $0^m,80$. Il se compose de deux parties distinctes : le cadre d'ouverture et le corps du sac. Le cadre d'ouverture est quadrangulaire et un de ses côtés est formé par une traverse de frêne sur laquelle est enroulé et cousu le bord inférieur du sac. Les trois autres côtés sont formés par une corde et tendus à angle droit par deux cordages de 5 mètres de longueur. Le

corps du sac est fait de lés de toile de 20 mètres de longueur et se termine inférieurement par un cordage auquel sont fixés des anneaux de corde qui servent à tendre et à incliner le sac. — Pour sauver les personnes surprises par le feu dans les étages supérieurs, on a recours à cet appareil : le sac étant hissé et son ouverture disposée dans la chambre, trois hommes restés en bas le tiennent tendu, en lui donnant l'inclinaison né-

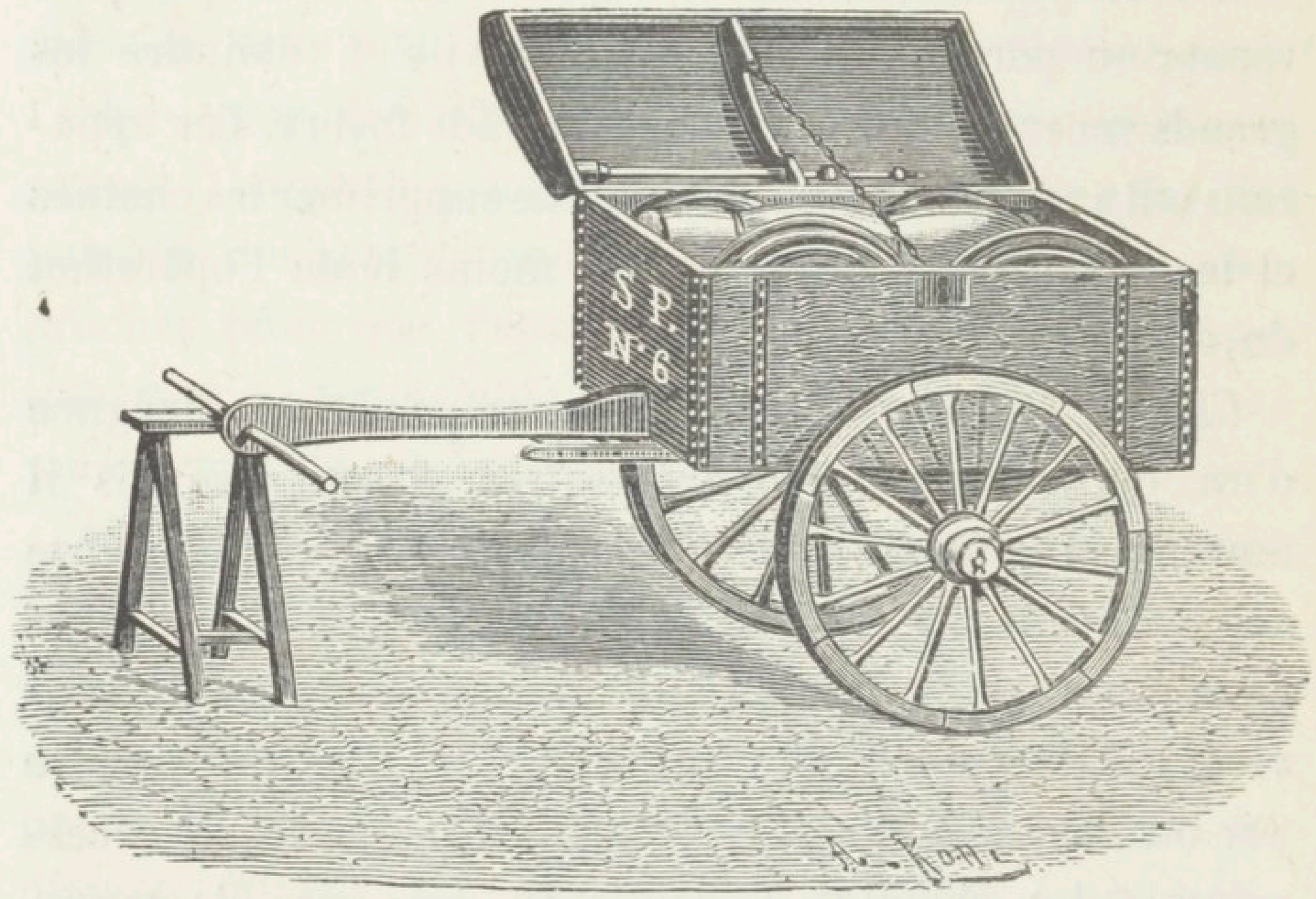


Fig. 27. — Chariot à incendie.

cessaire pour éviter la descente trop rapide des personnes.

L'*appareil à feux de caves* permet de pénétrer dans un lieu infecté (caves, cales de navire, fosses d'aisance, puits, galeries de mines) et de secourir les personnes exposées à l'asphyxie. Il se compose de deux parties : une blouse et un tuyau à air. La *blouse* a été inventée, en 1834, par le colonel Paulin. Elle est formée d'une casaque en

cuir de vache, qui se serre autour du corps, à hauteur des reins, par une ceinture de fer. Deux bracelets de cuir retiennent les manches aux poignets, et le corps de blouse est surmonté d'un capuchon auquel s'adapte, sur le devant, un masque de verre bombé à travers lequel le sapeur-pompier voit pour se diriger. Le tuyau à air, en caoutchouc, de 25 mètres de long et de $0^m,010$ de diamètre intérieur, se monte d'un côté sur la blouse, de l'autre communique avec une pompe à incendie qu'on fait fonctionner à vide et qui lance de l'air sous la blouse. Vis-à-vis de la bouche, en avant du masque de verre, est un sifflet de cuivre nickelé à soupape, avec embouchure en bois, qui sert pour les signaux. La blouse et le tuyau à air sont renfermés dans une caisse à couvercle, garnie de deux bretelles de charge, d'un coussin rembourré et d'un taquet inférieur.

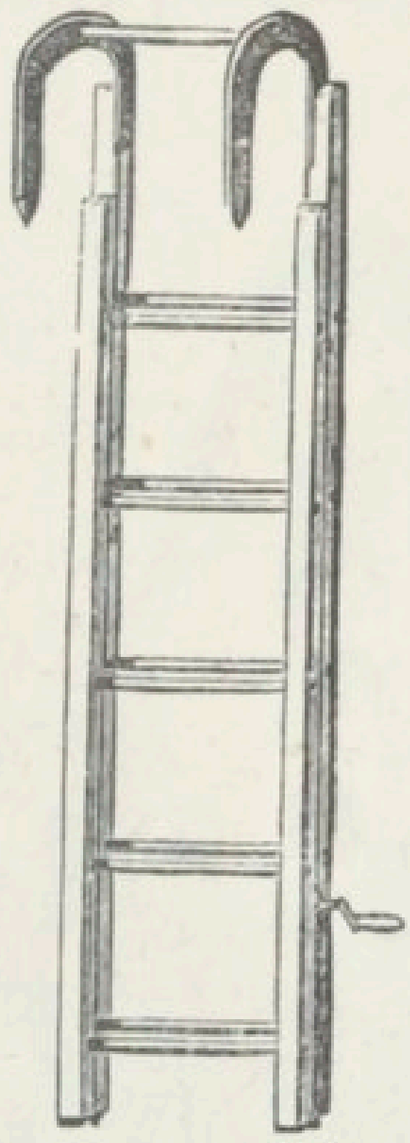


Fig. 28.
Échelle à crochet.

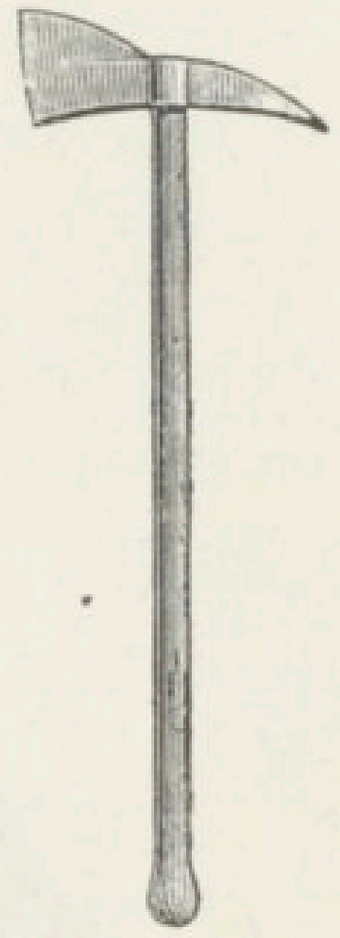


Fig. 29. — Hache

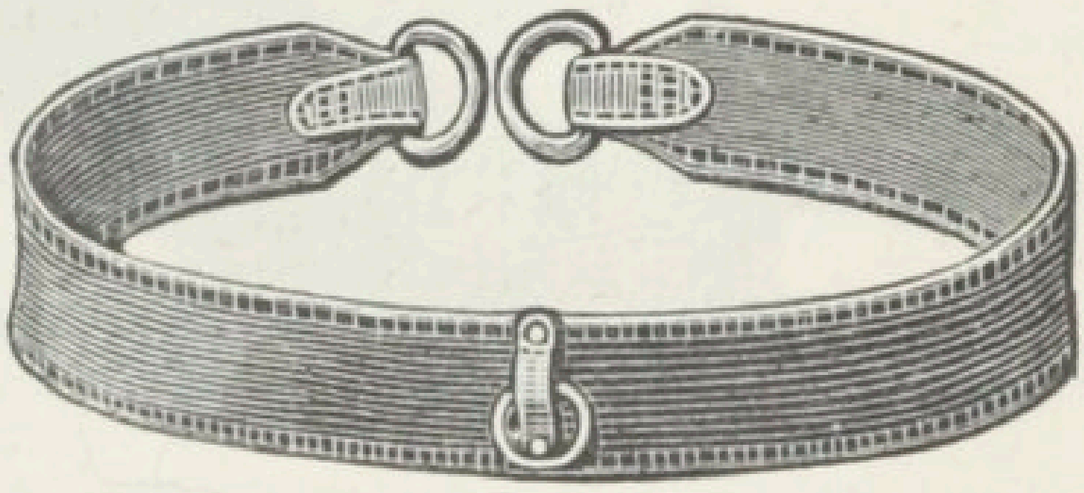


Fig. 30. — Ceinture de sauvetage.

Échelles aériennes. — Il serait extrêmement avantageux d'avoir des échelles plus élevées que les édifices mêmes : cela permettrait d'établir des postes aériens et de diriger sur les foyers d'incendie des jets de haut en bas bien

plus efficaces que les jets de bas en haut. En outre, il existe des monuments dont on ne peut gagner les étages supérieurs avec les échelles à crochets ou à coulisses, et lorsque l'escalier est envahi par une fumée trop intense, les personnes surprises dans ces étages ne savent comment

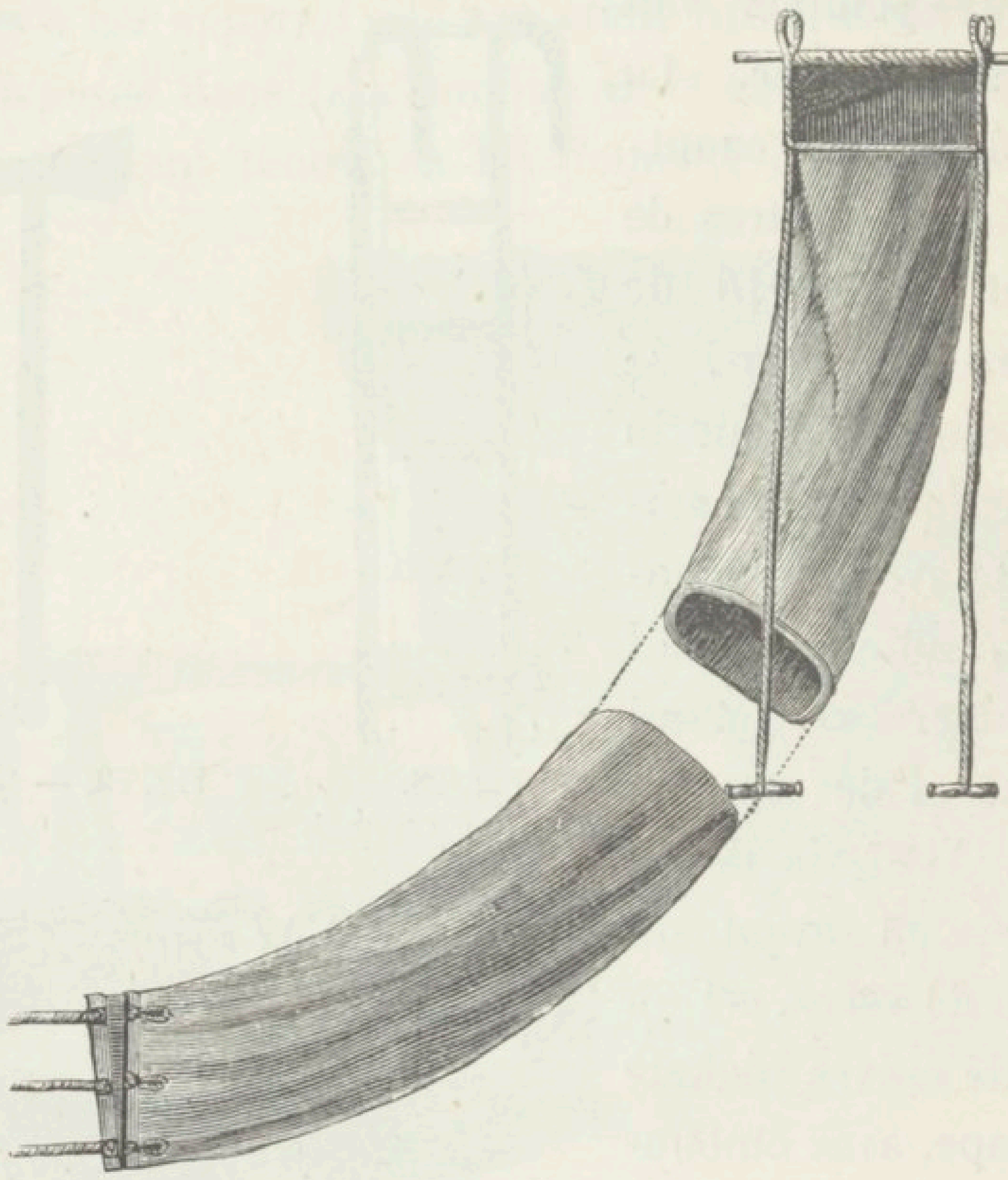


Fig. 31. — Sac de sauvetage.

échapper à l'action du feu. En ce cas, les échelles aériennes rendraient également de grands services.

M. Porta a construit un appareil de ce genre, que nous allons décrire. Plus récemment, M. Smitter a proposé de modifier le système de son devancier en liant les uns aux autres les éléments de l'échelle, de façon qu'il y ait seulement à les développer, au lieu de les monter.

En 1868, une commission d'officiers du régiment des sapeurs-pompiers de Paris étudia l'échelle Porta. Nous extrayons du rapport de cette commission la description de l'appareil soumis à son examen :

« L'échelle aérienne destinée aux sauvetages par M. Porta se compose de deux parties principales : l'échelle

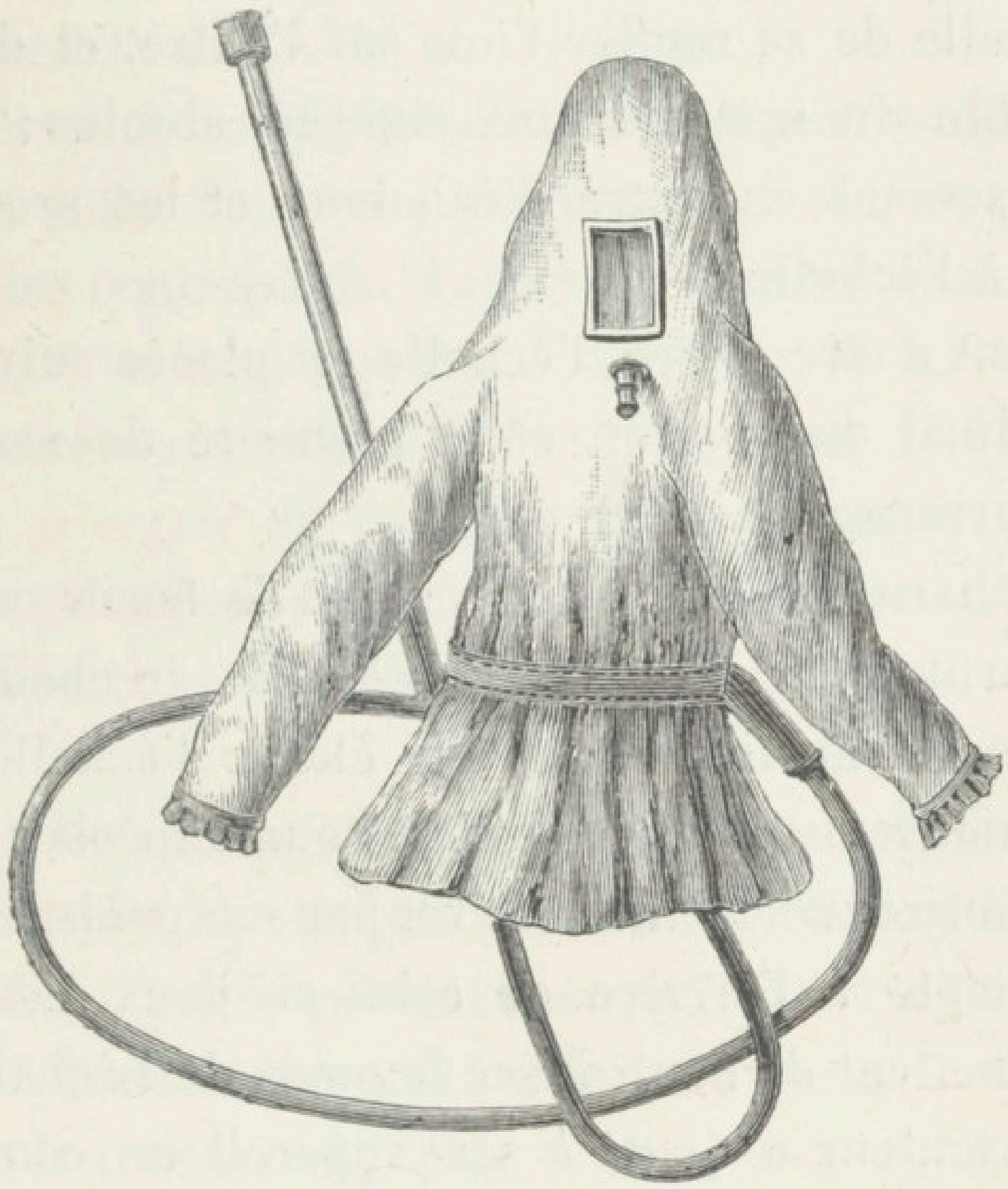


Fig. 32. — Appareil à feux de caves.

proprement dite, et le chariot, qui en est la base et le moyen de transport. L'échelle totale est formée de dix petites échelles en bois, garnies latéralement et à leurs extrémités supérieures de deux tiges en fer creux, placées verticalement sur les montants; ces différentes sections de l'échelle principale sont construites de façon à s'emboiter exactement l'une dans l'autre et sont reliées entre

elles : 1° au moyen de traverses en bois que l'on passe entre les agrafes fixées aux extrémités de ces sections; 2° par des tringles en fer creux, les unes horizontales, réunissant les extrémités supérieures des tiges, les autres diagonales, reliant la partie supérieure des tiges d'une échelle aux montants de l'autre. Ces traverses en bois et ces tringles en fer empêchent les différentes sections de l'échelle de se replier l'une sur l'autre, et donnent à l'ensemble du système une rigidité absolue; les premières servent en outre d'échelons et les secondes de rampes à l'échelle.

« Avant d'être élevée, l'échelle est placée suivant l'axe longitudinal du chariot, et la première de ses parties repose presque en entier sur lui.

« Le chariot est à quatre roues et de forme ordinaire; il est garni de treuils, de roues dentées, de chaînes et de cordages, de manière à pouvoir élever l'échelle par un simple mouvement de manivelles. Pour empêcher l'échelle établie horizontalement d'enlever par son poids le chariot, on a adapté à l'arrière de celui-ci deux contrepoids qui permettent de neutraliser le poids de l'échelle.

« L'inventeur a ajouté à son appareil un complément qui lui a paru nécessaire pour le sauvetage des personnes qui ne seraient pas assez valides pour descendre sur l'échelle même; à cet effet, il a adapté à l'échelon supérieur une poulie sur laquelle s'enroule une corde à l'extrémité de laquelle est attaché un sac en toile. Ce sac, dirigé au moyen de deux commandes, sera hissé facilement et pourra être introduit dans la pièce où doit se faire le sauvetage, et par suite recevoir aisément la personne à sauver.

« L'échelle soumise aux expériences de la commission représente une longueur de 23 mètres environ; et, en y ajoutant la hauteur du chariot, on voit qu'elle peut, étant dressée verticalement, servir à monter à une hauteur totale de 24 à 25 mètres. Mais il faut reconnaître que cette hauteur peut être augmentée au moyen d'une échelle supplémentaire, et qu'on pourra atteindre une élévation de 30 mètres.

« Les dimensions principales du chariot sont : largeur de la voie, 2 mètres; longueur du chariot sans la flèche et les contrepoids, 4 mètres; avec les contrepoids seulement, 6 mètres; et avec la flèche et les contrepoids, 8 mètres; le poids total est d'environ 2500 kilos.

« Pour se servir de l'échelle aérienne, et en admettant que les diverses sections de l'échelle soient placées l'une sur l'autre et sur le chariot, on opère de la manière suivante :

« Toutes les sections sont retirées, à l'exception de la première, et placées successivement à terre dans l'axe du chariot et dans l'ordre qu'elles doivent avoir dans l'échelle; on emboîte la deuxième section dans la première, on les réunit par la traverse en bois et par les tringles en fer creux, que l'on assujettit au moyen de clavettes en fer; puis on relie la troisième section à la deuxième de la même manière, et ainsi de suite. Il faut avoir soin, dans cette opération, de prendre la traverse et les tringles qui conviennent à la section qu'on doit mettre en place; et enfin on ne doit pas oublier de tirer les contrepoids qui sont placés à l'arrière du chariot, afin que l'échelle soit toujours équilibrée.

« Lorsque l'échelle est établie horizontalement, il suffit

de mettre en manœuvre le système de traction et de rotation adapté au chariot, et l'échelle prendra successivement toutes les inclinaisons jusqu'à devenir perpendiculaire au plan du chariot. Cette manœuvre doit être faite par six hommes au moins. »

Maintenant, quels sont les défauts, quels sont les mérites de l'appareil Porta? Disons d'abord que cette échelle réunit les conditions désirables de solidité et de stabilité. Mais elle est trop volumineuse pour passer dans certaines rues et pour être dressée dans les cours; elle est extrêmement pesante; enfin on ne peut la monter qu'en douze à treize minutes[1].

Extincteurs automatiques d'incendie de M. Hiram Maxim. — C'est principalement sur la scène que le feu se déclare dans les théâtres, et c'est sur la scène, par conséquent, que doivent être installés les moyens de secours les plus prompts et les plus efficaces. Frappé de cette idée, M. Hiram Maxim a combiné une suite d'appareils ou plutôt un ensemble de dispositions tel que, « lorsqu'un commencement d'incendie se déclare en un point donné de la scène, l'accident produise lui-même, automatiquement et instantanément, la série de manœuvres nécessaires pour inonder le point menacé et arrêter la propagation de l'incendie[2]. » Ces manœuvres sont dues tantôt à des actions mécaniques, tantôt à des actions électriques.

Voyons d'abord le système mécanique, et remarquons

1. Voir *Le feu à Paris et en Amérique*, par le colonel Paris, p. 108.

2. Voir dans *la Nature* (n° du 25 février 1882) l'article que nous résumons ici.

« que la partie supérieure de la scène, les côtés, les sous-sols et les frises sont traversés par un réseau de canalisation de tuyaux de différents diamètres convenablement distribués. Ces tuyaux viennent tous se brancher sur un tuyau commun relié avec la canalisation d'eau sous pression de la ville. En temps ordinaire, un robinet placé près du branchement se trouve fermé, et la canalisation

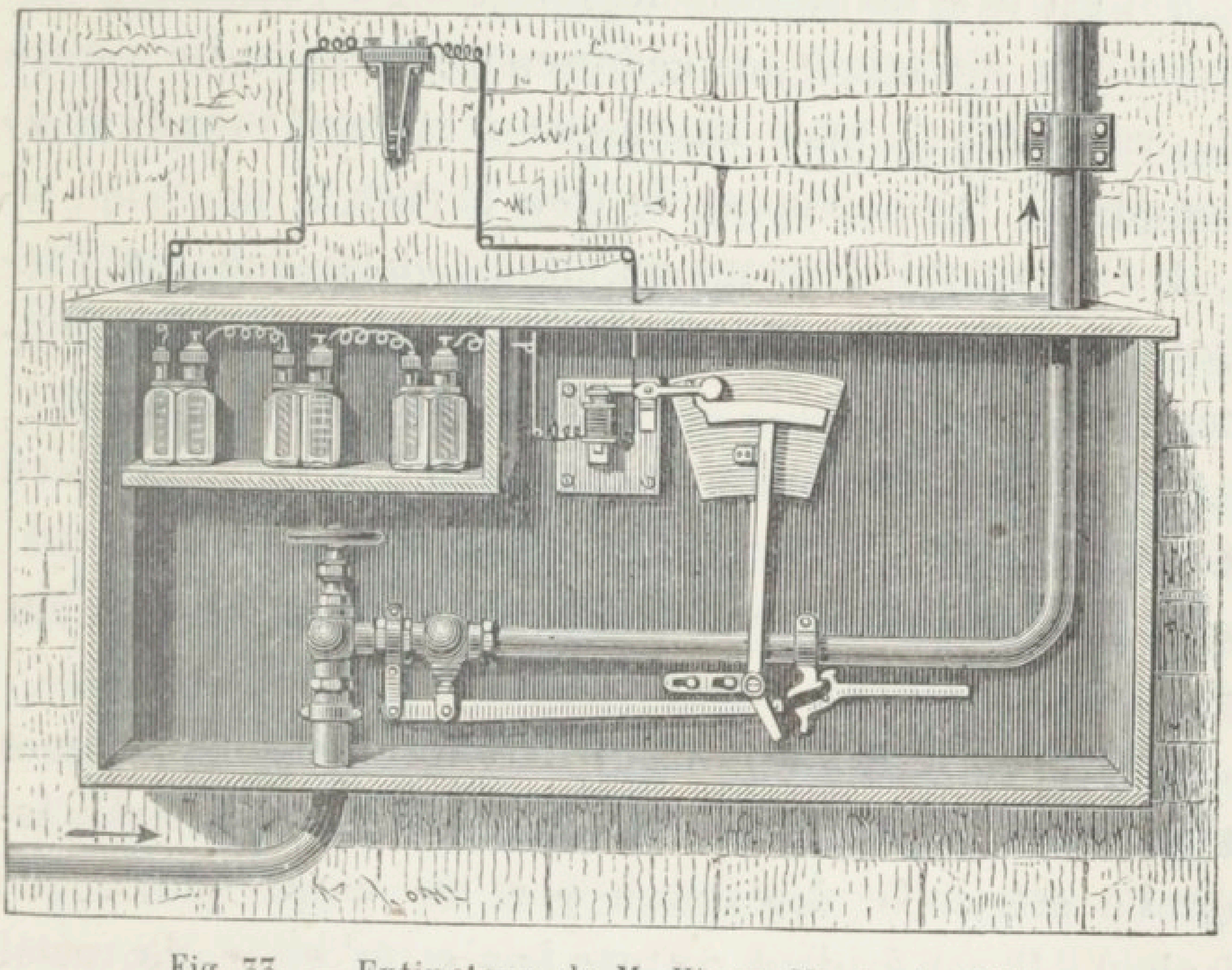


Fig. 33. — Extincteur de M. Hiram Maxim (p. 268).

établie sur la scène se trouve remplie d'air légèrement comprimé. De distance en distance se trouvent placés des robinets qui sont eux-mêmes fermés et maintenus dans cette position à l'aide de petits enclanchements. Ces enclanchements sont reliés à des cordelettes tendues en des points convenables, à proximité des robinets correspondants. » Dès qu'un incendie se déclare, ces cordelettes en brûlant déclanchent les robinets correspondants

qui s'ouvrent et laissent sortir l'air comprimé qui remplissait la canalisation. Cette dépression fait abaisser une soupape qui déclanche un poids, lequel ouvre, en tombant, le robinet du branchement : alors, l'eau sous pression envahit la canalisation, se répand par les ouvertures qui correspondent aux cordelettes brûlées, et inonde le point attaqué par le feu.

Tel est le système mécanique. Quant à l'extincteur automatique électrique, il comprend également un réseau de canalisation, mais ce réseau n'est pas rempli d'air comprimé. Il se compose de trois parties :

1° Un appareil fermant un circuit électrique sous l'action de l'élévation de température produite par l'incendie.

2° Un robinet automatique envoyant l'eau sous pression de la ville dans la canalisation de la scène.

3° Un système ouvrant les bouches d'écoulement aux points dangereux.

L'appareil fermant le circuit est formé de deux lames métalliques séparées par une pièce de métal fusible, laquelle est isolée des lames par un corps quelconque isolant. Il est évident qu'une fois cette pièce de métal fondue par l'incendie, le contact est établi entre les lames qui ferment le circuit de la pile sur le robinet automatique de prise d'eau.

« Ce robinet automatique se compose d'un électro-aimant qui sous l'action du courant devient actif, attire son armature, qui déclanche le levier. Le poids tourne alors de gauche à droite, et après avoir décrit un quart de cercle vient s'appliquer sur le levier tandis que le talon déclanche un arrêt qui maintenait le levier. Sous l'action

du poids, et par l'intermédiaire du levier, de la petite bielle, le robinet s'ouvre et l'eau sous pression envahit la conduite par le tuyau. Le robinet qui se manœuvre par un volant à main, sert à arrêter l'eau lorsque l'incendie est éteint, ou en cas de réparation; dans la position d'attente et de protection, il doit être toujours ouvert, car, sans cette précaution, le jeu du robinet automatique serait sans effet en cas d'accident. L'eau qui envahit les conduites montantes doit se déverser sur le point, ou les points, où l'incendie s'est déclaré; on pourrait faire usage de tuyaux simplement perforés, mais il est préférable de localiser l'émission d'eau sur le point même où l'incendie a éclaté. Cet effet est obtenu à l'aide d'orifices d'écoulement s'ouvrant par explosion de coton-poudre. »

Il est certain que la nouvelle invention de M. Hiram Maxim est extrêmement ingénieuse et pourra rendre de très grands services. Les acteurs, qui mieux que personne pourraient peut-être éteindre le feu dès qu'il se déclare sur la scène, se laissent les premiers dominer par la panique et songent à sauver d'abord leur propre vie. Avec l'extincteur de M. Hiram Maxim, il semble que les incendies de théâtres seront désormais peu nombreux.

FIN

APPENDICE

I

TABLE CHRONOLOGIQUE DES GRANDS INCENDIES

AVANT JÉSUS-CHRIST

1270? Incendie de Troie.

588. Incendie du temple de Jérusalem sous Nabu-kudur-usur.

503. Incendie de Sardes.

480. Incendie de la citadelle d'Athènes par les Perses.

Après le combat des Thermopyles, l'armée de Xerxès se partagea en deux corps : l'un alla attaquer le temple de Delphes, l'autre marcha sur Athènes. La ville était abandonnée, excepté par quelques citoyens, réfugiés dans le temple de Minerve. Les Perses découvrirent derrière les portes de la citadelle un lieu escarpé où les Athéniens n'avaient pas mis de gardes. Ils montèrent par cet endroit, et mirent le feu à la citadelle après avoir massacré les Athéniens et pillé le temple. (V. *Hérodote*, VIII, 53, et *Pausanias*, X, 35.)

390. Incendie de Rome par les Gaulois.

Après la bataille de l'Allia, les Gaulois vainqueurs arrivèrent devant Rome, dont ils trouvèrent les portes ouvertes et sans défense. Comme le soleil était sur le point de se coucher, ils ne voulurent pas entrer dans la ville pendant la nuit, par crainte

de quelque piége; le lendemain, ils s'avancèrent avec précaution jusqu'au *Forum magnum*, situé au pied du mont Capitolin. Quelques détachements se séparèrent du gros de l'armée pour commencer le pillage, mais toutes les rues étaient désertes, la plupart des maisons fermées. Ce fut seulement après le meurtre de Papirius que le massacre commença. — Les Gaulois ne se contentèrent pas de recueillir du butin; ils résolurent de brûler Rome et de ne rien laisser subsister d'une ville qui les avait insultés et humiliés.

Les historiens ne donnent point de détails sur cet incendie. Le feu détruisit-il la ville entière ou bien quelques quartiers? Aucun document ne nous autorise à répondre d'une manière certaine, et nous devons nous contenter de ce que dit Tite-Live: « Soit que tous n'eussent point la fantaisie de détruire la ville, soit que le dessein des chefs gaulois fût seulement d'effrayer par la vue de quelques incendies, dans l'espoir que l'attachement des assiégés pour leurs demeures les amènerait à se rendre, soit enfin qu'en ne brûlant pas la ville entière, ils voulussent se faire, de ce qui aurait survécu, un moyen de fléchir la constance de l'ennemi, la marche du feu le premier jour ne fut ni aussi générale ni aussi rapide qu'il est d'usage dans une ville conquise. » (V. 41.)

330. Incendie du palais de Persépolis.

213. Incendie des livres en Chine (V. le récit, p. 19).

146. Incendie de Corinthe.

Lorsque les Achéens eurent été vaincus à Leucoptera, le consul Mummius permit aux soldats de piller Corinthe. Les habitants furent saisis pour être vendus comme esclaves; on envoya à Rome les objets précieux, puis on mit le feu aux maisons, et l'incendie qui dura plusieurs jours fut suivi de la destruction des murailles.

74. Incendie d'Amisus.

Lucullus, en arrivant dans le Pont, alla de suite assiéger Amisus et Eupatoria. Callimaque, qui commandait à Amisus pour le compte de Mithridate, voyant qu'il ne pouvait plus résister, mit le feu à la ville.

48. Incendie de la Bibliothèque du *Bruchion*, à Alexandrie.

APRÈS JÉSUS-CHRIST

27. Premier incendie de Rome sous Tibère.

Tout le mont Célius fut brûlé, à l'exception de la statue de Tibère, placée dans la maison du sénateur Junius. Pour prévenir le mécontentement du peuple, Tibère dédommagea les incendiés à proportion de leur perte.

36. Deuxième incendie de Rome sous Tibère.

La partie du Cirque voisine de l'Aventin et l'Aventin lui-même furent brûlés. Cette fois aussi Tibère paya le prix des maisons incendiées (100 millions de sesterces).

64. Incendie de Rome sous Néron.

69. Incendie du Capitole sous Vitellius.

70. Incendie du temple de Jérusalem sous Titus.

80. Incendie de Rome sous Titus.

258. Incendies de Césarée (Cappadoce) et d'Émèse (Syrie) par Schahpour Ier.

304. Incendie du palais de Nicomédie.

Pendant l'hiver de l'année 303-304, Galérius vint habiter avec Dioclétien le palais de Nicomédie et décida le vieil empereur à persécuter les chrétiens. Le 23 février, les portes de l'église furent enfoncées, pendant que les chrétiens célébraient la fête des Terminales, et l'édifice fut détruit. Le lendemain, à l'heure où paraissait l'édit de persécution, le feu prit au palais de Nicomédie. Avait-il été mis par ordre de Galérius, qui voulait en accuser les chrétiens, ou bien par la foudre? Il fut impossible de le savoir.

586. Incendie de Paris.

« Dans ce temps-là, il y eut à Paris une femme qui disait aux habitants : « Fuyez de la ville, car elle va être consumée par

« un incendie » ; mais on ne faisait que rire de ses paroles, parce qu'on les regardait comme le résultat de sortilèges ou de vains rêves. La troisième nuit qui suivit les discours de cette femme, au moment où commençait le crépuscule, l'un des citoyens de la ville, ayant allumé un flambeau, entra dans un magasin, y prit de l'huile et d'autres choses dont il avait besoin, puis sortit, laissant sa lumière près de la tonne d'huile. Cette maison était la première contre la porte méridionale de la ville. La lumière qu'on y avait laissée y mit le feu; l'incendie la consuma, et gagna les autres maisons. Comme il atteignait la prison et menaçait les prisonniers qui s'y trouvaient, Saint-Germain leur apparut, brisa les pieux et les fers qui les retenaient captifs, ouvrit la porte, et leur permit de se sauver sans qu'ils eussent reçu aucun mal. Ainsi délivrés, ils se réfugièrent dans la basilique de Saint-Vincent, où se trouve le tombeau de ce bienheureux évêque. Le vent qui soufflait portait la flamme çà et là dans toute la ville, et l'incendie se développait avec la plus grande violence. Le feu s'arrêta d'un côté à l'oratoire de Saint-Martin. De l'autre côté, il consuma tout avec tant de violence, qu'il ne fut arrêté que par le fleuve : cependant les églises avec les maisons qui en dépendaient furent épargnées. On disait qu'anciennement la ville avait été consacrée, afin qu'elle fût préservée d'incendies et qu'on n'y vît ni serpents, ni loirs. Mais dernièrement, lorsqu'on nettoya l'égout du pont, et qu'on en ôta la boue qui l'obstruait, on y trouva un serpent et un loir d'airain; on les enleva, et dès lors se montrèrent des loirs sans nombre et des serpents, et la ville fut ensuite exposée aux incendies. »

(Grégoire de Tours, liv. VIII, ch. XXXIII., trad. Guadet et Taranne.)

639. Incendie de Towin (Arménie) par les Arabes.

642. Incendie de la bibliothèque du Sérapéion, à Alexandrie.

846. Incendie de l'abbaye de Saint Germain des Prés par les Normands.

856 et 857. Incendies de Paris par les Normands.

Tout ce qui avait échappé aux flammes en 856 fut détruit en 857, excepté les églises de Saint-Étienne, de Saint-Vincent et de

Saint-Denis, qui se rachetèrent moyennant des rançons considérables.

886. Incendie par les Normands des faubourgs, des environs et des parties de Paris situées en dehors de l'île et de la cité.

1034. Incendie de Paris sous Henri Ier.

1360. Incendie de Paris.

« Les États du royaume ayant refusé de ratifier le traité conclu par le roi Jean, après la funeste bataille de Poitiers, le roi d'Angleterre, à la tête de son armée victorieuse, se mit en marche sur Paris. Le lundi de Pâques de l'année 1360, le régent du royaume, qui devait plus tard porter le nom de Charles V, donna l'ordre de brûler les faubourgs de Saint-Germain-des-Prés, de Notre-Dame-des-Champs (aujourd'hui Saint-Jacques) et de Saint-Marceau, afin que les Anglais qui arrivaient sur la rive gauche de la Seine ne trouvassent pas à s'y loger. Quelques maisons à peine échappèrent à cet incendie commandé par le salut de l'État. Les Anglais, après avoir passé la semaine de Pâques devant Paris, furent obligés de se retirer. »

1524. Incendies dans les diverses parties de la France.

L'opinion publique attribua ces incendies, qui se déclarèrent un peu partout, au connétable de Bourbon, lequel servait en Italie dans l'armée impériale. Le 24 mai 1524, Meaux fut presque entièrement brûlée.

1562. Incendies de trois prêches de huguenots, à Paris.

Le connétable Anne de Montmorency fit brûler le temple de Jérusalem (faubourg Saint-Jacques), le temple des Patriarches (faubourg Saint-Marceau) et le temple de Popincourt.

1571. Incendie de Moscou

1618. Incendie du Palais de justice, à Paris.

Incendie de six bateaux, sur la Seine.

« Des jeunes gens étant allés se divertir dans l'île Saint-Louis qu'on appelait alors île Notre-Dame et qui ne possédait pas

encore de maisons, eurent l'imprudence, vers le soir, de tirer des fusées. Une de ces fusées alla tomber sur un bateau et y mit le feu, qui se communiqua bientôt à six autres bateaux tous chargés de foin. Les câbles ayant été brûlés, ces sept bateaux suivirent le fil de l'eau, menaçant d'embraser sur leur passage les maisons bâties au bord de la rivière et surtout celles qui, à cette époque, surmontaient les ponts. On essaya d'abord de les arrêter, mais comme on ne put y parvenir, on résolut de les éloigner de Paris en les faisant passer sous les ponts. Trois de ces bateaux, dirigés avec adresse, passèrent en effet sans causer de dommage et allèrent achever de se brûler à Saint-Cloud. Des trois autres, un s'arrêta contre les piles du pont Notre-Dame, et deux contre celles du pont au Change. On réussit après bien des efforts à couler sur place les deux du pont au Change et à dégager le troisième, qui alla brûler près de Chaillot. »

1621. Incendie du pont aux Marchands et du pont au Change.

Les deux ponts, au bout de trois heures, tombèrent dans la Seine avec les maisons qu'ils supportaient. Des quêtes furent organisées en faveur des familles ruinées par cet accident, et par ordre du Parlement, lesdites familles furent logées et nourries dans l'hôpital Saint-Louis pendant six mois.

1631. Incendie de la Sainte-Chapelle.
1656. Incendie du pont de bois des Tuileries.
1661. Incendie dans la galerie des peintres, au Louvre.
1666. Incendie de Londres.
1689. Incendie du Palatinat.
1698. Incendie de White-Hall.
1705. Incendie de l'église du Petit-Saint-Antoine.

Les pompes portatives de du Mouriez du Perrier y furent employées pour la première fois.

1718. Incendie du Petit Pont.
1728. Incendie de Copenhague.

1734. Incendie du palais du roi d'Espagne et des archives de la couronne, à Madrid.

1737. Incendie de l'Hôtel-Dieu.

1738. Incendie au Palais de justice de Paris.

Le corps de bâtiment occupé par la Cour des comptes fut brûlé avec tous les registres et papiers qu'il renfermait.

1746. Incendie des maisons du pont au Change.

1752. Incendie de la foire Saint-Germain, à Paris.

Cette foire se tenait dans 340 loges réunies en un seul corps de bâtiment, percé de neuf rues couvertes, et contenant une chapelle.

1761. Incendie du théâtre de Kornerthor, à Vienne,

1763. Incendie de l'Opéra.

L'Opéra était alors situé dans la cour des Fontaines. La salle, qui brûla tout entière, fut rebâtie sur le même emplacement.

1772. Incendie à l'Hôtel-Dieu.

Incendie du théâtre d'Amsterdam.

1776. Incendie au Palais de justice.

Cet incendie s'étendit depuis la galerie des prisonniers jusqu'à la Sainte-Chapelle.

1777. Incendie des baraques de la foire Saint-Ovide[1], place Louis XV, à Paris.

1778. Incendie du théâtre du Colisée, à Saragosse.

1780. Incendie du théâtre de Glascow.

1781. Incendie de l'Opéra, à Paris.

Le 8 juin 1781, le feu prit pour la seconde fois à l'Opéra, à la fin du spectacle. En très peu de temps, la salle entière fut embrasée, et vingt et une personnes perdirent la vie. On chargea

1. La foire Saint-Ovide venait d'être transférée place Louis XV ; elle se tenait auparavant, depuis 1665, sur la place Vendôme.

l'architecte Lenoir de construire une nouvelle salie, et celle-ci fut prête le 27 octobre suivant. Elle servit à l'Opéra jusqu'au 28 juillet 1794.

1782. Incendie à Constantinople.

Plusieurs quartiers furent presque entièrement brûlés. Le service si imparfait qui existe de nos jours à Constantinople, et dont nous avons parlé, n'existait pas encore.

1784. Incendie à Constantinople.
1787. Incendie des Délassements-Comiques.
1788. Incendie du théâtre de Hay-Market, à Londres.
Incendie du théâtre de Saragosse.
Incendie du Grand Opéra (Menus-Plaisirs), à Paris.
1789. Incendie des barrières de Paris et du couvent des Lazaristes.
Incendie de la maison Réveillon, à Paris.
Incendie du théâtre de Manchester.
1791. Incendie de Manille.
Incendie des magasins de l'Amirauté, à Amsterdam.
1792. Incendie du théâtre de Falmouth.
Incendie de l'hôtel de la Force, à Paris.
Incendie du Panthéon, à Londres.
Incendie de Stargardz (Prusse).
Incendie à Constantinople.
1793. Incendie du Cap Français et massacre des blancs, à Saint-Domingue.
Incendie de Wiborg.
Incendie de l'hôpital Sainte-Marie, à Meaux.
Incendie de l'hôpital militaire, à Anvers.
Incendie de Gothenbourg.

1793. Incendie à Arkangel.
Incendie de la fonderie royale, à Lisbonne.
Incendie de Kaschan.
1794. Incendie de l'amphithéâtre d'Asley, à Londres.
Incendie du théâtre de Hay-Market.
1797. Incendie du théâtre des Délassements-Comiques, à Paris.
1798. Incendie du cirque du Palais Royal.

Cet incendie dura cinq jours.

1798. Incendie du théâtre Lazary, à Paris.
1799. Incendie du Théâtre Français (Odéon).
Incendie de Port-au-Prince.
1800. Incendie de la Halle aux blés, à Paris.
1802. Incendie du Cap Français.
1803. Incendie du dôme de la Salpêtrière, à Paris.
1804. Incendie du théâtre-musée Colombien, à Boston.
1805. Incendie du théâtre Surrey, à Londres.
1807. Incendie de Copenhague.
1808. Incendie du théâtre de Covent-Garden, à Londres.
1809. Incendie du théâtre de Drury-Lane, à Londres.
1810. Incendie d'Eisenach (Saxe).
1811. Incendie du théâtre de Richmond (États-Unis).
Incendie du marché d'Aguesseau, à Paris.
1812. Incendie de Smolensk.

Napoléon avait envoyé un détachement de cavalerie au bord du Dnieper avec mission de chercher un gué, mais le fleuve ne fut pas trouvé guéable au-dessus de Smolensk. Voyant en outre que les Russes ne débouchaient pas de la ville pour lui livrer bataille, l'empereur ordonna à ses troupes de commencer l'attaque. Les maréchaux Davout et Ney se mirent aussitôt à l'œuvre : le premier enleva les faubourgs de Micislan et de Roslawl, et, dans la soirée, prépara tout pour emporter l'enceinte d'assaut le

lendemain. Mais, pendant la nuit, les Russes évacuèrent Smolensk, après y avoir mis le feu. Les soldats français, voyant le clocher de la cathédrale de l'archevêché se dresser sur un horizon flamboyant, voulaient pénétrer dans la ville; on les obligea à attendre au lendemain. Ils trouvèrent les principaux magasins détruits, avec les marchandises ou les denrées qu'ils renfermaient. Des morts et des blessés encombraient les rues.

1812. Incendie de Moscou.
1816. Incendie du théâtre Saint-Charles, à Naples.
Incendie de Port-Louis.
1817. Incendie du théâtre de Sadlers-Will.
Incendie du Théâtre Royal deBerlin.
1818. Incendie de l'Odéon.

Le 20 mars 1818, à 3 heures après midi, quelque temps après la répétition d'une pièce en un acte, le feu prit dans l'intérieur de la salle de l'Odéon. Les flammes gagnèrent les décorations, les boiseries, et avant 4 heures, les escaliers furent en partie embrasés. A la première nouvelle, des secours arrivèrent de tous côtés; le chancelier de France et le grand référendaire de la chambre des pairs stationnèrent jusqu'à la fin sur le lieu du sinistre, avec les personnes attachées au service de la chambre; le duc de Berry encouragea aussi les travailleurs.

A 5 heures moins le quart le comble s'écroula tout entier ce qui circonscrivit le foyer de l'incendie, et vers 10 heures le feu était partout éteint, sauf dans quelques débris de boiseries.

Des souscriptions furent ouvertes pour la reconstruction de l'édifice et en faveur des employés du théâtre. Puis, une ordonnance du roi, en date du 25 mars, décida que la salle serait reconstruite sur son emplacement actuel, que l'Odéon continuerait d'être une annexe de la Comédie Française, et qu'on y pourrait jouer les pièces formant le répertoire de notre premier théâtre.

1818. Incendie au Palais de justice de Paris.
1819. Incendie du Phénix.
Incendie à la tour Saint-Jacques-la-Boucherie.

1820. Incendie du quartier turc, à Smyrne.
Incendie du palais impérial de Zarskojesela, à Saint-Pétersbourg.
Incendie de Port-au-Prince.

Le feu détruisit environ 600 maisons, et la perte en bâtiments, meubles et marchandises dépassa 25 millions.

1820. Incendie de Bercy.

Au mois d'août 1820, le feu se déclara dans les magasins de vins du port de la Râpée, à Bercy, et prit en quelques minutes des proportions effrayantes. Le vin se répandait de tout côté, formant des flaques et des mares où l'on puisait le liquide nécessaire à l'alimentation des pompes. Ce ne fut qu'au bout de sept heures qu'on put se rendre maître du feu : l'espace incendié était long de 600 mètres et la quantité de vin perdu s'élevait à 115 800 hectolitres.

1820. Incendie du palais du prince d'Orange, à Bruxelles.
1821. Incendie de l'hôtel des États-Généraux, à Bruxelles.
1822. Incendie de la cathédrale de Rouen.
Incendie de l'église luthérienne d'Amsterdam.
Incendie des factoreries européennes de Canton.
Incendie de la flotte ottomane par les Grecs, devant Chio.
1823. Incendie de la basilique de Saint-Paul, à Rome.
Incendie du théâtre de Munich.
Incendie de l'hospice de Bicêtre.
1824. Incendie de la citadelle du Caire.
Incendie du marché Saint-Jacques-la-Boucherie.
1825. Incendie de Salins.
Incendie du *Kent*.
1826. Incendie du cirque Olympique, à Paris.

1826. Incendie du cirque Richter, à Berlin.
1827. Incendie de l'Ambigu Comique, à Paris.
Incendie du Palais Royal, à Paris.
Incendie de Jassy (Moldavie).
1830. Incendie de l'Opéra, à Londres.
Incendie de l'amphithéâtre d'Asley, à Londres.
Incendie d'Argyle-Rooms, à Londres.
Incendies en Normandie.
Incendie de la filature de coton de Syout.

Chérif-bey fit préalablement bâtonner tous les employés de la filature qui, convertis en maçons, procédèrent ensuite à la reconstruction de l'édifice.

1831. Incendie du théâtre Lycæum, à Londres.
1832. Incendie de l'arsenal de Brest.
1834. Incendie des chambres du Parlement anglais.
1835. Incendie du théâtre de la Gaité, à Paris.
Incendie de la ville neuve de Canton.
Incendie de New-York.

La nuit du 16 décembre 1835 fut exceptionnellement froide : tous les cours d'eau étaient gelés, le vent soufflait avec violence, et lorsque vers huit heures du soir le feu se déclara à New-York, dans Merchant-street, il fut impossible de s'opposer à ses progrès. En un instant, le triangle formé par les rues Wall, William et Pearl fut tout en flammes, et la partie la plus ancienne mais la plus riche de la ville présenta l'aspect d'un énorme brasier. — Ce fut un sauve-qui-peut général. Les uns emportent précipitamment ce qu'ils ont de plus précieux, les autres jettent des marchandises par les fenêtres, et les rues sont littéralement couvertes de cachemires, de dentelles et de soieries. On avait espéré un moment que la Bourse et le Hanover-Square seraient épargnés, et l'on y avait transporté une foule de meubles et de marchandises, mais les flammes n'épargnèrent pas plus ces deux endroits que le reste de la ville. Au plus fort de l'incendie, on apercevait de Cranberry, dans le New-Jersey, des colonnes d'une

fumée rougeâtre et mêlée d'étincelles. — Le quartier commerçant de la ville, qui se composait de 17 masses d'édifices, fut complètement anéanti. Les compagnies d'assurances se trouvèrent insolvables, et pourtant aucun négociant ne fit faillite.

1836. Incendie de la cathédrale de Chartres.
Incendie des Folies-Dramatiques, à Paris.
Incendie du cirque Lehmann, à Saint-Pétersbourg.

1837. Incendie du palais du roi, à Naples.
Incendie du palais de l'empereur, à Saint Pétersbourg.
Incendie du théâtre de la Gaîté.

1838. Incendie de *Royal-Exchange*, à Londres.
Incendie du Théâtre Italien, à Paris.
Incendie du Vaudeville (rue de Chartres), à Paris.
Incendie du château du duc de Wurtemberg.
Incendie de la Nouvelle-Orléans.
Incendie de Charleston.

1839. Incendie de Constantinople-Péra.

1840. Incendie du fort de la marine, à Beyrouth.

1841. Incendie de Mayaguez (États-Unis).
Incendie du cirque Asley, à Londres.
Incendie de la Tour de Londres.
Incendie du bateau à vapeur américain *l'Érié*.
Incendie de 21 villages et de 14 couvents par les Druses révoltés contre les Chrétiens.

1842. Incendie de Hambourg.
Incendie à Smyrne.

1843. Incendie du théâtre du Havre.
Incendie de l'Opéra, à Berlin.

1843. Incendie du Théâtre enfantin, galerie de l'Opéra, à Paris.
1844. Incendie du Ministère de la marine, à la Haye.
1845. Incendie de l'église des Pénitents-Gris, à Édimbourg.
Incendie de l'hôtel du gouvernement, à Liège.
Incendie de Québec.
Incendie du théâtre de Canton.
1846. Incendie du quartier arménien, à Smyrne.
Incendie des chantiers du Mourillon, à Toulon.
Incendie du théâtre d'Avignon.
Incendie de l'Hippodrome de Paris.
Incendie du théâtre Garrick, à Londres.
Incendie du théâtre de Québec.
1847. Incendie de l'hôpital de Carpentras.
Incendie de Colmar.
Incendie du Théâtre Grand-Ducal, à Bade.
Incendie du théâtre de la Cour, à Carlsruhe.
1848. Incendie du théâtre du Parc, à New-York.
Incendie de l'hôtel de la sous-préfecture, à Dinan.
Incendie du magasin aux fourrages, à Maubeuge.
Incendie du Diorama, à Paris.
1849. Incendie du théâtre Olympique, à Londres.
Incendie de l'hôtel du Parlement, à Montréal.
1850. Incendie des jonques du fleuve Kiang, à Ouchan-fou.
Incendie de Rangun (Birmanie).
Incendie à la Nouvelle-Orléans.
Incendie à San-Francisco.
1851. Incendie dans l'église des Invalides, à Paris.

1851. Incendie du Capitole, à Washington.
Incendies en Californie.
Incendie du théâtre de Rio-Janeiro.
Incendie des salles de la première Chambre des États, à Berlin.
Incendie à Elbeuf.

1852. Incendie à l'Élysée, à Paris.
Incendie de Sacramento (Californie).
Incendie du vaisseau anglais *l'Amazone*.
Incendie du théâtre Trémont, à Boston.
Incendie du théâtre de Tournai.

1853. Incendie des chantiers du port de Cronstadt.
Incendie du Théâtre Français, à Moscou.
Incendie du théâtre Adelphi, à Édimbourg.
Incendie du cirque Islington, à Londres.
Incendie du cirque du Ring, à Berlin.

1854. Incendie de la cathédrale de Murcie.
Incendie à l'Hôtel de ville de Paris.
Incendie de l'Hôtel de ville et de la Bibliothèque de Vienne.
Incendie de six bateaux à vapeur, à la Nouvelle-Orléans.
Incendie de Barèges.
Incendies de Warbeg, Isenkœpping, Œrebro, Skeen et Holmbo (Scandinavie).
Incendie de Manille (Espagne).
Incendie de New-York.

1855. Incendie de la Monnaie, à Bruxelles.
Incendie à Saint-Pétersbourg.
Incendie du théâtre des Variétés, à Bordeaux.

1856. Incendie du théâtre de Covent-Garden, à Londres.

1856. Incendie du théâtre du Pavillon, à Londres.
1857. Incendie du théâtre de *Gli-Aquidotti*, à Livourne.
1858. Incendie du théâtre de Cobwen.
1859. Incendie à Constantinople.
Incendie du théâtre de Cologne.
Incendie du théâtre du Pré-Catelan, à Paris.
1860. Incendie du théâtre de Namur.
Incendie de Limoges.
1861. Incendie de Glaris.
Incendie des bâtiments de *Cotton's Wharf*.
Incendie du théâtre de Chambéry.
Incendie du magasin de décors de l'Opéra, à Paris.
1862. Incendie du théâtre de Namur.
Incendie de l'alcazar de Ségovie.
Incendies à Saint-Pétersbourg, à Moscou et à Odessa.
Incendie de l'Hôtel de ville de Bordeaux.
1863. Incendie du Théâtre Royal de Jersey,
Incendie du Grand Théâtre de Boston.
Incendie du théâtre de Plymouth.
Incendie du théâtre de Glascow.
Incendie du théâtre du Quai-François-Joseph, à Vienne.
Incendie du Sérail, à Constantinople.
Incendie de la gare du chemin de fer de l'Ouest, à Paris.
1864. Incendie du théâtre de Chambéry.
Incendie du théâtre de Limoges.
1865. Incendie du théâtre Ventadour.
Incendie du théâtre de Surrey-Garden, à Londres.

1865. Incendie du théâtre royal d'Édimbourg.
Incendie du théâtre de Surrey, à Sheffield.
Incendie du théâtre du Parc, à Stockholm.
Incendie du Théâtre Royal de Breslau.
Incendie du théâtre d'Angers.
Incendie du théâtre Mondini, à Vérone.
Incendie du magasin de l'arsenal de la marine, à Toulon.
Incendie du quartier Sainte-Walburge, à Anvers.
Incendie à Constantinople.

1866. Incendie d'Énos (Turquie).
Incendie du Palais de cristal de Sydenham, près Londres.
Incendie de Québec.
Incendie de Portland.
Incendie de Port-au-Prince.
Incendie de Yokohama (Japon).
Incendie de la gare du chemin de fer de Turin.
Incendie du palais du roi à Bruxelles.
Incendie de l'Opéra, à Cincinnati.
Incendie du Théâtre Impérial de Constantinople.
Incendie du Standard-Theatre, à Londres.
Incendie du Grand Théâtre de la Nouvelle-Orléans.
Incendie du théâtre des Nouveautés, à Paris.
Incendie du théâtre de Brest.

1867. Incendie du théâtre du Conservatoire, à Madrid.
Incendie de l'église d'Auffay, monument historique de la Seine-Inférieure.
Incendie du théâtre de Namur.
Incendie du théâtre de Belleville.

1867. Incendie du théâtre de Bourges.
Incendie du théâtre Bowery, à New-York.
Incendie du théâtre de Winter-Garden, à New-York.
Incendie du Théâtre Comique, à Saint-Louis (États-Unis).
Incendie du théâtre des Variétés, à Philadelphie.
Incendie du théâtre *Her's Majesty*, à Londres.
Incendie du Grand Théâtre de San-Francisco.
Incendie de la cathédrale de Francfort.

1868. Incendie du théâtre Nota, à Turin.
Incendie du Théâtre Américain, à New-York.
Incendie du théâtre de Trévise.

1869. Incendie de l'Hippodrome, à Paris.
Incendie du théâtre de Glascow.
Incendie du théâtre de Cologne.
Incendie du Théâtre Royal de Dresde.
Incendie dans le port de Bordeaux.

1870. Incendie de Constantinople.
Incendie de Strasbourg.
Incendie de Bazeilles.
Incendie de Châteaudun.
Incendie du château de Saint-Cloud.

Saint-Cloud, déclaré propriété nationale en 1848, était devenu dans la suite une des résidences de Napoléon III. Le 20 septembre 1870, les Prussiens (5e corps, Basse-Silésie) arrivèrent devant le palais de celui qui venait de terminer son règne.

Le 24, les ennemis tiraient du parc sur nos canonnières qui remontaient la Seine; du 12 au 22 octobre, le palais brûla; puis ce fut le tour du village : les maisons de MM. Charles Yriarte, Jules Levallois, Dantan furent au nombre de celles qu'incendièrent les Prussiens.

1871. Incendie de la Pointe-à-Pitre.
Incendie de Paris sous la Commune.
Incendie de Chicago.
Incendie du théâtre des Célestins, à Lyon.

1872. Incendie de Boston.
Incendie de l'Escurial.
Incendie de Yeddo (Japon).
Incendie du théâtre de Tien-Tsin (Chine).

1873. Incendie de l'Opéra de Paris.
Incendie de l'Alcazar de Marseille.

1874. Incendie de l'Eldorado, à Avignon.
Incendie de la rue Crozatier, à Paris.

1875. Incendie du Grand Théâtre, à Lyon

1876. Incendie du théâtre de Saint-Brieux.
Incendie du théâtre des Arts, à Rouen.
Incendie du théâtre des Variétés, à Montpellier.
Incendie du théâtre Brooklyn (États-Unis).

1877. Incendie de la cathédrale de Metz.

1878. Incendie du théâtre des Fantaisies Lyriques, à Rouen.

1879. Incendie du château royal de Tervueren (Belgique).

1880. Incendie du vaisseau cuirassé *Le Richelieu*.
Incendie du théâtre des Célestins, à Lyon.
Incendie du théâtre de la Grande-Vue, à Lyon.

1881. Incendie du théâtre de Nice.
Incendie du théâtre de Montpellier.
Incendie du Ring-Théâtre, à Vienne.
Incendie des écuries impériales; à Constantinople.

1882. Incendie de Galveston (Texas).

1882. Incendie des chantiers de la Buire, à Lyon.

L'incendie qui éclata dans la partie nord des vastes chantiers de la Buire, à Lyon, poussé par un vent violent du nord, atteignit rapidement l'extrémité sud des ateliers, parcourant ainsi une longueur d'environ quatre cents mètres.

Les ateliers de scierie et de menuiserie, les magasins de bois, les fours, les hangars, où se trouvaient des wagons non encore livrés, et toutes les maisons de la rue Crémieux, adossées aux ateliers, devinrent la proie des flammes.

Toutes les constructions, élevées sur une étendure d'au moins cinq hectares, furent anéanties. Les pertes furent évaluées approximativement à quatre millions.

Neuf personnes furent blessées, dont trois grièvement ; et presque tous les ouvriers des chantiers de la Buire, au nombre de 3000, se trouvèrent sans travail.

1882. Incendie d'Alexandrie.

Incendies dans les forêts de Livonie.

Incendie de la gare du Caire.

II

LES INCENDIES ET L'ART

Les circonstances si diverses, les contrastes puissants de lumière et d'ombre, les scènes émouvantes, qui accompagnent d'ordinaire les incendies devaient frapper l'imagination des artistes, et ont inspiré à quelques-uns d'entre eux des œuvres remarquables. Il n'est peut-être pas sans intérêt de donner ici les noms des peintres qui ont représenté des incendies.

1. ÉCOLE FRANÇAISE

Claude-Joseph VERNET : *Une ville maritime en flammes*, effet de nuit (Pinacothèque de Munich). Gr. par Elisabeth Lempereur.

Pierre GUÉRIN a tracé une grande *Esquisse de l'incendie de Troie* qu'il n'a jamais terminée.

Ary SCHEFFER : *La fin d'un incendie de ferme* (salon de 1824). Le jour vient de paraître. Le fermier est entouré de sa famille; sa femme pleure sur son épaule; sa petite fille lui prend les bras; son jeune enfant dort dans un ber-

ceau. Derrière lui, quelques villageois prennent part à sa douleur.

Le sujet est traité avec un goût exquis et une grande sensibilité; l'exécution est irréprochable, le dessin pur, la composition étudiée.

J.-B.-Camille Corot : *Loth et ses filles*. « Au fond d'une vallée sombre et lugubre, sur le mur d'un grand tombeau, se détache l'ange en tunique violette, tirant par la main Loth à demi vêtu et soutenu par l'une de ses filles; l'autre porte des hardes; à vingt pas, la statue de sel. La côte monte sous un ciel convulsionné, traversé de nuées bitumineuses, et de monstrueuses fumées rougeâtres reflètent en dessous la flamme des incendies dont les langues percent par-dessus la bande de l'horizon. Tout à fait au sommet, dans un lointain immense, une sorte d'arc de triomphe dont les pilastres sont éclairés par la pourpre et le soufre de la fournaise. A gauche de l'ange, deux troncs d'arbres desséchés et couchés par l'ouragan. »

Théodore Gudin : *Incendie du Kent*, vaisseau de la Compagnie des Indes[1].

Id. — *Incendie du quartier de Péra*, à Constantinople (Salon de 1844).

Eugène Isabey : *Incendie du steamer l'Austria* (Salon de 1859).

Alexandre Antigna : *Scène d'incendie* (Musée du Luxembourg).

Jules Breton : *L'incendie* (Salon de 1861).

1. Voir plus haut le récit de cet incendie.

2. ÉCOLE HOLLANDAISE

Egbert Van der Poel (1620-1690) s'est essayé dans tous les genres, mais il a surtout excellé dans les représentations des incendies nocturnes. Ses compositions se recommandent par une grande justesse d'effet, une touche expressive et délibérée, des ciels profonds, des figurines pittoresques et mouvementées. Citons, parmi ses *incendies*, ceux d'*une maison de paysans* (Rotterdam), d'*un village* (Stockholm), d'*une ville pendant la nuit* (Vienne), d'*une chaumière* (Vente du cardinal Fesch, à Rome, en 1845).

Arnould Van der Neer (1619-1683) a reproduit généralement les environs d'Utrecht et d'Amsterdam, avec des effets de clair de lune, mais il ajouta parfois à la mélancolie de ces scènes charmantes le contraste des incendies. En ce genre, *l'Incendie vu du grand canal, à Amsterdam*, est le chef-d'œuvre de Van der Neer. « Entre le spectateur et l'incendie se succèdent plusieurs ponts couverts de monde, et la silhouette agitée de la foule s'élève fortement sur les sinistres lueurs qui éclatent au centre du tableau. Le vague des couleurs, l'incertitude des masses éloignées, l'indécision des formes, — de celles du moins qui ne se dessinent pas en vigueur sur le feu, — la profondeur de l'espace, tout contribue à faire paraître le tableau beaucoup plus grand qu'il ne l'est en réalité. Les maisons d'Amsterdam rangées en perspective le long des quais et rendues avec l'exactitude et le charme qu'aurait pu y mettre un Van der

Heyden donnent l'idée d'une ville considérable, de sorte que, dans une petite toile, le spectacle de l'incendie paraît immense. Cette fois, le peintre s'est bien gardé d'établir une lutte entre deux lumières en faisant contraster les clartés de la lune avec celles de ce vaste embrasement. Il ne lui a fallu, pour faire un tableau sublime, que le feu et la nuit. Aussi est-ce bien là le plus beau Van der Neer qui se puisse voir. L'incendie s'y allume deux fois, dans la ville et dans l'onde du canal, qui ressemble à un ruisseau de feu. Les flammes s'élancent, pétillent et produisent mille effets piquants sur les vitres des maisons, et partout où l'eau de l'Amstel en réfléchit les étincelles; mais partout ces brillants détails sont habilement subordonnés, et l'ensemble présente un aspect imposant, dramatique, d'une beauté lugubre, plein de mouvement, mais aussi plein de grandeur et d'unité[1]. »

Jean Van der Heyden : *Un incendie à Amsterdam*, au dix-septième siècle (Collection Dutuit, de Rouen).

3. ÉCOLE FLAMANDE

Pierre Breughel le jeune traita spécialement des incendies, des effets de flammes dans les ténèbres, et des scènes infernales. Aussi, fut-il appelé Breughel d'Enfer. Nous citerons : *La ruine de Sodome* (tableau sur cuivre), *L'incendie de Troie* (id.) et *Incendie et sac d'une ville par des troupes victorieuses* (Musée de Madrid).

1. Ch. Blanc, *Histoire des peintres*, École hollandaise, t. Ier.

Bonaventure Peters : *Incendie de la flotte anglaise dans le port de Chatham* (Musée d'Amsterdam).

4. ÉCOLE ALLEMANDE.

Charles-Frédéric Schinkel : *L'incendie de Moscou*, composition faite pour le panorama de W. Gropius, à Berlin.

Pierre Cornelius : *Destruction de Troie*, fresque de la salle des Héros, à la glyptothèque de Munich.

Louis Knaus : *L'incendie de la ferme* (Exposition universelle de 1855).

5. ÉCOLE ROMAINE.

Raphaël : *L'incendie du bourg*, fresque du Vatican. En 847, un violent incendie éclata à Rome dans le faubourg habité par les Saxons et les Lombards, entre le Vatican et le mausolée d'Adrien. Ce faubourg s'appelait *Borgo-Nuovo* (bourg neuf) ou cité Léonine, du nom du pape Léon IV qui l'avait annexé à Rome. L'église de Saint-Pierre se trouvant menacée, le pape apparut dans une *loggia* et fit le signe de la croix sur les bâtiments enflammés : l'extinction immédiate de l'incendie fut attribuée par les assistants à l'intervention du chef de la chrétienté.

Le souvenir de cet événement fournit à Raphaël l'occasion de faire un chef-d'œuvre. La fresque du

Vatican, connue sous le nom d'*incendie du Borgo*, est une des plus belles productions de ce grand peintre. Au fond, se dresse la vieille basilique, et dans une loggia, aujourd'hui détruite, le pape, entouré de sa suite, bénit une foule émue et recueillie.

La partie centrale du premier plan est occupée par des enfants et des femmes. Une de ces dernières, vêtue d'une robe jaune, lève au ciel ses bras nus et suppliants. On remarque surtout une mère montrant à son enfant à joindre les mains pour prier pour elle. A droite, des hommes et des femmes essayent d'éteindre l'incendie : une jeune femme présente à un jeune homme deux vases d'eau, tandis qu'une autre, un vase sur la tête, descend les marches d'un escalier. Des groupes implorent l'intercession du pape.

A gauche, au premier plan, une jeune mère, du haut de la muraille de sa maison ruinée, se penche dans le vide et tend son enfant à un homme qui se hausse sur la pointe des pieds pour le recevoir. Sur le devant, un jeune homme, nouvel Énée, emporte sur ses épaules son père nu et accompagné de son fils [1].

1. Voir *Raphaël*, par M. Passavant, trad. de l'allemand par Paul Lacroix. Paris, 1860, 2 vol. in-8. — Dupaty, *Lettres sur l'Italie*, Rome et Paris, 1788, 2 vol. in-8.

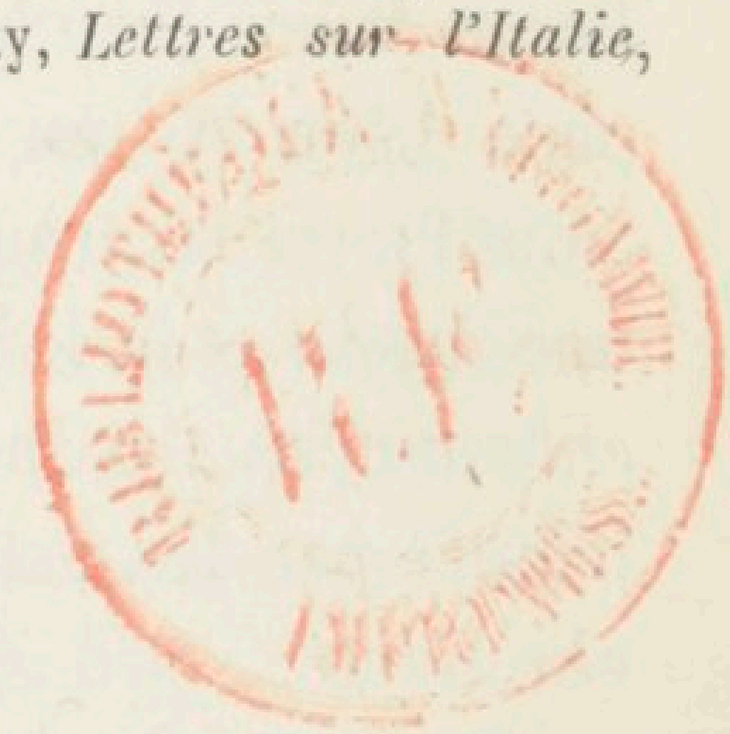


TABLE DES GRAVURES

FRONTISPICE. — Incendie de la cathédrale de Chartres.

Figures. Pages.

1. Incendie du temple de Diane (356 av. J.-C.). 11
2. Incendie de Rome sous Néron (64). 25
3. Incendie de Londres (1666). 50
4. Incendie de Moscou (1812). 68
5. Incendie de la cathédrale de Rouen (1822). 79
6. Incendie du *Kent* (1825). 85
7. Médaille commémorative de l'incendie de la cathédrale de Chartres. 101
8. Incendie de la Tour de Londres (1841). 105
9. Incendie de Constantinople (1870). 126
10. Incendies de Paris (mai 1871) 151
11. Plan de l'incendie de Boston (1872). 166
12 Incendie du Ring-Théâtre (1881). 177
13. Emploi de l'extincteur dans les houillères. 191
14. Incendie de la houillère d'Astley. 197
15. Incendie de pétrole en Pensylvanie (1861). 201
16. Incendie de forêt dans la Colombie anglaise (1864). 211
17. Incendie d'une forêt vierge au Brésil. 217
18. Incendie de prairie. 221
19. Principe de la pompe. 254
20. Pompe aspirante 255
21. Pompe foulante. 256
22. Bâche. 257

23. Tamis. 257
24. Balancier. 258
25. Lance. 258
26. Pompe à incendie à vapeur. 259
27. Chariot à incendie. 262
28. Échelle à crochet. 263
29. Hache. 263
30. Ceinture de sauvetage. 263
31. Sac de sauvetage. 264
32. Appareil à feux de caves. 265
33. Extincteur de M. Hiram Maxim. 269

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

LES INCENDIES CÉLÈBRES

		Pages
I.	L'incendie de Troie (1270 av. J.-C.).	1
II.	L'incendie du Temple de Jérusalem par Nabu-kudur-usur (588 av. J.-C.).	5
III.	L'incendie de Sardes (503 av. J.-C.).	7
IV.	L'incendie du temple de Diane (356 av. J.-C.).	9
V.	L'incendie du palais de Persépolis (330 av. J.-C.).	16
VI.	L'incendie des livres en Chine (213 av. J.-C.)	19
VII.	L'incendie de Rome sous Néron (64).	23
VIII.	L'incendie du Temple de Jérusalem sous Titus (70). . .	29
IX.	L'incendie de la Bibliothèque d'Alexandrie (642). . . .	33
X.	L'incendie de Moscou (1571)	37
XI.	L'incendie du Palais de Justice (1618).	43
XII.	L'incendie de Londres (1666).	49
XIII.	L'incendie du Palatinat (1689).	57
XIV.	L'incendie de Moscou (1812)	65
XV.	L'incendie du *Phénix* (1819)	73
XVI.	L'incendie de la cathédrale de Rouen (1822).	78
XVII.	L'incendie du *Kent* (1825)	81
XVIII.	L'incendie de Salins (1825)	91
XIX.	L'incendie des Chambres du Parlement anglais (1834). .	95
XX.	L'incendie de la cathédrale de Chartres (1836)	97
XXI.	L'incendie de la Tour de Londres (1841).	104

XXII. L'incendie de Hambourg (1842). 109
XXIII. L'incendie de l'Hôtel du Parlement, à Montréal (1849). 114
XXIV. L'incendie de Glaris (1861) 117
XXV. L'incendie de l'église de la Compania, à Santiago (1864). 119
XXVI. L'incendie dans le port de Bordeaux (1869) 121
XXVII. L'incendie de Constantinople (1870). 125
XXVIII. L'incendie de Strasbourg (1870) 131
XXIX. L'incendie de Bazeilles (1870). 141
XXX. L'incendie de Châteaudun (1870). 145
XXXI. Les incendies de Paris (1871) 149
XXXII. L'incendie de Chicago (1871). 161
XXXIII. L'incendie de Boston (1872). 165
XXXIV. L'incendie de l'Opéra, à Paris (1873). 169
XXXV. L'incendie du Ring-Théâtre à Vienne (1881) 173
XXXVI. L'incendie d'Alexandrie (1882). 181
XXXVII. Les incendies souterrains 189
XXXVIII. Les incendies dans les landes. 205
XXXIX. Les incendies de forêts. 209
XL. Les incendies de campos, au Brésil. 215

DEUXIÈME PARTIE

LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE

I. L'organisation des secours contre l'incendie 225
II. Les incendies dans les théâtres. 247
III. Les pompes et les appareils de sauvetage 253

APPENDICE

I. Table chronologique des grands incendies. 273
II. Les incendies et l'art. 293

TABLE DES GRAVURES. 299
TABLE DES MATIÈRES. 301

BIBLIOTECA INCENDIO

Bibliothèque de Philosophie scientifique

STANISLAS MEUNIER

Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle

Les Convulsions de l'Écorce Terrestre

35 Illustrations documentaires

3232

PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE RACINE, 26

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

DU MÊME AUTEUR

La Géologie comparée. 1 vol. in-8° avec 35 figures dans le texte. Paris, Alcan. (Bibliothèque scientifique internationale), 1895.

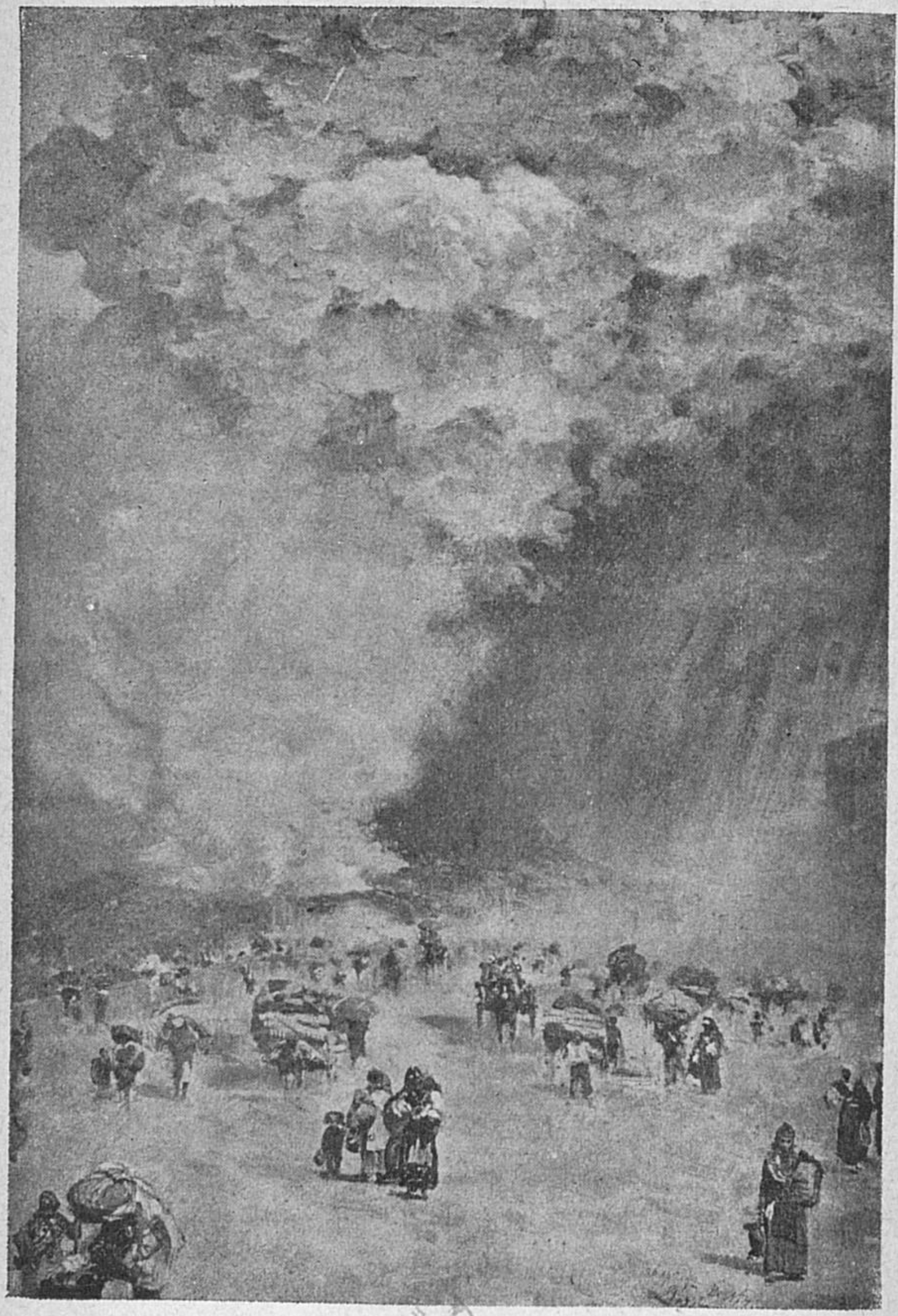
Nos Terrains. 1 vol. in-4° avec 102 figures en couleurs et 320 figures en noir. Paris, Armand Colin, 1898.

La Géologie expérimentale. 1 vol. in-8° (2e édition), avec 56 figures dans le texte. Paris, Alcan (Bibliothèque scientifique internationale), 1904.

Géologie, ouvrage destiné aux élèves des Écoles d'agriculture et de l'Institut agronomique, aux candidats à ces établissements, aux aspirants aux grades universitaires, aux agronomes, aux ingénieurs, aux industriels, aux coloniaux et aux amateurs de sciences naturelles. 1 vol. grand in-8° illustré. Paris, Vuibert et Nony, 1908.

La Géologie générale. 1 vol. in-8° (2e édition), avec 34 gravures dans le texte. Paris, Alcan (Bibliothèque scientifique internationale), 1909.

La Terre qui tremble. 1 vol. in-4° avec 72 figures et photographie. Paris, Delagrave, 1910.



L'ÉRUPTION DU VESUVE EN 1872

D'après le tableau de Joseph de Nittis, témoin du phénomène.

Les Convulsions de l'Écorce terrestre

INTRODUCTION

LA CROUTE TERRESTRE

Sommaire. — Faits qui démontrent l'existence de la croûte terrestre. — La chaleur souterraine. — Comment on a découvert sa distribution. — Le degré géothermique. — Épaisseur de la croûte. — La substance du noyau terrestre. — Effet de la pression sur l'écoulement des solides. — Destinée réservée à la croûte. — Son origine et son mode de formation. — La photosphère du Soleil et ses enseignements au sujet du commencement de la Terre. — L'analyse spectrale du Soleil et la Géologie. — Les roches cosmiques ; leur origine et leur imitation expérimentale. — La théorie cosmogonique de Laplace. — L'évolution planétaire. — La condensation des océans. — Apparition de la vie sur la Terre. — L'avenir du noyau terrestre. — État actuel de la Lune. — Les petites planètes. — Les météorites ou pierres tombées du Ciel. — La fin de la Terre.

Les expressions de *croûte terrestre* et d'*écorce terrestre* sont depuis longtemps entrées dans le langage courant. Elles consacrent la notion que notre planète consiste en un sphéroïde de substances fluides enveloppé d'un revêtement solide. Or, cette notion a seulement pour elle d'innombrables et puissantes vraisemblances : aussi ne peut-on pas dire qu'elle soit inattaquable et un certain nombre de personnes ont-elles adopté l'opinion que notre planète est à l'état solide jusqu'au centre.

Cependant il semble bien qu'on ne soit pas libre d'admettre l'une ou l'autre hypothèse indifféremment. Les arguments en faveur de l'existence d'une écorce du globe sont de deux catégories principales, bien nettement différentes et également sérieuses l'une et l'autre.

La première concerne l'étude de la distribution des températures souterraines et se base sur une extrapolation de résultats incontestables ; l'autre a trait à la faculté avec laquelle la conception de l'écorce terrestre se prête à l'interprétation d'une foule de phénomènes dont l'existence est, sans ce postulatum, infiniment plus compliquée et surtout moins homogène avec la théorie générale de la Terre.

Reprenons chacun de ces deux ordres d'arguments.

Tout le monde sait qu'un très mince épiderme du sol, épais seulement d'une douzaine de mètres sous nos latitudes, présente des vicissitudes de température évidemment attribuables aux conditions météorologiques, c'est-à-dire à la variation, en chaque point, de la température venant du Soleil. A partir de la limite inférieure de cette région, on se trouve en présence, à mesure qu'on s'enfonce davantage en profondeur, de couches successives dont chacune jouit d'un état thermométrique permanent et qui ne dépend que de sa distance verticale à la surface de sol.

Il est remarquable qu'on ait apporté autant de persévérance à une étude qui se traduit par la possession actuelle de millions de résultats, alors que tant de circonstances latérales devaient faire craindre qu'on n'arrivât jamais à l'expression de la vérité. L'ouverture des puits et des galeries de mines, indispensables à l'établissement des thermomètres, constitue par elle seule une cause de perturbation intense des conditions souterraines qu'il s'agit de préciser. Mais ici, plus que dans beaucoup d'autres cas, s'est

revélée, avec une force exceptionnelle, la toute-puissance du nombre des observations, pour faire ressortir une *moyenne* tendant progressivement vers une limite qu'on doit accepter comme le résultat désiré.

D'ailleurs, au point de vue où nous sommes placés en ce moment, une haute précision ne serait aucunement indispensable : il suffit de constater avec une certaine approximation la valeur cherchée, en lui laissant une grande latitude de variation possible.

En éliminant un certain nombre de cas où manifestement sont intervenues des causes d'accélération ou de ralentissement du degré géothermique, comme au voisinage d'éruptions peu anciennes ou de grands glaciers actuels, on est arrivé à accepter que chaque approfondissement de 30 mètres donne lieu à une augmentation de 1 degré centigrade dans la température d'un puits. Et de même, le résultat, vérifié pour certaines profondeurs avec une précision qu'on peut dire absolue, par l'examen de sondages artésiens (Grenelle) d'où les causes de perturbation sont pratiquement éliminées, n'a pu être obtenu que jusqu'à une profondeur qui ne dépasse guère 1 kilomètre.

Les objections n'ont pas manqué contre les auteurs qui admettent, dans les régions inconnues, la continuation des progrès de l'échauffement observé seulement jusqu'à la très faible profondeur de 1.000 mètres. Mais ces objections peuvent être mises de côté, au moins provisoirement, car elles ne portent que sur la valeur des chiffres et non sur le fait même de l'accroissement de chaleur vers le centre. Nous avons, en effet, des témoignages innombrables de l'intensité calorifique des zones inaccessibles, par l'incandescence des produits volcaniques, par la tension des vapeurs qui s'échappent des fissures du sol, et surtout par la preuve que les eaux, dans leur domaine souterrain, jouissent d'une activité chimique que leur arrivée au jour suffit à leur faire perdre, comme le

démontre l'activité des dépôts d'incrustations minérales variées, qui signale le siège de leurs affleurements.

La progression d'accroissement de la température avec la profondeur est-elle arithmétique ou géométrique, ou même pourvue d'un taux différent? Nous ne le savons pas ; mais ces diverses hypothèses conduisent à des résultats qui, tout différents qu'ils soient les uns des autres, concluent cependant tous au même résultat général : la preuve de l'existence d'une croûte.

En admettant la raison de progression la plus généralement admise et que nous venons de rappeler, on arrive à attribuer une température constante de 2.000 degrés à la profondeur de 60 kilomètres environ. C'est là un point qui mérite attention.

Il résulte, en effet, des travaux des physiciens qu'à 2.000 degrés aucune des substances connues ne peut conserver son état solide : elle est liquéfiée, sinon volatilisée, en tout cas, fluidifiée. Dès lors, l'état solide, tel que nous le connaissons à la surface, ne peut persister en profondeur plus loin que ce niveau de 60 kilomètres, représentant exactement, comme on le voit (fig. 1.), le centième du rayon planétaire.

Ainsi donc, on peut admettre que la masse solide de la terre enfermée dans la double tunique fluide constituée par la superposition de l'atmosphère à l'océan, est elle-même réduite à une tunique de 60 kilomètres de puissance.

Ce fait a une telle importance pour la suite de nos études qu'il est indispensable de nous y arrêter un moment. Il convient de le préciser par une notion sur la région enveloppée par l'écorce terrestre et qui est formée de matériaux qu'on peut désigner sous le nom de *substance nucléaire*.

Il est très nécessaire d'avoir à son égard des enseignements permettant d'établir une sorte de base

quant à l'économie de la croûte et surtout quant à son équilibre.

On a fait remarquer que sous 60 kilomètres de roches dont la densité est supérieure à 3, on a déjà une pression de 2.000 atmosphères et que par conséquent l'état de la matière à ce niveau est très dif-

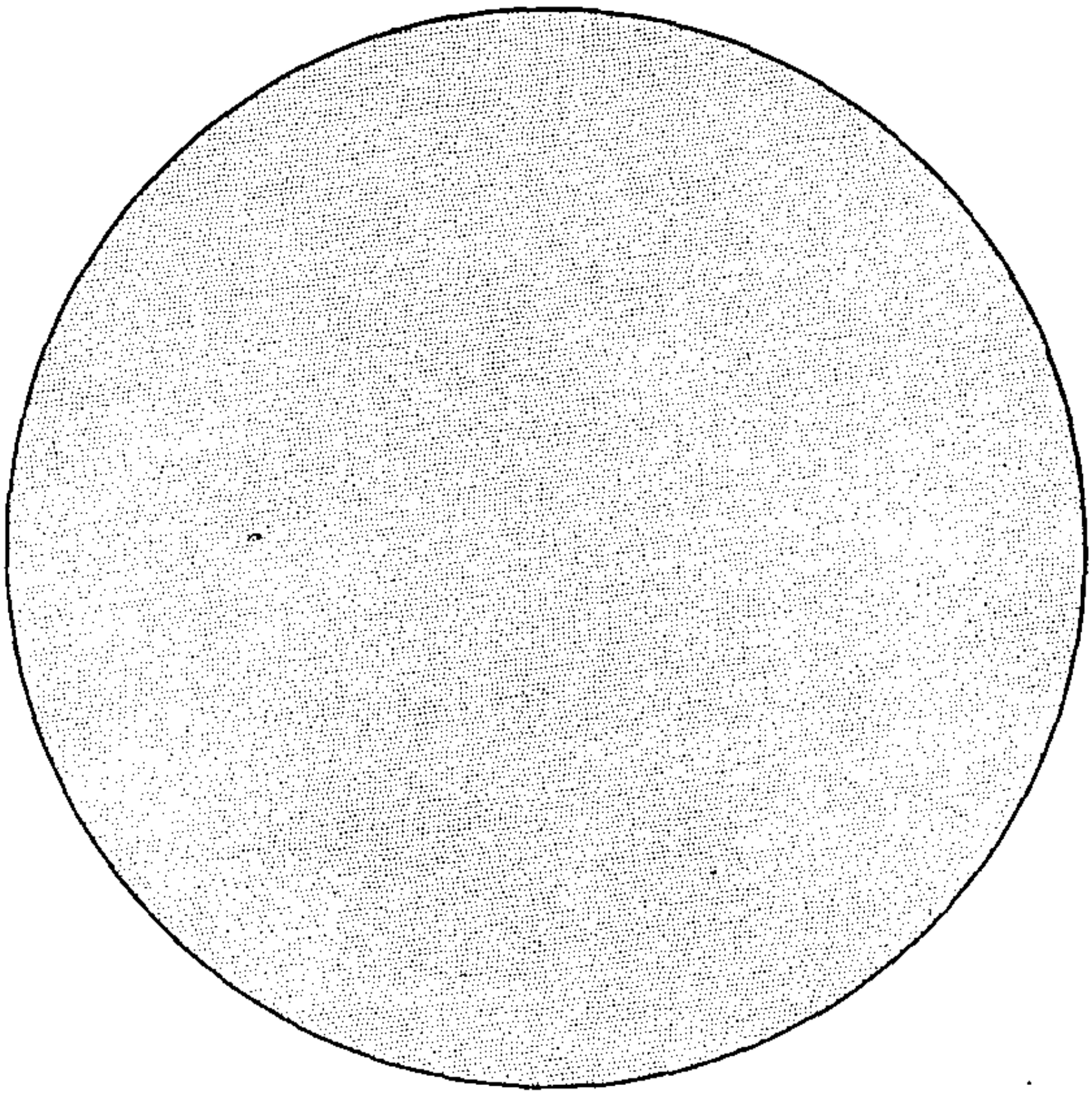


Fig. 1. — Épaisseur de la croûte solidifiée comparée au diamètre du globe terrestre.

ficile à concevoir. La haute température s'oppose au maintien de l'état solide, mais la pression ne laisse pas supposer non plus la persistance de la fluidité vraie. En pénétrant plus bas et en se rapprochant du centre, on rencontrerait des zones à l'égard desquelles on a prétendu déterminer des données, grâce à des indications séismographiques sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Leur compacité, conclue

de leur pouvoir conducteur pour des ondes dynamiques, ressemblerait à celle de l'acier forgé avec lequel elles n'auraient du reste que ce genre de ressemblance.

Tresca a montré[1] que la glace, le plomb, et même le fer fondu peuvent à la température ordinaire, mais sous une pression suffisante, subir un déplacement moléculaire qui en permet l'écoulement comme cela a lieu dans le cas des liquides. Le fer solide peut, par une pression suffisante, être contraint à pénétrer à l'intérieur des cavités et à en prendre la forme. En examinant la section polie des métaux ainsi « écoulés », on a reconnu que les particules cristallines qui les composent sont disposées avec un agencement fluidal dépendant de l'espace dans lequel le refoulement a été opéré.

Il est cependant un point ayant pour nous une signification capitale et sur lequel il semble qu'on ne puisse hésiter : c'est que la matière nucléaire, quelles que soient sa densité, sa compacité et son élasticité, a conservé, — de la mécanique de substances fluides, — la faculté de se contracter par refroidissement avec une intensité bien supérieure à celle des solides. Nous aurons ainsi dans la contraction spontanée de cette matière interne un moteur puissant pour expliquer les déplacements observés dans la croûte, et il faut remarquer qu'aucune théorie actuellement connue de la mécanique souterraine ne saurait être acceptée, si on refusait au noyau de partager avec les fluides, malgré son état non défini, cette propriété caractéristique.

Nous aurons maintes fois, dans le cours de nos études, à revenir sur ce point qui nous sera utile pour prévoir la destinée de la croûte elle-même. Pour le moment, bornons-nous à ajouter que l'on a émis

1. *Mémoire des savants étrangers*, t. XVIII, p. 733, et t. XX, p. 75, 1872.

l'opinion que le noyau à compacité comparable à celle des métaux, serait séparé de la croûte rocheuse proprement dite par une assise relativement peu épaisse douée d'une vraie fluidité et que M. Milne a désignée sous le nom de *Géite*, c'est-à-dire de matière terrestre par excellence.

Ce sont là des suppositions qui attendent le contrôle d'une observation à laquelle jusqu'à présent il ne paraît guère possible de procéder.

Il ne suffit pas d'avoir justifié la supposition de la croûte terrestre, il faut nécessairement, étant donné le but que nous poursuivons, chercher à nous faire une idée de son origine et même de son mode de formation. A cet égard, nous ne sommes certainement pas aussi désarmés qu'on pourrait se le figurer *a priori*.

En effet, et conformément aux méthodes de la *Géologie comparée*[1], nous pouvons appliquer au sujet les procédés d'observation astronomique. Cela suppose que nous donnons un acquiescement complet à la théorie cosmogonique de Laplace[2], et que nous regardons la Terre comme étant un lambeau détaché de la matière nébuleuse initiale, devenue depuis lors, par contractions successives, la substance même du Soleil[3]. Il se trouve que notre astre central, emporté comme tous les astres dans la série des étapes de l'évolution sidérale, en est justement aujourd'hui à ce stade particulier caractérisé par la production de la croûte solide entre l'atmosphère extérieure et un sphéroïde qui va devenir, en conséquence, le noyau du globe.

On sent bien que si le Soleil en est seulement

1. Voyez notre ouvrage intitulé *la Géologie comparée*, 1 vol. in-8°, Paris, 1895.

2. *Exposition du Système du Monde*, 2 vol. in-8°. Paris, l'an IV de la République.

3. Voyez FAYE. *Sur l'Origine du Monde*, 1 vol. in-8°. Paris, 1884, p. 192.

aujourd'hui à cette période de formation que la Terre a traversée depuis si longtemps, c'est simplement à cause de son colossal volume comparé à celui de notre planète. La formule classique du refroidissement doit s'appliquer aux mondes en formation comme aux parcelles étudiées dans leurs laboratoires par les physiciens : on sait que le volume intervient très directement dans la vitesse du phénomène.

Or, les observations innombrables dont le Soleil a été l'objet, ont montré que la photosphère, c'est-à-dire la région de l'astre qui émet la lumière, constitue comme une mince pellicule interposée entre l'atmosphère gigantesque, dans la composition de laquelle dominent les gaz légers (hydrogène, etc.) et la masse interne jouissant sans aucun doute de l'état physique d'une partie au moins du noyau terrestre. Cette coque lumineuse est évidemment d'âge très récent comparativement à l'antiquité du Soleil et elle résulte du seul refroidissement, en conséquence duquel une certaine région a perdu progressivement son état gazeux du début, pour prendre l'état solide.

Cette circonstance, qu'on ne peut mettre en doute, est elle-même de nature à arrêter l'attention, car c'est un problème remarquable que la destinée de particules solides dans un milieu voué jusqu'alors à l'exclusive fluidité. Une foule de phénomènes se déclarent alors qui n'ont pas eu d'analogues et des lois, jusque-là tenues en réserve, exercent tout à coup leur empire. Telles sont les lois si formelles de la cristallographie qui vont, sans délai, présider à l'agencement mutuel des particules solides.

Aussi ces premières productions doivent-elles mériter de la part du géologue une étude toute particulière, comme constituant la charpente primitive de tout l'édifice astronomique.

Il y a déjà longtemps que l'analyse spectrale du Soleil nous a renseignés quant à la composition chi-

mique de la photosphère. Le fer, le magnésium, le silicium, l'hydrogène y dominent, et Alfred Cornu a fait cette remarque que la substance irradiante de notre astre central a les plus grandes analogies avec l'étoffe rocheuse dont sont faites les météorites ou pierres tombées du ciel [1].

Remarque féconde, car elle conduit à étudier, à un point de vue nouveau, toute une famille de roches terrestres gisant à de grandes profondeurs et qu'on a été amené à considérer comme dérivant, — au travers d'actions complexes, qui les ont d'ailleurs plus ou moins modifiées, — de l'assise primitive de la Terre dont l'étude nous occupe en ce moment.

C'est en rapprochant les conditions où se trouvent ces roches, que Daubrée a qualifiées de « cosmiques »[2], d'une part, dans les météorites, d'autre part, dans la photosphère du Soleil, et enfin dans les roches terrestres, — dunite, péridotite, pyroxénite, dolérite à fer natif, — que j'ai eu le bonheur de parvenir à la synthèse des silicates magnésiens, en même temps qu'à celle des alliages de fer et de nickel métalliques par un mode opératoire remplissant les conditions géologiques du gisement.

Répudiant les reproductions (parce qu'elles sont nécessairement incomplètes), par la voie purement sèche, c'est-à-dire par la fusion des éléments mélangés dans un creuset convenablement chauffé, — j'ai préparé le pyroxène, le péridot, la kamacite et la tænite par d'exclusives réactions entre des gaz ou des vapeurs mélangés. On peut dire que l'expérience consiste à faire une imitation de l'atmosphère solaire et à y déterminer une précipitation qui rappelle, malgré la haute température nécessaire, la formation du

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXVI, p. 101, 315 et 530.

2. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XXIII, p. 407 (1866).

givre, par la brusque cristallisation de la vapeur d'eau atmosphérique [1].

Pratiquement, si l'on veut préparer les silicates magnésiens, on fait arriver dans un tube de porcelaine (fig. 2), chauffé au rouge, de la vapeur de chlo-

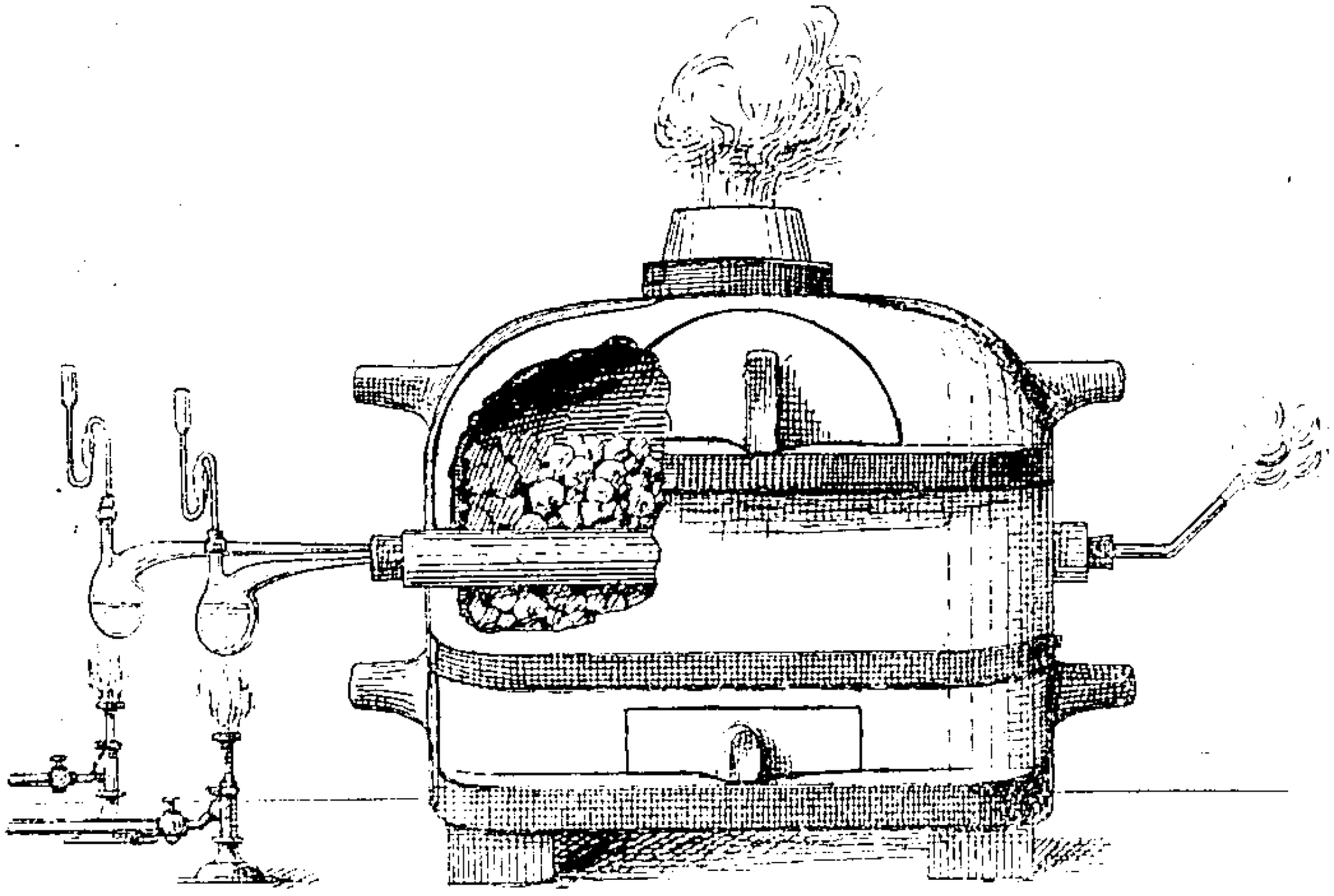


Fig. 2. — Expérience procurant la synthèse des roches initiales de la croûte terrestre, par la rencontre des vapeurs de magnésium métallique, du chlorure de silicium et de l'eau.

rure de silicium, en même temps que de la vapeur de magnésium métallique et de la vapeur d'eau. Ces trois corps réagissant mutuellement, donnent naissance, à cause de sa stabilité, au bisilicate de magnésie, connu sous le nom de pyroxène.

« Ce produit, ont écrit MM. Fouqué et Michel Lévy [2],

1. Stanislas Meunier. *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut national de France*, t. XXVII, n° 5, août 1880.

2. *Synthèse des Minéraux et des Roches*, 1 vol. in-8°. Paris 1882, p. 10.

est identique au pyroxène magnésien; il en présente les mâcles et les extinctions ». L'examen microscopique, d'ailleurs, n'y révèle pas ordinairement de vacuoles renfermant des gaz; mais l'analyse chimique en extrait du chlore et de l'hydrogène, ce qui est une reproduction du fait offert par les minéraux météoritiques et aussi par les roches terrestres. C'est une raison déterminante pour reconnaître que des expériences, par voie de fusion ignée, ne sauraient éclairer complètement l'origine des minéraux.

Le procédé de synthèse efficace, comme on voit, pour la partie pierreuse des roches qui nous occupent et qu'on peut appeler initiales, s'est appliqué tout aussi bien à leur partie métallique : non seulement les alliages des météorites ont été imités jusque dans leurs détails et dans leur association mutuelle ; mais on a pu de même reproduire les fers carburés des dolérites d'Ovifak, au Groënland, qui sont, à n'en pas douter, des spécimens de la coque primitive de notre Terre [1].

Aussi, dans le laboratoire, éclairés par le gisement des roches terrestres, par la composition des pierres tombées du ciel et par le mécanisme actuellement à l'œuvre dans le Soleil et que Faye a analysé d'une manière si magistrale, parvenons-nous à formuler des conclusions très formelles et à proclamer que l'état gazeux n'a pas conduit au premier état solide par l'intermédiaire d'une fusion transitoire, mais qu'il s'est constitué brusquement. Et c'est ainsi que s'explique, par exemple, l'état fragmentaire, — cataclastique, comme on l'a dit, — des pierres météoritiques, état fragmentaire tout à fait comparable à celui du givre d'eau précipité rapidement.

Les observations de Faye sur la structure du

1. Stanislas Meunier. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 5 mai 1879.

Soleil [1] permettent de concevoir comment la petite membrane cristalline des débuts sera progressivement remplacée par une écorce comparable à celle de la Terre. Tout d'abord, on peut remarquer que c'est l'installation de l'état solide à la surface de notre astre central qui a donné au Soleil sa faculté lumineuse dont les effets ont pour nous des conséquences si indispensables. Dans son état antérieur de globe très chaud, le Soleil ne rayonnait pas plus que la flamme de l'hydrogène pur, qui est, comme tout le monde le sait, essentiellement peu éclairante. Mais, de même que celle-ci brille d'un grand éclat si l'on y projette quelque poussière solide, — noir de fumée, limaille de platine, poudre de craie, — de même, le globe solaire est devenu brillant par la production dans sa masse de petits grains givreux de pyroxène ou de fer métallique. L'augmentation d'éclat est donc une conséquence du refroidissement. L'installation de la photosphère ne se fait pas d'ailleurs sans une sorte de lutte qui, comme Faye l'a magistralement exposé, introduit dans la physique solaire plusieurs de ses traits les plus caractéristiques. En effet, cette énorme masse gazeuse, tournant, comme on le sait d'après Galilée, autour de l'un de ses diamètres, des vitesses très inégales se répartissent à sa surface, depuis l'équateur, où elles ont leur maximum, jusqu'aux pôles. Il en résulte une série de courants parallèles à l'équateur et qui ressemblent aux filets voisins dans un cours d'eau. Avec une rapidité convenable de ceux-ci, on les voit se composer et engendrer des mouvements tournants, d'où résultent des tourbillons qui peuvent, sous forme d'entonnoirs, aller atteindre le fond du cours d'eau. Sur le Soleil, il s'en fait tout autant, mais à l'échelle de cet astre colossal, et le résultat est singulier; en effet, les grains

1. *Sur l'Origine du Monde*, 1 vol. in-8°. Paris 1884, p. 206.

cristallins constitutifs de la photosphère étant entraînés par le tourbillon dans les régions basses, c'est-à-dire internes du globe solaire, leur réchauffement les détruit, leur rend l'état gazeux et leur retire leur éclat. Et il se produit ces taches qui n'intéressent que la région équatoriale, à rotation rapide, celle où les tourbillons peuvent se développer.

Et comme Faye se plaisait à le constater, une sorte de sanction de cette manière de voir résulte de l'observation, maintenant facile, de la suite du phénomène. Les gaz développés par la destruction des grains solides dans la tache, amenés brusquement dans les profondeurs, s'y réchauffent, s'y dilatent et en reçoivent une force ascensionnelle considérable. Aussi les voit-on venir faire éruption sur le bord même de la tache où ils sont abîmés et jaillir dans l'atmosphère sous la forme des protubérances ou *flammes roses*, dont Janssen a rendu l'observation possible, même en dehors des époques d'éclipses.

Cette période d'établissement des taches et des éruptions consécutives des protubérances devra durer un temps prodigieux; mais à la faveur du refroidissement toujours continué, la croûte s'épaissira, se consolidera et perdra peu à peu son éclat, de manière à constituer un écran continu entre l'atmosphère et la substance du noyau.

Ces étapes dont le Soleil commence la série, se sont depuis longtemps écoulées pour la Terre, et dès maintenant l'écorce initiale est entièrement masquée par des revêtements extérieurs d'origine toute différente et qui l'ont successivement épaissie. Ce sont les matières abandonnées, les unes par l'atmosphère primitive en conséquence de son refroidissement et qui sont de simples produits de condensation concernant les substances les moins volatiles parmi celles qui s'étaient épandues autour du noyau de matières plus rafraîchies; les autres proviennent de précipi-

tations chimiques consécutives à des réactions réalisées entre des substances précédemment séparées.

Pendant qu'a lieu cette augmentation d'épaisseur sur la face externe de la pellicule primitive, il s'en fait une autre parfaitement symétrique sur la face interne de celle-ci, aux dépens des matières nucléaires successivement envahies par le refroidissement inéluctable, et acquérant ainsi l'état solide, soit par un mécanisme identique à celui des premiers temps et que nous décrivions tout à l'heure, soit par un processus différent et dépendant du mode de formation par la fusion en vase clos, en présence de substances élastiques.

En tout cas, c'est ainsi que la croûte est parvenue peu à peu à l'épaisseur que nous lui avons reconnue par des observations de thermométrie souterraine, et l'on voit que le niveau des débuts n'en constitue qu'une bien petite partie.

Bientôt, elle a été assez difficile à traverser par la chaleur interne (vu sa faible conductibilité), pour que sa face extérieure ait été amenée à une température favorable à la condensation de l'eau précédemment en vapeur et plus anciennement encore sans doute, à l'état de dissolution. Alors, la zone des roches solides s'est recouverte de la coque aqueuse constituant l'Océan et qui d'abord a été saturée des principes solubles dont l'atmosphère des premiers temps devait être surchargée.

Une épuration, dont on conçoit les progrès, a amené la séparation des océans qui, au début, ont pu recouvrir uniformément l'écorce, mais qui ensuite (et c'est un des sujets principaux de nos études futures) se sont concentrés dans des bassins laissant émerger au-dessus des eaux les régions insulaires et continentales.

Dès lors, les éléments dont la croûte s'est enrichie sont devenus surtout des productions de la voie

humide (ou aqueuse) dont les éléments ont été empruntés aux assises précédemment formées, inaugurant ainsi un régime, qui dure encore aujourd'hui et pour longtemps, de destructions incessantes et de rénovations toujours recommencées.

Les entailles si nombreuses de la croûte terrestre nous permettent de retrouver les détails de ces vastes travaux : et c'est, au propre, le but principal de la Géologie. On sait déjà comment leur examen procure un spectacle dont la Science de la Terre a le monopole et qui suffirait pour en faire la plus captivante de toutes les formes de l'activité intellectuelle. Il s'agit de la brusque apparition, au milieu de formations dont la production ne suppose que l'intervention des agents de la physique et de la chimie, d'horizons où se signale la collaboration de la vie. Les masses contemporaines de cet immense événement méritent une attention spéciale et bientôt on y découvre de véritables roches telles que la houille, dont aucune autre cause que la force biologique n'est capable de nous procurer des spécimens. Et l'on ne peut manquer de voir, dans cette éclosion des produits physiologiques, une espèce de pendant de l'apparition de l'état solide que nous mentionnions il n'y a qu'un instant. La ressemblance est intime entre les organismes provenant d'un arrangement spécial de la matière devenue le foyer et comme le support d'une entité dynamique particulière — la *vie* — et les cristaux que nous avons vus provenir aussi de matériaux antérieurs et constituer un point d'application de cette autre entité dynamique qui cause les architectures cristallines.

Mais, arrivée à ce degré de développement, la croûte terrestre s'est déjà signalée depuis longtemps à notre attention par d'autres particularités très fécondes en conséquences. Sa qualité d'écran ou de cloison séparative entre deux genres de milieux essentiellement

différents, ne va pas sans une très notable perméabilité qui lui permet de favoriser des circulations dans les sens les plus opposés. De l'intérieur vers l'extérieur, elle livrera passage à un flux de chaleur qui, pour être peu sensible, n'en est pas moins réel et amène le refroidissement progressif de la substance nucléaire. De l'extérieur vers l'intérieur, elle livre passage, à mesure que sa température s'atténue, aux fluides de la surface et spécialement à l'eau qui en imprègne, qui en mouille les régions superficielles sur une épaisseur qui va constamment en grandissant.

Nous ne saurions, sans sortir du cadre du présent volume, analyser tous les phénomènes internes dont la croûte est le théâtre en conséquence des dispositions qui viennent d'être esquissées et nous sommes contraints de renvoyer le lecteur à la *Géologie générale*[1]. Nous nous bornons donc à résumer en deux mots les traits les plus essentiellement caractéristiques de l'écorce rocheuse de notre globe. Continuant la structure concentrique déjà manifestée par la superposition de l'atmosphère à l'océan et de l'océan à la croûte, elle offre à nos regards des éléments régulièrement étalés : la primitive écorce recouverte des sédiments extérieurs et recouvrant les placages internes. En outre, son épaisseur de 60 kilomètres se répartit en deux zones également concentriques, dont la plus superficielle a appelé dans ses pores et par capillarité une quantité chaque jour plus grande d'humidité fournie par les amas aqueux de l'extérieur, pendant que la plus profonde est encore trop chaude pour que cette pénétration ait pu s'y produire jusqu'à présent.

On va voir combien il importe d'avoir ces faits présents à l'esprit pour comprendre le mécanisme

1. 1 vol. in-8°, 2e édition. Paris, Alcan, 1908.

des phénomènes qui font l'objet principal de ce livre. Mais sans supposer aucun changement dans l'allure actuelle des phénomènes dont la croûte est le produit, nous ne pouvons manquer de concevoir que la substance nucléaire ne saurait conserver éternellement l'état physique actuel, résultant de sa haute température et de la compression qu'elle s'inflige à elle-même en tendant, par une chute inévitable, vers son propre centre de gravité.

Le refroidissement étant centripète et s'étant déclaré par la surface du globe, l'épaississement interne de la croûte devra se continuer tant qu'il y aura de la matière à solidifier. Mais on ne peut échapper à cette conclusion que la matière nucléaire, éprouvant un refroidissement considérable, elle va subir une diminution correspondante de volume. On ne voit pas comment le résultat ultime ne serait pas une coque vide, à la manière des anciens boulets fondus qui présentent une chambre centrale — avec cette particularité que la chambre sera une fraction bien autrement considérable du volume total de la planète.

Dès aujourd'hui, nous devons admettre que certains corps célestes sont parvenus à l'état que nous avons en vue, et rien ne nous empêche de le supposer, par exemple pour la Lune. Les observations montrent qu'elle a possédé des eaux superficielles et une atmosphère, puisque les phénomènes volcaniques dont elle conserve de si nombreux et si éloquents témoignages, ne sont pas compréhensibles sans ces conditions. Et nous savons aussi, par la coïncidence exacte des moments calculés d'occultation d'étoiles avec l'observation de ces éclipses, qu'aucune réfraction n'est infligée à la lumière sur les bords du disque lunaire. Il est donc démontré que la Lune a absorbé par capillarité tous les fluides qui, jadis, enveloppaient sa masse solide.

Nous savons même davantage, puisque les astro-

nomes ont depuis longtemps signalé, dans notre satellite, des signes incontestables de craquellement et il nous faut en conclure que le noyau doit être entièrement solidifié par refroidissement. Comme il est matériellement impossible d'admettre que le volume de ce solide soit comparable au volume de la matière primitive, dilatée par la prodigieuse chaleur des débuts, il faut de toute nécessité que la Lune consiste en une masse creuse dont la paroi peut être relativement très mince.

Les choses sont alors admirablement disposées pour que se réalise plus tard le morcellement progressif et spontané qui paraît avoir donné naissance aux dépens d'une ancienne planète extra-Martienne, aux centaines de débris circulant de concert, sous la forme d'essaims d'astéroïdes, dont le recensement n'est pas terminé ; ou encore (avec un second satellite dont la Terre a joui jadis, en même temps que la Lune, garantie provisoirement de la pulvérisation par son plus gros volume), aux innombrables météorites qui tombent sur notre sol à des époques que ne règle aucune périodicité [1].

Pour le dire en passant, ces dispositions merveilleuses font, de la croûte des astres, un agent de transmission de substance et d'énergie entre les corps célestes qui ont terminé le cycle de leur évolution et ceux qui sont encore livrés à l'activité géologique. C'est une sorte d'analogie, à l'échelle cosmique, des phénomènes nutritifs auxquels les manifestations biologiques doivent leur continuation à travers les âges, les générations successives se transmettant, avec leur substance abandonnée au moment de la mort, une contribution matérielle et dynamique.

1. A cet égard, comme à d'autres, le phénomène des météorites est essentiellement différent du phénomène des étoiles filantes, directement rattachables aux comètes, malgré les efforts de ceux qui essaient d'établir ici une confusion.

Pour ce qui concerne la croûte terrestre, il n'y a pas à faire de doute que son avenir, d'ailleurs incompréhensiblement lointain, ne cadre avec les vues précédentes. Le calcul a démontré à Durocher que, dès maintenant, elle a absorbé plusieurs fois le volume d'eau qui reste liquide dans l'ensemble de tous les océans et que ceux-ci seront bien loin de pouvoir suffire à l'imprégnation des matériaux qui restent à refroidir et à solidifier, seulement au taux des roches actuellement les moins hydratées, comme le granit et les marbres.

Nous ne nous dissimulons pas que l'histoire de la croûte terrestre, réduite aux considérations précédentes, est bien loin d'être complète ; mais ce qui lui manque, c'est précisément ce que nous avons le projet de soumettre à une étude attentive ; c'est-à-dire le contre-coup qu'elle doit éprouver des modifications infligées au noyau par son refroidissement ininterrompu. On va voir que la théorie de toutes les convulsions de la zone rocheuse sur laquelle nous sommes condamnés à fonder nos établissements, nécessairement si précaires, repose avant tout sur les conditions auxquelles nous faisons allusion.

PREMIERE PARTIE

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

CHAPITRE PREMIER

LES FAUX TREMBLEMENTS DE TERRE

Sommaire. — Nécessité de préciser le sujet. — Tassement des pays à mines de houille. — Glissement désastreux de Brux en Bohême. — Les effondrements du Jura, du Valais et des environs de Paris. — L'éboulement du Rossberg. — La ruine du Grand-Sable à La Réunion. — Catastrophe de Glaris. — La « montagne qui marche ». — Secousses produites par les coups de grisou, par le choc des vagues, par le passage des trains de chemin de fer. — Le soulèvement du Val-Fleury.

Tout le monde a employé l'expression de tremblement de terre, remplacée souvent par celle de séisme, mais tout le monde ne s'est pas préoccupé de la définir. Or, il paraît que rien n'est plus nécessaire ici que d'introduire de la précision dans nos discours, de pseudo-tremblements de terre existant à côté des vrais.

Dans beaucoup de cas, ces pseudo-tremblements sont faciles à reconnaître. Il faut cependant les décrire d'une manière concise, afin de les éliminer à coup sûr.

Ils se présentent, par exemple, dans les pays où le sous-sol est transpercé de galeries de mines.

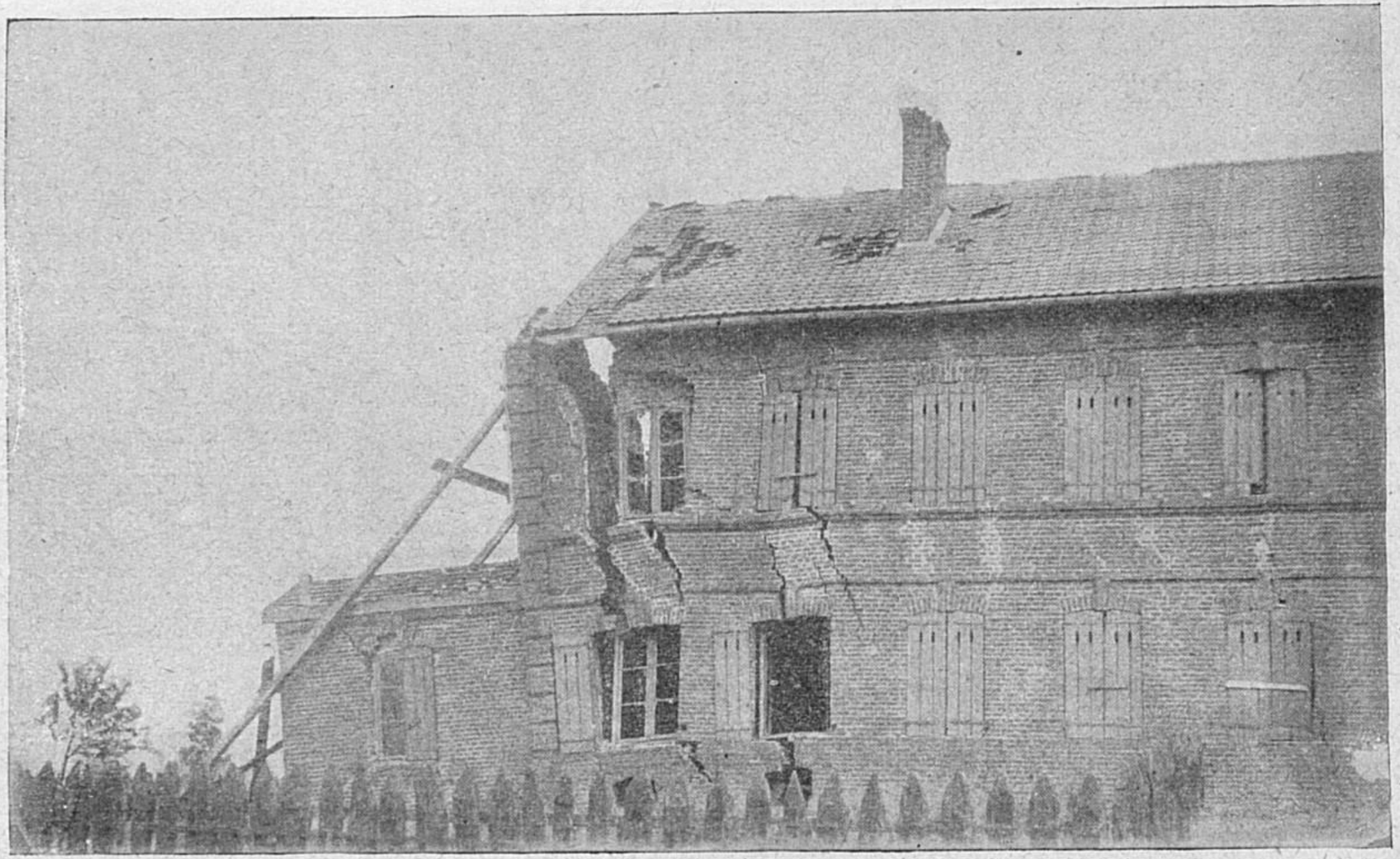


Fig. 3. — Habitation crevassée à la suite d'un affaissement du sol, consécutif à l'exploitation souterraine de la houille sur la limite commune de Lens et de Courrières (Pas-de-Calais) en 1895.

J'ai eu l'occasion, pour ma part, d'étudier les effets des mouvements du sol dans le département du Pas-de-Calais, non loin des houillères de Courrières et de Lens. J'ai été frappé de l'analogie qu'ils présentent avec les traces de séismes proprement dits. Par exemple, les maisons crevassées ont exactement l'allure de celles observées dans les pays à tremblements classiques, et il est certain que la cause du crevassement est vraiment la même : le déplacement du sol. Ce qui variera seulement, c'est la cause du déplacement (fig. 3).

Ici, il n'y a aucun doute : la matière minérale extraite du sol a laissé un vide exerçant sur les roches un appel irrésistible. Le glissement résultant a mis en mouvement de proche en proche un volume plus ou moins grand et la surface du terrain a subi un affaissement correspondant.

La forme de ces sortes d'accidents peut varier indéfiniment, suivant les circonstances déterminantes. Parfois le résultat présente des caractères d'extrême gravité. C'est, en particulier, ce qui s'est produit à Brux, en Bohême, dans la nuit du 20 au 21 juillet 1895, où le mouvement du sol amena la destruction totale de 31 maisons, des dégâts plus ou moins graves dans 60 autres constructions et la misère de 2.000 habitants privés de tout abri. Il s'était produit dans les galeries des mines de lignite ouvertes dans le sous-sol de la ville, un glissement du sable constituant une couche de 3 à 10 mètres d'épaisseur sur 450 mètres d'étendue horizontale et représentant 50.000 mètres cubes. Il en résulta un affaissement du sol où s'ouvrirent des crevasses comme sous l'effet d'un vrai tremblement de terre [1].

1. *Uber die Katastrophe von Brux* (avec six planches et quatre gravures dans le texte), par Franz Toula. Vienne, 1896. — Extrait des *Vereines zur Verbreitung naturwiensenschaftlicher Kentniss* in Wien, XXXVIe année, premier cahier.

Les cas ne manquent pas où des dispositions naturelles n'ayant rien à voir avec celles qui engendrent les vrais séismes, donnent lieu à des déplacements plus ou moins brusques de la surface du sol. L'un des plus simples se trouve réalisé dans un certain nombre de régions essentiellement calcaires, et, par exemple, dans une partie du Jura avoisinant Lons-le-Saunier, qui a été spécialement étudiée par Fournet[1].

Il arrive que les eaux d'infiltration dissolvent en profondeur des masses rocheuses de diverses catégories, comme le gypse, le sel gemme, etc. Parfois les vides ainsi produits tendent à se combler par des tassements qui peuvent produire à la surface des effets plus ou moins comparables à ceux des tremblements de terre (fig. 4)[2]. Par exemple, on ressentit en 1855, pendant plus d'un mois, des mouvements du sol dans la vallée de Viège, en Valais : des fentes s'ouvrirent dans les rochers et il se produisit des éboulements dont plusieurs écrasèrent des habitations. L'existence de grandes cavités souterraines est rendue incontestable par la présence, dans la région, de plus de vingt sources tellement chargées de sulfate de chaux qu'on évalue à l'énorme quantité de 4.000 mètres cubes de gypse qu'elles rejettent sur le sol au cours de chaque année. Sans doute beaucoup d'autres tremblements de terre de pays semblablement constitués doivent se rattacher à cet énorme travail d'érosion chimique.

On constate dans les Alpes des points où l'anhydrite s'est transformée en gypse par son hydratation. Or,

1. FOURNET. *Mémoires de l'Académie des Sciences de Lyon*, vol. de 1850.

2. Je tiens à adresser ici mes très vifs remerciements à M. Auguste Robin, l'auteur bien connu d'excellents ouvrages de vulgarisation géologique, pour la libéralité avec laquelle il m'a autorisé à puiser, au profit de mes lecteurs, dans son véritable trésor photographique.

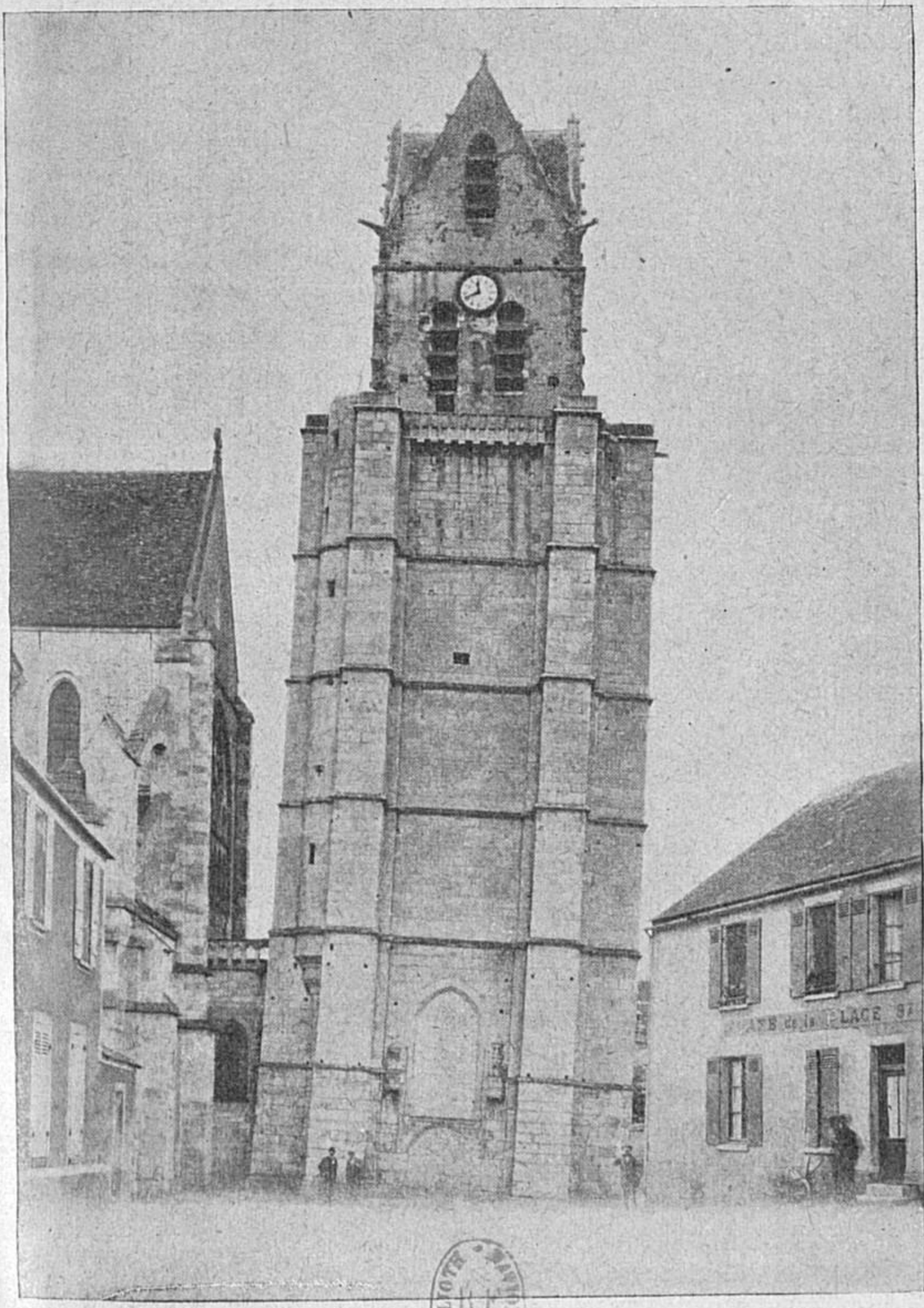


FIG. 4. — Église Saint-Martin, à Étampes (Seine-et-Oise), clocher incliné à cause du glissement lent du sous-sol constitué par les marnes à huîtres du terrain oligocène. — Cliché Aug. Robin.

celle-ci ne peut s'accomplir sans provoquer dans la masse intéressée une énorme augmentation de volume et cette augmentation a nécessairement des contre-coups dans les régions voisines.

Dans le gypse des environs de Paris, à Thorigny, on voit de larges entonnoirs d'effondrement tout à fait caractéristiques. A Livry-Sévigné, il y a également de toutes parts des affaissements qui ont amené la ruine d'ateliers et d'usines.

On aura une idée de l'intensité des soustractions souterraines par le volume de roches fontigéniques accumulées à la surface. A Kapouran (Java) toute la chaux est fabriquée par la cuisson du tuf apporté par les sources.

La circulation des eaux a très fréquemment des conséquences comparables à celles des travaux industriels. Des érosions superficielles parvenues à de certaines dimensions par la soustraction de matériaux condensés ailleurs sous forme de tuf ou d'alluvion, donne lieu plus ou moins brusquement, sous la pesanteur des masses voisines convenablement disposées, à des accidents parfois graves, et spécialement à des glissements, souvent lents mais irrésistibles, dont il est utile de rappeler quelques exemples.

Le 2 septembre 1806, la montagne de Rossberg, qui domine le village de Goldau, entre les lacs pittoresques de Zug, d'Egeri et de Lowetz, et à proximité du Righi, fut le théâtre d'un glissement dont Alexandre Dumas a fait le récit très exact dans ses *Impressions de voyage en Suisse*. Un gigantesque massif rocheux, de 4 kilomètres de longueur sur 320 mètres de largeur et 32 mètres d'épaisseur, descendit selon le plongement des couches et, en conséquence du délayage déterminé par les pluies d'assises argileuses sous-jacentes à des bancs de poudingues (*Nagelfluhe*). L'énergie du frottement fut telle que l'eau imprégnant

le sol fut volatilisée et qu'il y eut des explosions très bruyantes. On dit que des oiseaux furent tués en l'air. Tout le village fut enseveli avec les habitants. En 1874, on découvrit encore un squelette.

De semblables accidents se sont renouvelés à beaucoup de reprises. Le 26 novembre 1875, le Piton des Neiges et le Gros-Morne, dans le cirque de Salazie, à la Réunion, écrasèrent, par le même mécanisme, le village de Grand-Sable et ses habitants, sous un éboulement de 5 kilomètres de longueur tombant d'une altitude de 3.000 mètres.

A Glaris (Suisse), le Plattenberg a provoqué à plusieurs reprises des catastrophes pareilles.

Le 21 février 1896, le sol où est ouverte, dans le Gard, la mine de houille de la Grand'Combe, se mit à glisser en masse, mais avec une lenteur qui contraste avec l'allure des phénomènes précédents. On entendit des bruits souterrains. Le « puits du Gouffre » fut le premier détruit. Des rochers énormes se détachèrent de la montagne et roulèrent dans la plaine, broyant tout sur leur passage. L'affaissement du sol a été de plus de 40 mètres, et, à mesure que le « Gouffre » descendait, le lit du Gard s'élevait jusqu'à $2^{m},50$.

Les coups de grisou, dans les mines de houille, déterminent parfois à la surface du sol des éboulements dont les effets sont très comparables à ceux des séismes. Aussi a-t-on pensé qu'on pourrait appliquer à leur étude et surtout à leur prévision les méthodes en usage parmi les séismologues. C'est ce qu'avait pensé Beguyer de Chancourtois [1]. « Le perfectionnement des observations sismologiques, dit-il, et l'extréme sûreté des procédés que M. d'Abbadie,

1. « De l'étude des Mouvements de l'Écorce terrestre poursuivie particulièrement au point de vue de leurs rapports avec les dégagements des produits gazeux ». *Annales des Mines*, livraison de mars-avril 1886, et tiré à part sous la forme d'un volume in-8°. Paris, 1886.

promoteur de ces études, et M. Bouquet de la Grye emploient pour constater les petits mouvements de l'écorce terrestre, m'ont fait entrevoir la possibilité de tirer de ce genre d'observations un moyen pratique de prévoir, dans une certaine mesure, les dégagements de grisou. Je pense que des appareils séismographiques installés à portée des exploitations houillères, annonçant les recrudescences d'activité dans ces mouvements intérieurs des terrains, pourraient fournir des avertissements d'après lesquels on redoublerait de surveillance et de précautions. »

A Dunkerque, Yvon Villarceau a reconnu que le sol tremble à 1 kil. 1/2 du rivage, sous le choc des vagues, les jours de tempête.

Le capitaine Denmann a constaté que les vibrations produites par le passage d'un train de marchandises étaient perçues, par des séismographes placés à 400 mètres de distance horizontale. De même, le professeur Paul, cherchant pour l'observatoire de Washington, qu'il s'agissait alors de construire, un emplacement qui fût à l'abri des trépidations locales, s'aperçut qu'en observant l'image d'une étoile dans un bain de mercure, on pouvait reconnaître à 1.600 mètres l'arrivée d'un train de chemin de fer, avant d'en entendre le bruit. L'ancien directeur de l'observatoire de Greenwich, près de Londres, le célèbre astronome Airy, avait reconnu que la présence dans le parc de l'établissement du public venu en foule les soirs fériés, empêchait, par les secousses imprimées au sol, toute observation d'étoile.

C'est de faits de ce genre que Chancourtois concluait très judicieusement que l'étude, rationnellement faite, des trépidations artificielles du sol pourrait aider à la découverte des lois qui régissent la propagation des mouvements séismiques proprement dits. On verra que ces recherches ont été faites depuis.

On peut, dans une série différente, noter en

passant la surcharge artificielle de terrains fluents. Dans ce genre, un accident survenu, lors de la construction du viaduc du Val-Fleury, à Meudon, pendant la construction du chemin de fer de Versailles (rive gauche), mérite une mention.

Par une inadvertance difficile à comprendre, on établit la lourde masse du pont sur la nappe d'argile plastique si connue, exploitée dans cette région méridionale des environs de Paris. Par l'effet du poids colossal ainsi appliqué en un point circonscrit, l'argile s'est lentement écoulée dans les directions centrifuges et à une certaine distance du centre de compression, elle s'est soulevée en un bourrelet plus ou moins irrégulier. Celui-ci atteignit bientôt un relief assez considérable pour renverser les constructions qu'il portait.

Si des ruines recouvrirent le sol, les caractères principaux du séisme manquèrent cependant.

CHAPITRE II

LES TREMBLEMENTS DE TERRE VRAIS

Sommaire. — Un exemple de grand tremblement de terre : Messine 1908. — Les indications du séismographe et du maréographe. — La destruction et l'écrasement. — La terreur chez l'homme et chez les animaux, d'après Sénèque, Humboldt, le docteur Fazio.

Les pseudoséismes étant écartés par nos observations précédentes, nous devons nous préoccuper de résumer les caractères des véritables tremblements de terre. Ici nous n'avons qu'à faire appel à nos plus récents souvenirs pour nous trouver en présence de toutes les circonstances dont le récit nous a angoissés, lors des catastrophes de Messine (28 décembre 1908), et peu avant de San-Francisco (18 avril 1906), du Japon (27 octobre 1891), de Charleston (31 août 1886).

Pour nous en tenir aux faits les plus généraux et afin de préparer l'analyse des diverses particularités séismiques, constatons tout d'abord que le tremblement de terre se déclare toujours sans aucun signe précurseur. On a parfois noté l'état tragique du temps : la tempête, le cyclone même, ou bien un calme analogue à celui qui précède l'orage. Mais il y a indépendance absolue du phénomène souterrain et de la météorologie, puisque celle-ci s'est tout aussi souvent montrée clémente et même charmante : le tremblement de terre de 1887, auquel nous avons

personnellement assisté à Nice, s'est déchaîné par un temps idéal : ciel bleu, mer calme, campagne parfumée de fleurs.

Ce qui caractérise avant tout le tremblement de terre, c'est sa soudaineté : il naît presque en même temps que le bruit formidable; c'est la courte durée de ses chocs; c'est la dimension incomparable des désastres dont il est la cause.

Rappelons donc que le 28 décembre 1908, à 5 h. 21′ 15″ du matin, alors que la grande majorité de la population dormait encore, le sol se mit à trembler à Messine, à Reggio et dans leurs environs. Ce fut, au début, un frémissement peu sensible qui augmenta pendant 10 secondes, puis diminua un temps égal, pour cesser tout à fait. Après un repos de deux minutes et sans transition, c'est la fin du monde qui arrive : secousses violentes, fracas formidable d'écroulement, clameurs désespérées et ténèbres profondes, — stupeur dirait-on de la nature elle-même. La ruine est consommée; la cité, tout à l'heure splendide et florissante, est détruite et sa population écrasée.

Le *séismographe* de l'Observatoire de Messine, retrouvé sous les décombres donna l'heure, le nombre et l'intensité des secousses. Sa relation fut complétée par celle du *marégraphe* qui nous a renseignés sur les mouvements de la mer. D'après cet instrument enregistreur, l'amplitude des oscillations marines n'aurait pas dépassé 22 centimètres. Cependant il y a bien eu un raz de marée. Le phénomène marin a commencé par un retrait du flot qui s'est précipité ensuite avec violence sur le rivage. Le ferry-boat faisant le service entre Messine et Reggio toucha le fond, puis fut lancé avec force sur le ponton d'embarquement qui fut pulvérisé avec lui.

Sur le quai de Messine, le marché au poisson, qui était à 2 mètres au-dessus de la mer, est resté

submergé, sans doute parce qu'une partie du rivage, formée de terrain récent, a glissé sur la pente des couches sous-jacentes.

Le caractère le plus évident du séisme est donc la quasi-instantanéité de la ruine qu'il a déterminée. Mais on sait que la secousse meurtrière n'est pas nécessairement isolée. A Messine, des oscillations de toutes les intensités se sont succédé à des intervalles essentiellement irréguliers durant plusieurs mois. Nombre de ces secousses ont été presque aussi violentes que la première, et si elles ont causé peu de dégâts et fait peu de victimes, c'est simplement parce qu'il ne restait plus que peu de mal à faire.

L'étude des lieux ébranlés conduit à des constatations du plus haut intérêt, puisqu'elle montre une sorte de symétrie : autour de la région sinistrée et qui, seule d'abord, a fixé l'attention, on rencontre des zones grossièrement concentriques établissant par des degrés successifs le passage aux pays qui n'ont point souffert. Ces zones, plus ou moins nombreuses, suivant les cas et limitées les unes aux autres d'une manière plus ou moins arbitraire, montrent des ruines de moins en moins graves et, en s'éloignant toujours du point le plus éprouvé, des localités où la population en fut quitte pour la peur, c'est-à-dire éprouva la sensation séismique, inoubliable et incomparable par la détresse où elle jette l'âme, privée tout à coup du support sur lequel, d'instinct, elle est habituée à compter.

La signification de ces zones transitoires entre les localités les plus ravagées et les régions indemnes se précise, quand on constate qu'elles n'ont point été secouées exactement en même temps, tandis que, si l'on dessine sur la carte les lignes d'égal dommage ou les lignes d'agitation simultanée, on fait deux fois le même dessin ; d'où il ressort une importance spéciale pour le point le plus éprouvé et le premier

atteint. Ce point-là était certainement le plus rapproché du foyer inconnu où a pris naissance l'énergie séismique : c'est son *épicentre* et la forme sphérique des ondes mécaniques qui en sont émanées, en même temps que la loi d'atténuation en raison inverse du carré de la distance, expliquent tous ses caractères, comparés à ceux des régions voisines.

La terreur produite par le tremblement de terre est sans analogue et elle a inspiré souvent les poètes et les écrivains :

« Il n'y a point, dit Sénèque [1] de calamité à laquelle on ne puisse se dérober ; jamais la foudre n'a consumé des peuples entiers ; la peste dépeuple les villes, mais ne les détruit pas : le fléau dont nous parlons est le plus étendu, le plus inévitable, le plus infatigable, le plus général de tous les fléaux. Ce n'est point à des maisons, à des villes qu'il s'attaque : ce sont des nations, des régions entières qu'il détruit ; tantôt il les couvre de leurs débris, tantôt il les ensevelit dans des abîmes profonds, sans la moindre trace qui fasse juger de ce qui n'est plus, de ce qui a du moins existé ; le sol étendu sur les villes les plus puissantes, fait disparaître jusqu'aux moindres vestiges de leur état précédent ».

Et Humboldt :

« Dès notre enfance, nous étions habitués au contraste de la mobilité de l'eau avec l'immobilité de la terre. Tous les témoignages de nos sens avaient fortifié cette sécurité. Le sol vient-il à trembler, ce moment suffit à détruire l'expérience de toute la vie. C'est une puissance inconnue qui se révèle tout à coup ; le calme de la nature n'était qu'une illusion et nous nous sentons rejetés violemment dans un chaos de forces destructives. Alors chaque bruit,

1. *Questions naturelles*. Liv. VI, chap. I.

chaque souffle d'air excite notre attention : on se défie surtout du sol sur lequel on marche. »

De telles impressions ont été jusqu'à amener la perte de la raison. Le Dr Eugène Fazio qui, à propos de la catastrophe de Casamiccioala (28 juillet 1883), a étudié les effets physico-pathologiques du tremblement de terre sur l'homme, note que, dans la matinée du 29, la douleur des survivants ne se manifestait ni par des sanglots, ni par des larmes..., ils étaient hébétés et apathiques. La stupéfaction atténuait tout sentiment : interrogés, ils ne donnaient que des réponses vagues et qui souvent ne correspondaient pas à la question ; la mémoire était oblitérée, et c'est avec peine qu'ils pouvaient réunir leurs pensées. Il y eut de véritables cas de folie, mais ce qui dominait, c'était l'état d'hyperesthésie générale...

L'épouvante frappe même les animaux. Les ânes, les chevaux, animaux habitués à être conduits par l'homme, lorsqu'ils peuvent briser leurs licous, viennent se réfugier auprès de lui. Les chiens hurlent, les porcs poussent des cris déchirants. « Les crocodiles de l'Orénoque, d'ordinaire aussi muets que nos petits lézards, fuient le lit ébranlé du fleuve et courent en rugissant vers la forêt »[1].

1. Humboldt. *Cosmos*. Trad. franç. par H. Faye, t. I, p. 243.

CHAPITRE III

PROCÉDÉS D'ÉTUDE DES TREMBLEMENTS DE TERRE

Sommaire. — Premiers appareils employés pour étudier les tremblements de terre. — Séismographe à mercure. — Séismographe à pendule. — Pendule de Milne. — Séismogrammes. — Troponomètres. — Microséismographes. — Troposéismomètre et orthoséismomètre. — Tremblements de terre à grande distance notés par les appareils. — Études expérimentales des oscillations de la verticale. — Les marées de la croûte terrestre. — Statistique des séismes.

Chacun des détails dont l'ensemble compose le phénomène séismique mérite d'être décrit à part; il comprend des variétés dont la mention est du plus vif intérêt pour parvenir à la conclusion finale.

Nous allons les passer en revue, sans nous attacher à y établir une classification rationnelle : la plus pratiquement commode sera évidemment la meilleure.

On conçoit d'ailleurs que les documents ne peuvent être recueillis d'une manière sérieuse et profitable que par l'application de bonnes méthodes d'observation. Mais l'observation de phénomènes aussi effrayants est assez malaisée, et il faut s'attendre à voir de grosses erreurs dans l'appréciation des durées et des intensités. D'après Milne [1] le plus ancien de ces

1. *Earthquakes and other earth movements.* 1 vol. in-8°. New-York, 1886, p. 14.

instruments fut inventé en Chine cent trente-six ans avant notre ère, par Chôko. Comme on le voit dans la figure 5, il consiste en un vaisseau sphéroïdal en cuivre de 8 pieds de diamètre. Sur son pourtour se présentent huit têtes de dragons fabuleux, dont cha-

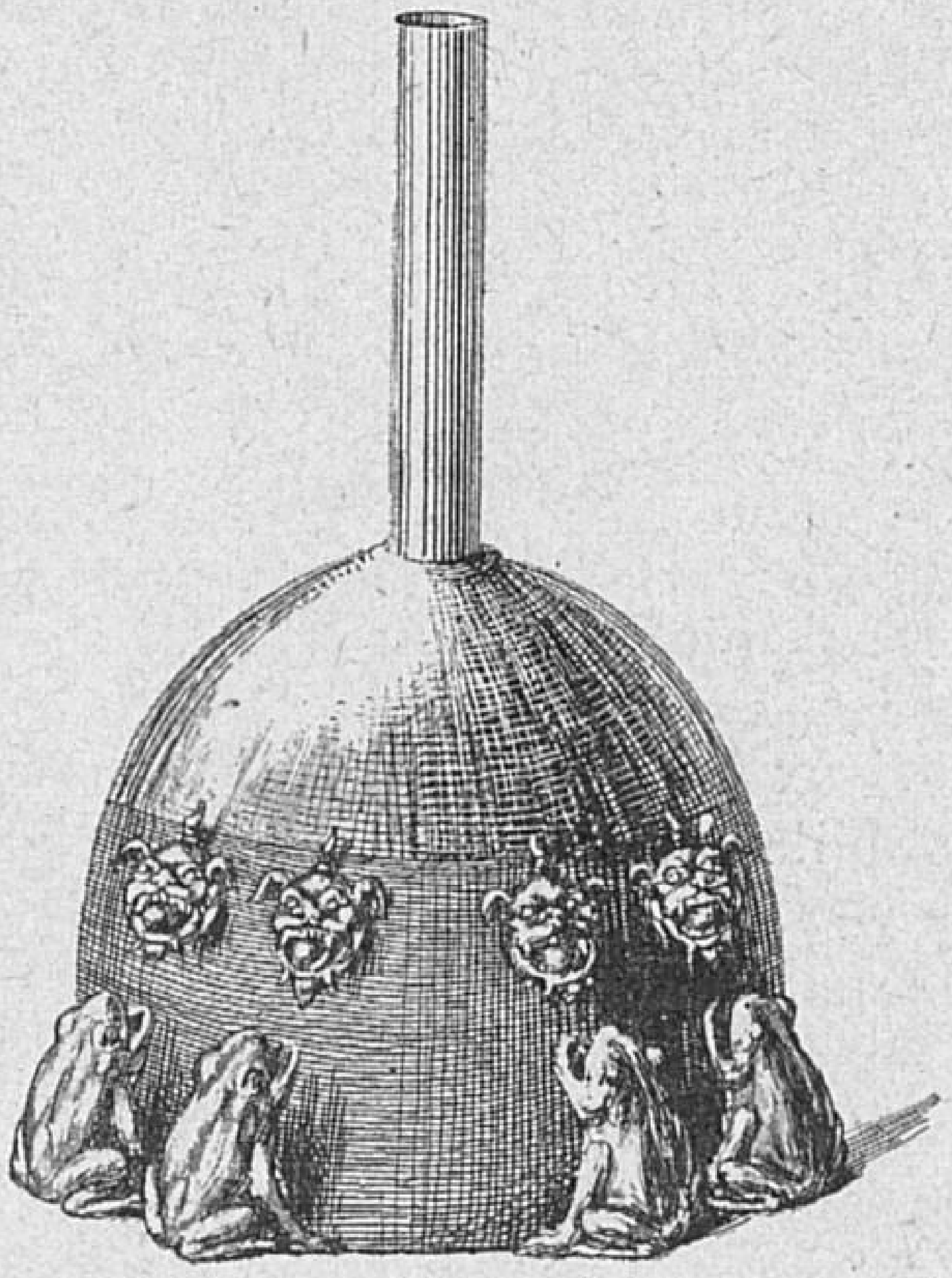


Fig. 5. — Le plus ancien des séismomètres, construit cent trente-six ans avant Jésus-Christ, par le Chinois Chôko. — D'après John Milne.

cune tient en sa gueule une petite bille. Si une secousse se produit, la bille située dans la direction de l'ébranlement vient se loger dans la bouche de la grenouille accroupie au-dessous du dragon, qui la rejette et fournit orienté un témoignage du phénomène.

Séismographes. — Dans les temps modernes on a inventé les séismographes et les séismomètres vraiment scientifiques.

Grâce à eux, plusieurs physiciens ont constaté dès le XVIIe siècle, et surtout au XVIIIe, des mouvements très petits et d'origine inconnue, réalisés par des pendules de longueurs considérables. Ainsi. en 1753, le baron de Graute qui, dans une grotte des environs de Louviers en Normandie, y observait un pendule de onze pieds de longueur, remarqua un mouvement continuel de forme elliptique et l'attribua à l'existence dans le sol de mouvements trop faibles pour être perçus par les moyens ordinaires.

Le Gentil, astronome français, qui faisait en 1767 des observations à Manille, renouvela les remarques de de Graute. Et l'on constata que le grand tremblement de terre, si célèbre, qui agita la Calabre en 1783, influença des pendules placés à Naples (d'après Salsano) et même à Milan (d'après l'astronome Oriani).

Il est curieux de constater qu'en 1813 et 1814, un astronome milanais, Angelo Cesaris[1] attribua les petits mouvements du fil à plomb d'un quadrant mural, non pas à une action séismique, mais aux multiples influences éprouvées par les murailles de l'édifice où il travaillait, de la part des agents atmosphériques (variations thermométriques, hygrométriques et autres).

Deux fois en sa vie, en 1805 et en 1832, le géodésiste Deleros observa, d'abord dans les Vosges et ensuite à Narbonne, de forts mouvements oscillatoires sur la bulle d'air de son niveau, sans qu'il eût senti d'ailleurs la moindre secousse dans le sol.

Vers 1837, d'Abbadie a multiplié au Brésil, en Abyssinie et en France des observations qu'il publia plus tard sur les déplacements de la bulle des niveaux[2]. Plantamour a repris ensuite le même sujet

1. *Éphémérides astronomiques*, de Milan.
2. Voyez ses *Études sur la Verticale*, publiées en 1872.

avec des résultats identiques : il a même cru trouver une périodicité dans ces microscopiques déplacements du sol[3].

Voici les principes d'après lesquels ont été construits

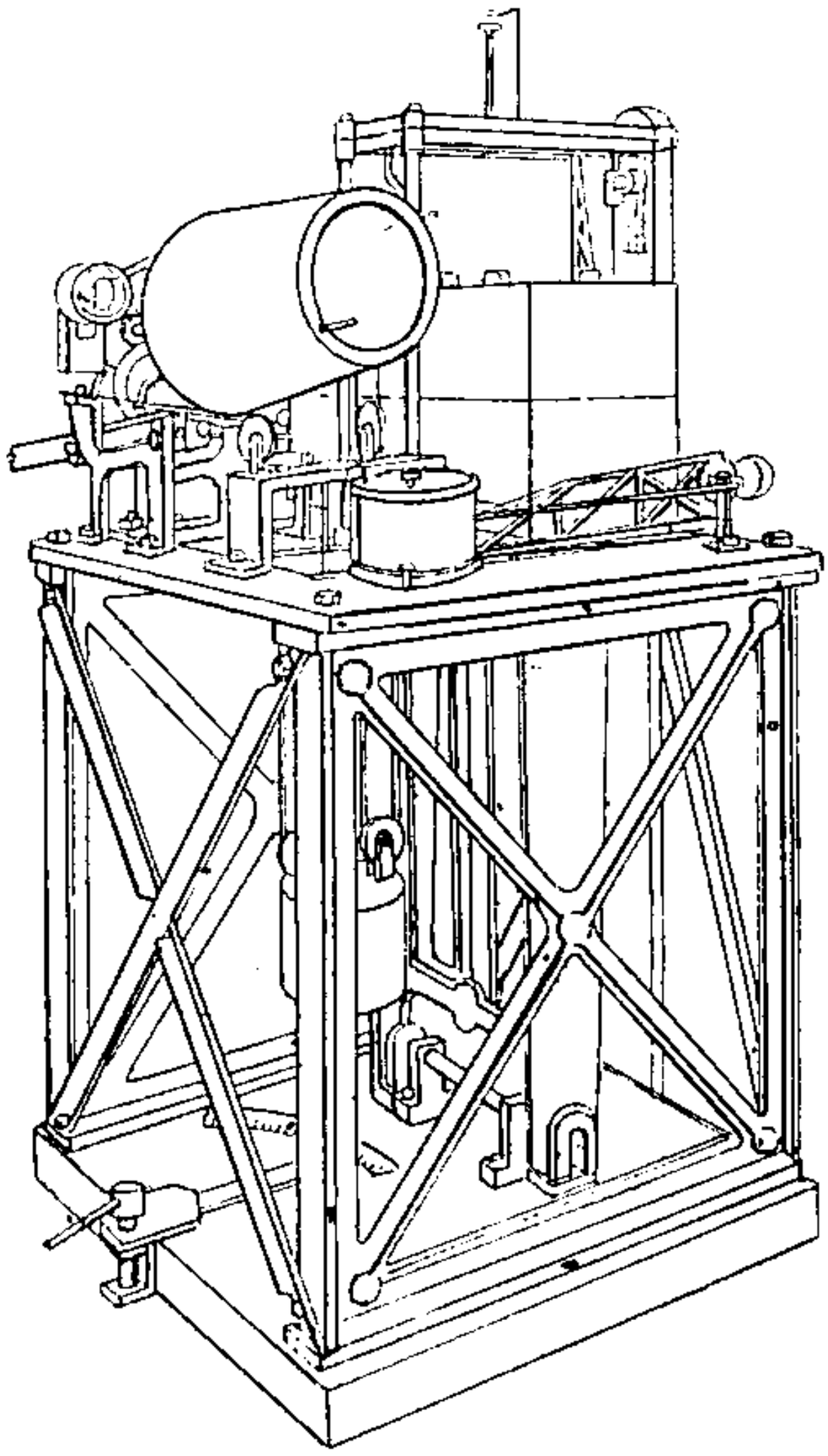


Fig. 6. — Séismomètre de Wieckert, pendule astatique à masse stationnaire de 125 kilogr.

les principaux appareils destinés à l'étude rationnelle des déplacements du sol.

Le séismographe à mercure est fondé sur l'inertie qui cause le retard du niveau du mercure dans un baromètre qu'on élève et qu'on abaisse brusquement. Des index permettent de suivre le mouvement apparent du liquide, et si le tube est convenablement

3. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, juin 1878 et février 1881.

infléchi, on peut avoir des indications pour divers plans orientés de façon quelconque.

Parmi les formes les plus simples, on peut mentionner l'emploi d'un baromètre à siphon construit de façon que le mercure vienne exactement araser la petite branche du tube. Dans ces conditions, l'amplitude des trépidations a pour mesure le poids du mercure qui s'est extravasé de cette petite branche et qu'on a recueilli dans un récipient convenablement disposé.

Mais les formes les plus courantes de séismographes sont fondées sur l'inertie mise en œuvre par l'emploi de pendules. Si un pendule est composé d'un poids considérable suspendu à un fil fin (fig. 6), on comprend facilement que les impulsions imprimées à son point de suspension ne se transmettent pas

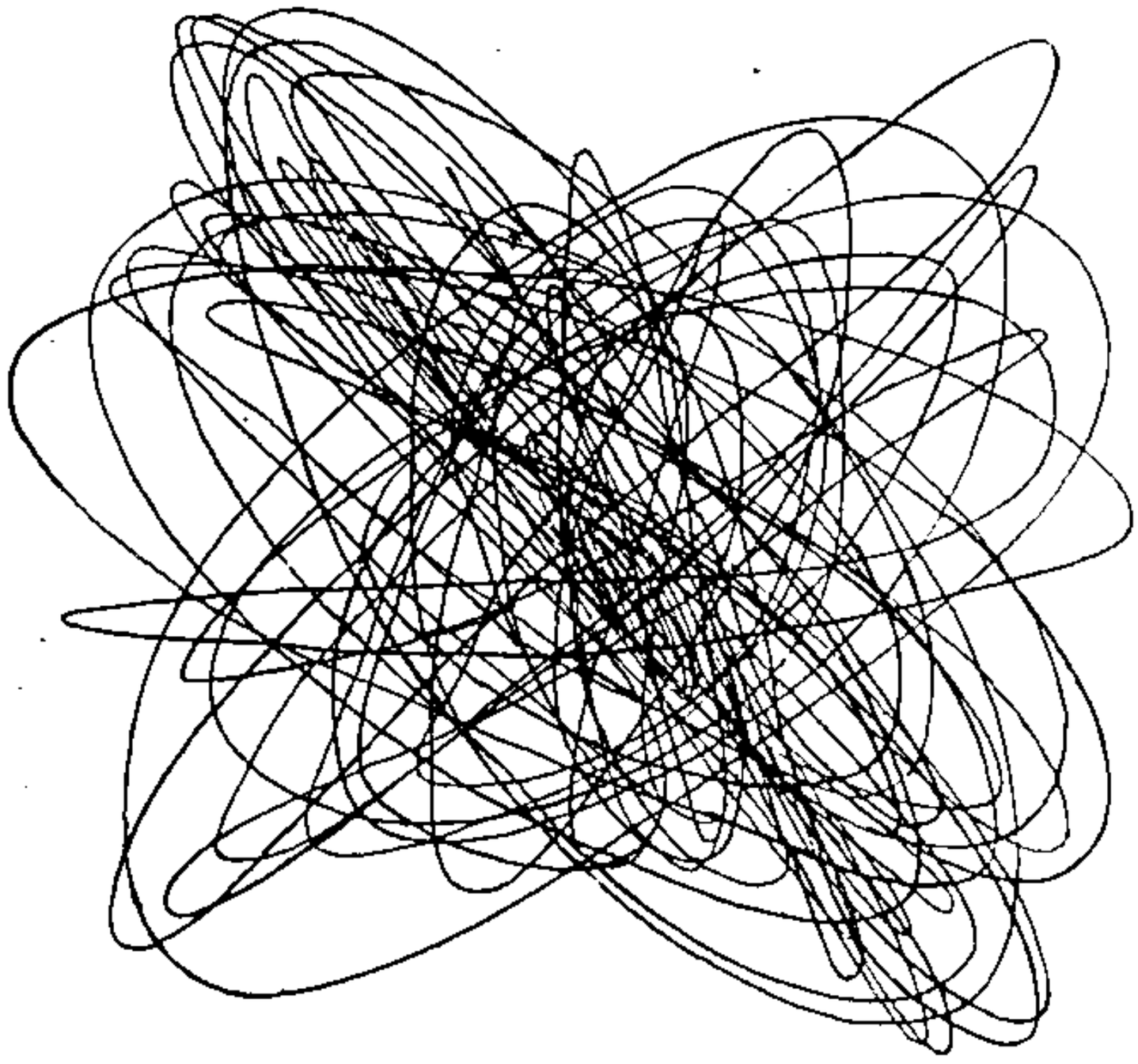


FIG. 7. — Diagramme du tremblement de terre du 15 décembre 1901 dans les Philippines (d'après le *Philippine weather Bureau*).

aisément à sa masse. Celle-ci pourra être considérée comme sensiblement immobile au milieu des objets voisins qui seront agités. Aussi il suffira de lui ajouter

une pointe traçante sous laquelle se déplacera, par l'action d'un mouvement d'horlogerie une bande de papier propre à recevoir le trait, pour que la trajectoire d'un point de la surface du sol soit exactement dessinée. On obtient ainsi un *séismogramme* dont la figure 7 donne un exemple qui doit d'ailleurs être ramené, par un calcul très simple, à la dimension réelle du déplacement dont il est la représentation.

Cette courbe, il est vrai, ne représente pas la loi

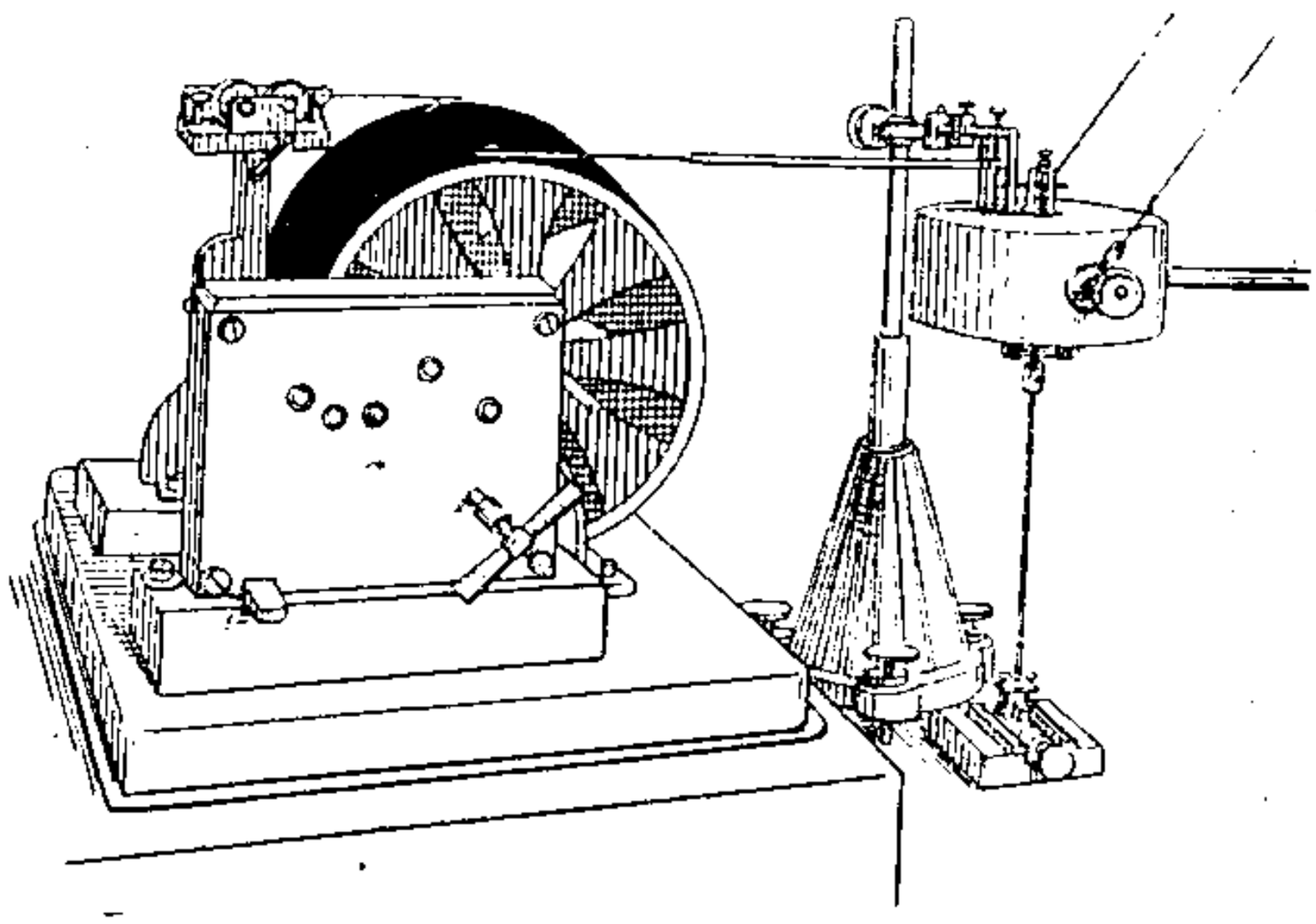


FIG. 8. — Séismomètre à pendule horizontal d'Omori.

du mouvement du sol : il eût fallu, pour qu'il en fût ainsi, que le style fût demeuré immobile dans l'espace. Il n'en est rien, car l'axe de suspension du pendule remuant avec le sol, il est clair que le pendule ne tarde pas à osciller. La courbe recueillie représente donc un mouvement relatif résultant de la superposition du mouvement du sol et du mouvement acquis par le pendule[1].

Par des artifices ingénieux, on a pu construire aussi des pendules horizontaux (fig. 8), doués de la même

1. Théorie et mode d'emploi des appareils séismographiques. G. LIPPMANN, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CX, 440.

faculté d'enregistrement. On en emploie simultanément plusieurs, dirigés en différents plans, et l'on obtient alors le déplacement dans l'espace du point considéré de la surface du sol.

Le professeur Sekiya, de Tokio, a représenté la trajectoire dont il s'agit par un fil de cuivre convenablement tordu, et il a mis le résultat de ce travail sous les yeux des visiteurs de notre Exposition Universelle, en 1878.

On a perfectionné de maintes façons la construction des séismographes. Ainsi, on les fait opérer photographiquement, en y réfléchissant à l'aide d'un miroir un rayon de lumière qui va tomber sur un papier sensible se déroulant d'une façon continue et automatique.

Mouvements microséismiques. — On verra dans une autre partie du présent ouvrage que l'étude des volcans a bénéficié de l'emploi, proposé d'abord par de Rossi, du microphone à l'examen des bruits souterrains. Une application du même genre a été faite à la séismologie. Dans les régions fréquemment agitées, on a installé des instruments très délicats, connus sous les noms de *troponomètres* et de *microséismographes*, qui déjà ont rendu d'importants services.

Le type le plus simple du microséismographe consiste en cinq pendules d'inégales longueurs reliés entre eux par des fils de soie très fins et qui entourent un poids suspendu au centre d'une cupule contenant du mercure. Si, par suite d'un choc, le poids se met en contact avec le liquide métallique, il ferme par cela seul un courant électrique et détermine l'inscription d'un point sur un papier enregistreur à mouvement continu.

Le troponomètre consiste essentiellement en un poids marqué sur un de ses côtés d'un trait de repère

et suspendu à un fil de soie sans torsion. Cet appareil est renfermé dans une cage de verre qui le soustrait aux courants d'air. En face du trait est établi un microscope qui peut tourner autour de l'axe d'oscillation du pendule. On le met au point, de façon à suivre le trait dans la plus petite oscillation de l'instrument et l'on peut constater des déplacements inférieurs à un centième de millimètre.

C'est très rarement qu'un semblable pendule est tout à fait au repos : dans bien des pays, il est constamment agité et, suivant les cas, ses mouvements sont lents ou rapides.

Au moment des tremblements de terre, les tropomomètres s'agitent à des centaines de kilomètres de distance et signalent des secousses parfois très faibles. Le séisme ressenti le 23 février 1887 à Nice et dans toute la Ligurie a influencé les instruments à Bologne, à Florence, à Perpignan, à Genève, à Zurich et jusqu'à Douai. Dans plusieurs de ces localités des séismographes sont cependant restés inertes.

Ces merveilleux instruments ont un inconvénient : comme on ne peut pas les observer d'une manière continue, on reste ignorant de tous les phénomènes qui se produisent en dehors des moments où l'on n'a pas l'œil au microscope. Mais il n'est pas impossible de les mettre à l'abri de ce défaut et de leur faire enregistrer, sans arrêt, toutes les impressions qu'ils reçoivent. Il suffit pour cela de placer sur le poids un petit miroir réfléchissant un rayon de lumière, de façon qu'il vienne donner un point noir sur un papier photographique.

Il faut, bien entendu, se garder de confondre, dans l'emploi d'appareils si sensibles, les trépidations dues à des causes externes, comme le choc des vagues ou le passage du vent, avec les secousses provenant des régions souterraines. L'habitude permet de faire les distinctions nécessaires.

C'est en reprenant des expériences délicates, faites en 1855 et 1856 par Pamietti, d'Alexandrie (Piémont) sur de faibles mouvements spontanés du pendule, que le P. Bertelli arriva à mettre en évidence l'existence très fréquente de frémissements du sol, beaucoup plus faibles qu'on ne l'imagine. Il combina à cet effet un appareil spécial, d'une sensibilité extrême, auquel il imposa le nom de *troposéismomètre*, et qui est en somme une forme particulière du tropono-mètre.

Ainsi muni, l'auteur non seulement observa des vibrations infiniment faibles de la surface terrestre, mais encore il constata, par les variations de la verticale, c'est-à-dire par les changements de position du pendule, des abaissements et des soulèvements lents du sol.

Il faut ajouter que l'interprétation de tous ces déplacements a fourni la matière de discussions et qu'en particulier le professeur Monte (de Livourne) a émis l'opinion qu'ils pourraient provenir des changements de température, du vent, de la sécheresse, ce qui était revenir à l'opinion d'Angelo Cesaris.

Le troposéismomètre ne mettant en évidence que les mouvements horizontaux, le P. Bertelli a construit un instrument spécial, appelé *orthoséismomètre*, capable de révéler les plus petites secousses verticales.

Un des résultats les plus remarquables des séismographes a été de révéler non seulement des tremblements de terre ayant lieu très loin de la localité où ces appareils sont établis, mais encore de fournir en même temps l'heure exacte de phénomènes parfois mal observés sur place. La figure 9 indique d'une manière générale les caractères de la courbe dessinée par l'appareil dans de semblables circonstances.

Le 23 janvier 1909, les séismographes de tous les observatoires d'Europe enregistraient le passage de

violentes ondes séismiques, deux ou trois fois plus fortes qu'au moment de la catastrophe de Messine, et l'on était conduit à leur supposer un centre d'ébranlement situé à environ 4.000 kilomètres de l'Europe centrale. Or, quelques jours après, on reçut un avis du prince Galitzin, directeur de l'Observatoire de Pulkovo (aux environs de Tsarkoë Sélo) disant que le

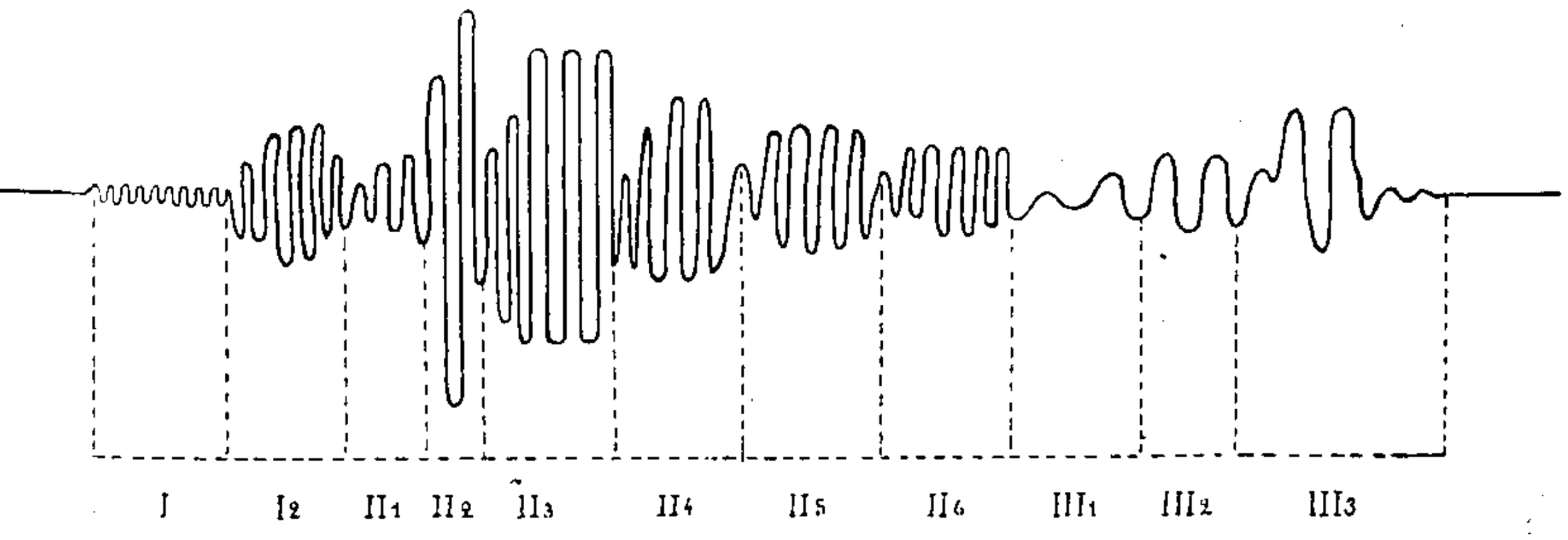


Fig. 9. — Schéma d'un téléséismogramme normal. I_1 et I_2, frissons prémonitoires; II_1 à II_6, les diverses phases du phénomène principal; III_7 à III_3, ondes revenant à la station par les antipodes, considérées d'abord comme la période d'extinction graduelle (d'après M. de Montessus).

choc séismique avait eu lieu dans la région désertique qui s'étend entre le sud de la Caspienne et le Khorassan. L'indication des appareils, on le voit, avait été assez exacte.

Aussi, quand dans la nuit du 20 au 21 octobre 1909, les deux séismographes de l'Observatoire météorologique établi au Parc-Saint-Maur, près Paris, ont indiqué qu'il y avait eu un très violent tremblement de terre dont l'épicentre devait être à quelque 6.700 kilomètres dans l'E.-S.-E., c'est-à-dire dans la région de l'Himalaya, le monde savant a-t-il tenu le renseignement comme parfaitement valable[1].

De même, le 10 novembre 1909, les séismographes

1. Angot. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 25 janvier et 26 octobre 1900.

du Parc-Saint-Maur ont enregistré une perturbation téléséismique de grande importance. D'après M. Angot[1], le début extrêmement net a eu lieu à 6 h. 26′4″ (temps moyen de Greenwich) sur les deux composantes. Les grandes oscillations ont eu leur maximum de 7 h. 5′ à 7 h. 10′ pour la composante N. S. Les dernières traces du mouvement ne dépassent guère 7 h. 45′. La distance calculée pour l'épicentre serait d'environ 8.700 kilomètres. Ce tremblement de terre aurait une origine sous-marine et se serait produit dans la mer des Antilles[2].

Il est impossible de quitter ce sujet des microséismes sans ajouter que des observations spéciales ont fait découvrir pour chaque lieu, pris en particulier, un mouvement périodique d'oscillation de la verticale.

En présence de l'énergique déformation subie par la surface de l'océan sous l'influence de l'attraction luni-solaire et qu'on connaît sous le nom de marée, on ne peut douter qu'une réaction du même genre ne se produise à l'égard de la masse solide corticale. Cependant l'absence de tout point fixe pouvant servir de repère, rend la constatation de ces déformations extrêmement difficile et on pourrait même croire impossible. On peut remarquer à cet égard que les marées de l'océan sont absolument insensibles pour le navigateur qui a perdu la vue des côtes et on peut croire que le phénomène serait insoupçonné si nous habitions des îles flottantes sur un globe que l'océan recouvrirait de toutes parts.

Cependant, les géodésistes ont depuis très longtemps nourri l'espoir de rendre sensible aux yeux une réaction qui théoriquement est si évidente, et il

1. *Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 878 (15 novembre 1909).

2. Signalons une intéressante *Notas sobre el terremoto de Messina*, dans les *Memorias della Reale Academia de Ciencias y artes de Barcelona*, t. VII, nº 13 (1909).

est juste, à cette occasion, de rappeler les héroïques efforts de d'Abbadie, de M. Bouquet de la Grye et de M. Wolff en France, ainsi que ceux de M. Zöllner, de lord Kelwin et de sir G. H. Darwin, à l'étranger. Les divers appareils que cette élite de chercheurs a rêvé d'employer à démontrer les oscillations de la verticale sont restés muets et inutiles.

L'insuccès s'explique bien facilement par l'extrême petitesse des effets à observer : il s'agit d'apprécier une déviation qui ne dépasse pas un millième de seconde d'arc; si le pendule mesurait 10 mètres de longueur, ce qui est déjà une notable dimension, les écarts de la masse pesante seraient renfermés entre deux points distants l'un de l'autre de 1 millième de millimètre (ce que les micrographes appellent couramment un *micron*).

Il paraît cependant que ces circonstances, aggravées encore par l'existence d'actions latérales relativement énormes, comme la déformation du sol due à l'échauffement par le soleil, n'ont pas suffi à décourager les savants, et c'est d'une manière remarquablement ingénieuse qu'ils se flattent de tourner la difficulté.

Evidemment l'observation du déplacement cherché serait d'autant plus facile qu'on ferait intervenir un pendule plus long : si le fil de celui-ci avait 5.000 mètres, c'est-à-dire à peu près la hauteur du Mont Blanc, les oscillations de sa masse pesante seraient observables par le déplacement, sur une plaque photographique, du rayon de lumière réfléchi sur un miroir suspendu à cette masse.

Or, ce pendule irréalisable de 4.800 mètres, on peut le remplacer, sans rien changer d'essentiel à l'expérience, par un pendule oscillant dans le plan horizontal et à ce titre analogue à ceux qui entrent dans la construction de certains séismomètres. C'est ce qui résulte en particulier des travaux du Dr Hecker, de

Postdam, qui a publié les courbes obtenues dans une cave de 25 mètres de profondeur, dont la température et l'état hygroscopique sont rigoureusement invariables.

L'étude de ces courbes est des plus intéressantes et conduit à attribuer aux marées de l'écorce terrestre une valeur de 50 centimètres à l'équateur, de 25 centimètres sous le 45e parallèle et de 0 sous les pôles. Dans chaque cas, d'ailleurs, on arrive à faire la part du Soleil et celle de la Lune (cette dernière double environ de l'autre, comme pour les marées de l'océan).

Si l'on admet la réalité de ces faits, auxquels il faudra peut-être infliger des corrections, la substance corticale de la Terre jouirait d'une rigidité comparable à celle de bien des métaux, presque égale à celle de l'acier et supérieure à celle du cuivre.

Enfin, il est de la dernière importance de constater qu'à côté des oscillations spontanées du pendule, les observations ont révélé le déplacement progressif et continu de la verticale. Dès 1837, Antoine d'Abbadie a entrepris l'étude des variations apparentes de la verticale, ce qui revient à celles de déplacements réels de la surface du sol. L'auteur observait d'abord de longs niveaux à bulle d'air, dont la bulle se déplaçait; mais, plus tard, il a construit un appareil spécial qui fut installé dans l'observatoire d'Abbadia (Basses-Pyrénées)[1].

Le principe de cet appareil consiste à observer au microscope l'image d'un point fixe, réfléchie dans un bain de mercure situé à une forte distance en contre-bas. Les variations de position de cette image donnent le double de l'angle dont la surface du bain a tourné par rapport à la verticale. La conclusion des expériences a été que la verticale peut varier de 4″5 dans le courant d'une année.

1. *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1881.

Il arrive que l'image étudiée se met à frétiller, à sauter brusquement, à s'affaiblir et même à disparaître : ce sont évidemment les effets de vibrations rapides du mercure dues à des trépidations microscopiques du sol comparables à celles que nous mentionnions tout à l'heure.

L'étude des déplacements apparents de la verticale a été reprise par M. Bouquet de la Grye à l'île Campbell où il était allé pour observer en 1874 un passage de Vénus sur le disque du Soleil. Il employait un appareil qui permet de tracer automatiquement la courbe des variations à des intervalles aussi rapprochés qu'il peut être utile. Son organe essentiel est un pendule à poids lourd, qu'actionne un levier très léger destiné à amplifier les déviations. Chaque fois que le contact se produit, un courant électrique commandé par une horloge traverse l'appareil et marque un point sur un papier quadrillé [1].

Depuis cette époque, cette très importante question a été reprise de maintes façons, et l'on peut citer à cet égard les travaux de MM. G. et H. Darwin, de M. C. Wolf à l'observatoire de Paris [2], de M. de Chancourtois [3], etc.

C'est à ces phénomènes que M. Issel [4] a imposé le nom de *bradyséismes* ou tremblements de terre lents.

Statistique des séismes. — Les tremblements de terre observés jusqu'ici sont innombrables. Le souvenir de la plupart d'entre eux s'est complètement effacé. Ce n'est que depuis peu de temps qu'on se livre à leur égard à des travaux de statistique, et si

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 juillet 1884.
2. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 juillet 1883.
3. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCVII, 25 juin 1883.
4. *Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi*, 1 vol. in-4°. Gênes, 1883.

les séismes semblent devenir de plus en plus fréquents d'année en année, c'est qu'on met de plus en plus de soin à les enregistrer. On a d'ailleurs découvert d'anciens documents qui ont été très profitables, et, par exemple, de vieux catalogues japonais concernant le VIIe, le VIIIe et surtout le IXe siècles, témoignant de la fréquence des convulsions du sol.

Chaque fois qu'on a fait les observations avec un soin suffisant, on a vu les secousses devenir beaucoup plus nombreuses dans un lieu déterminé. Ainsi, entre novembre 1879 et décembre 1880, M. Alb. Heim, le savant professeur de Zurich, a compté 69 secousses dans la chaîne des Alpes. On en aurait constaté bien davantage au moyen des séismographes.

Milne a relevé au Japon 36 tremblements de terre distincts les uns des autres, pendant le laps de soixante-treize jours seulement, du 19 octobre au 31 janvier 1886[1].

Pendant la première moitié du XIXe siècle, Alexis Perrey a publié un catalogue des tremblements de terre pour toutes les parties du monde pendant les temps historiques. D'après ce catalogue, la moyenne annuelle des séismes serait de 60 à 70, c'est-à-dire de 6 à 7.000 par siècle. Mais Perrey travaillait à une époque où les séismographes n'existaient pas, et il n'enregistrait que les phénomènes assez forts pour être remarqués par tout le monde. En outre, les moyens d'information n'étaient pas à la hauteur de ceux dont nous disposons aujourd'hui. Bref, les catalogues annuels publiés maintenant par l'Association séismologique internationale sont à même d'indiquer 5.000 macroséismes environ. Quant aux microséismes, ils sont véritablement innombrables.

On a donc pu faire de la *séismicité*, — ainsi appelle-

1. *Transaction of the Seismological Society of Japan*, t. IV, p. 30. Tokio, 1882.

t-on la moyenne de la fréquence et de l'intensité des tremblements de terre en une région limitée, — l'un des chapitres les plus importants de la séismologie. On dresse au Japon et aux Philippines des cartes séismiques, pour lesquelles on emploie des courbes d'égale fréquence ou *isophygmes*.

CHAPITRE IV

LES DÉTAILS DES TREMBLEMENTS DE TERRE

SOMMAIRE. — Les Bruits souterrains : Les bramidos de Guanaxato (1784). Les détonations de Medela, en Dalmatie (1822-1825). Les Retumbos. Bruits dont l'origine séismique est discutée. Les bruits des sables. Causes des bruits séismiques. Courbes isacoustiques. — Les secousses : secousses verticales : Calabre (1783) Riobamba (1797), Casamicciola (1885). Secousses horizontales : ondes séismiques observées à Charleston (1886), à Shillong (1897). Combinaison des deux mouvements. Durée des secousses. Influence de la nature du sol sur la gravité des secousses. — Conduction des ondes par le sol : observations relatives au tremblement de l'Andalousie (1884) ; études de Milne, Gray, Fouqué, Abott, Heim. Effets des secousses. Comment il faut construire en pays à séismes. Bizarreries de certains accidents. — Les crevasses exemples pris en Andalousie (Guvéjar), dans l'Inde, à San-Francisco (1906), en Calabre (1783). — Émanations gazeuses d'origine séismique. — Influence du séisme sur le régime des eaux. — Sorties de sables : Craterlets, Charleston (1886). Tremblements de terre fossiles en Russie et en Californie. Les alluvions verticales. — Éboulements : récit d'un éboulement en Calabre par Dolomieu, en 1783. — Raz de marée : désastres qu'ils produisent. Les tsumanis du Japon : 30.000 victimes en 1896. Submersion de la ville de Callao en 1746. Le désastre de Concepcion au Chili en 1836. Affaissement de la ville de Sindri (Indes) dans les eaux.

Les bruits souterrains. — Les bruits qui précèdent ou accompagnent les tremblements de terre sont très variables suivant les cas. Généralement on entend d'abord comme un frémissement faible et qui augmente très rapidement d'intensité, jusqu'à devenir

tout à fait assourdissant. On l'a fréquemment comparé aux roulements de tonnerre, ou au crépitement de la fusillade ou encore au vacarme que feraient cent camions lourdement chargés, roulant au galop sur un sol inégal.

L'intensité des bruits souterrains n'est d'ailleurs pas toujours en rapport avec celle des secousses. Il y a de grandes catastrophes silencieuses. Et il y a de terribles bruits sans secousses souterraines. L'exemple le plus célèbre est celui des *bramidos* de Guanaxato au Mexique, qui, commencés le 7 janvier 1784, durèrent jusqu'au milieu du mois suivant.

« On eût dit un orage souterrain, raconte Humboldt. Le bruit cessa comme il avait commencé, c'est-à-dire graduellement. Il était limité à un faible espace ; à quelques myriamètres de là, sur un terrain basaltique, on ne l'entendait plus. Presque tous les habitants furent frappés d'épouvante ; ils quittèrent la ville où de grandes quantités d'argent en barre se trouvaient amassées, et il fallut que les plus courageux revinssent ensuite disputer des trésors aux brigands qui s'en étaient emparés. Pendant toute la durée du phénomène, on ne ressentit aucune secousse, ni à la surface ni même dans les mines voisines, à 500 mètres de profondeur. Jamais, avant cette époque, on n'avait entendu pareil bruit au Mexique, et jamais il ne s'y est répété depuis [1] ».

Semblable aventure arriva dans l'île dalmate de Medela[2]. C'étaient des détonations souterraines dont certaines seulement étaient accompagnées de secousses. Cela dura de 1822 à 1825. Ces bruits devinrent si formidables que le bourg de Babimopoglie fut abandonné par les habitants qui avaient perdu tout repos et toute sécurité. Il fut même question de quitter l'île.

1. *Cosmos*, première partie. Trad. de H. FAYE.
2. PARTSCH. *Bericht über das Detonationphœnomenen auf der Insel Medela bei Ragusa.* Wien, 1866.

Les bramidos ou *truenos* sont parfois entendus dans les parties de l'Amérique du Sud sujette aux séismes, sans qu'ils soient parmi les traits essentiels du tremblement de terre. Cependant celui-ci semble les déterminer longtemps après qu'il est passé. Tel fut le cas du grand tremblement de la Nouvelle-Grenade (16 novembre 1827) : on entendit dans la vallée de Cauca des explosions souterraines qui se succédaient de 30 en 30 secondes, sans qu'il se produisît de secousses. Après le tremblement de terre du Valais (25 juillet 1855), il y eut durant plusieurs années, dans la même région, de faibles secousses excessivement fréquentes, avec des détonations violentes pour ainsi dire incessantes. Oldham, après le grand tremblement de terre de l'Assam (12 juin 1897) entendit dans les Garo-Hills 50 *retumbos* en moyenne par 24 heures, sans secousses sensibles.

L'origine séismique des bruits appelés *Mitspoeffers*, en Flandre ; *Marina*, *Brontidi*, *Bonniti*, *Mugghio de la Balsa*, en Italie ; *Houcènes* sur les côtes d'Istrie et de Dalmatie ; *Barrisal guns*, dans l'Inde, etc., ne paraît pas aussi évidente que celle des bramidos. Du moins est-elle discutée encore.

On peut mentionner parmi les causes des bruits souterrains l'écoulement des sables dans certaines conditions. Voici ce que M. Lortet constate à cet égard.

« Lorsqu'en grimpant sur la pente très raide et si fluide de sable coulant qu'on y enfonce à mi-jambe, on est arrivé à mi-hauteur entre le Nil et la crête, haute de 60 mètres, sur laquelle est établi le grand temple d'Abou-Simbel, en Nubie, — alors on entend se produire sous les pieds et petit à petit, un ronflement sonore dans la masse sableuse mise en mouvement. Ce bruit ressemble à celui que ferait un train éloigné, ou peut-être plus exactement au ronflement d'une machine dynamo-électrique en activité. En

même temps, on sent très nettement que les pieds et les jambes sont secoués par une trépidation légère. Le son émis par le sable persiste pendant plusieurs minutes, quand bien même on reste immobile. Ce phénomène bizarre, qu'on peut reproduire à volonté, dure jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la base de la coulée, là où le sable n'a plus qu'une faible profondeur[1]. « Il paraît qu'à Tor, au pied du Sinaï, les coulées de sable fin émettent des sons de cloche. Dans certaines dunes du Sahara, on entend comme un battement de tambour.

Quoi qu'il en soit de ces exceptions, le bruit est la règle comme avertissement immédiat du tremblement de terre. La cause en est certainement multiple, la croûte terrestre étant fort compliquée et en travail incessant. Il s'y produit des explosions, comme dans un laboratoire, et pour les mêmes raisons. Les gaz dégagés par les sources minérales et thermales, la circulation des eaux, et surtout la compression des roches terrestres, vibrant et résonnant à la moindre rupture d'équilibre, doivent, lorsque se détachent les parois des géoclases, lorsque travaillent ces fractures, produire les frémissements acoustiques, les rumeurs, les décharges, qui précèdent et accompagnent les secousses. Deux surfaces rocheuses, par exemple les deux lèvres d'une faille, peuvent pendant le tremblement de terre frotter l'une sur l'autre et ainsi faire du bruit. Pour Milne, la production du *retumbo* est comparable à celle du son que donne le frottement des doigts sur un vase de cristal.

Alexis Perey dit qu'à Tacna, au Pérou[2], on entendait souvent, si l'on mettait l'oreille contre le sol, le bruit que ferait un corps pesant tombant dans une cavité.

1. *Comptes rendus*. t. CXXXVI, p. 925, 1903.

2. *Documents sur les Tremblements de terre au Pérou, dans la Colombie et le bassin de l'Amazone*. Bruxelles, 1858.

On trace sur les cartes des *courbes isacoustiques* indiquant la simultanéité d'impressions auditives d'un grand nombre d'observateurs. Elles manquent nécessairement de précision, la délicatesse de l'ouïe n'étant pas la même chez tous. Cependant l'aire d'ébranlement et l'aire d'audibilité diffèrent généralement peu dans leurs limites. On a pensé pouvoir, à l'aide de microphones, installés profondément au-dessous de la surface du sol, avertir à temps les habitants. On rapporte qu'un prisonnier politique, enfermé dans une prison souterraine de Lima, entendait les rumeurs annonciatrices de la catastrophe[1]. En général, les bruits ne précèdent pas assez les secousses, pour que les habitants aient le temps de s'enfuir. Pourtant, Fouqué rapporte que la chose arriva en Andalousie, et qu'on put, grâce à elle, quitter à temps le deuxième étage d'une maison.

Secousses. — Il y a deux grandes catégories de secousses, les horizontales qui sont ondulatoires ou oscillatoires, et les verticales, sussultoires ou trépidatoires, c'est-à-dire ressenties comme si le choc venait de bas en haut : ce sont les plus désastreuses. Il semble que l'on soit lancé en l'air, puis que l'on plongé dans le sol. On assure qu'en Calabre, en 1783, les montagnes semblaient sauter. Le tremblement de terre de Riobamba lança, dit-on, des cadavres sur une colline de plusieurs centaines de pieds de hauteur[2]. On lit dans une lettre adressée par le célèbre voyageur Claude Gay à François Arago que, pendant le tremblement de terre dont souffrit le Chili le 7 novembre 1837, un poteau dont une dizaine de mètres étaient enfoncés en terre et qui en outre était solidement fixé au sol par des crampons de fer fut

1. D'après DE ROSSI. *Il microfono nella meteorologia endogena.* Rome, 1878.

2. *Cosmos*, de HUMBOLDT, trad. H. FAYE, t. I, p. 228. Paris, 1848.

arraché de son trou si verticalement que la forme de cette perforation ne fut aucunement endommagée[4]. Lors du brusque tremblement de terre de Casamicciola (Ischia) en 1885, qui n'eut qu'une secousse, mais d'une violence extrême, un cadavre fut projeté à 100 mètres de distance horizontale sur un rocher de 25 mètres en contre-haut.

Les mouvements horizontaux se font sentir sur une plus grande étendue que les mouvements verticaux. Tantôt ils se composent d'oscillations plus ou moins violentes (Nice, 1887), ou bien ils se propagent en grandes ondes, comme à Charleston, en 1886. Un observateur, M. Mac-Lee, ayant entendu le bruit précurseur, courut se placer au milieu de la rue, et éprouva un frémissement du sol, puis un mouvement de va-et-vient. Il vit alors distinctement passer quatre ou cinq vagues, auxquelles il croit pouvoir attribuer la hauteur d'un pied. Elles étaient aussi larges que la rue entre les trottoirs et allaient à grande vitesse. « Si la rue Tradd, dit M. Mac-Lee, avait été sous l'eau et si j'avais été dans un bateau, le mouvement transmis à mon corps n'aurait pu être plus distinctement senti, ni les vagues plus clairement vues ».

A Shillong, en 1897, le sol vibrait comme de la gelée. Souvent les victimes des grands tremblements de terre éprouvent des nausées, comme s'ils avaient réellement le mal de mer.

Ces *vagues séismiques* ne peuvent se produire qu'en terrains mous, sablonneux, marécageux.

Le même séisme a le plus souvent à la fois des secousses verticales et des secousses horizontales. Quant aux secousses rotatoires, dont on a quelquefois parlé, elles n'existent probablement pas en réalité. Le mouvement tourbillonnaire est sans doute une illu-

4. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. VI, p. 833. Paris, 1838.

sion causée par la complication des impulsions du sol.

Le professeur Galli (de Velletri) a réuni beaucoup de faits dont la conclusion est que le mouvement du sol pendant le tremblement de terre est essentiellement vibratoire. Partant de l'observation qu'il a faite personnellement d'un tremblement de terre, cet auteur a précisé la théorie de l'onde séismique[1].

Il est assez difficile d'établir la direction des mouvements d'un tremblement de terre, comme le prouve la diversité des renseignements recueillis. M. Forel constate que les témoins sont influencés par les directions des façades des maisons dans lesquelles ils se trouvent, et que, pour une rue, la direction indiquée est neuf fois sur dix parallèle ou perpendiculaire à la direction même de la rue. Les objets renversés par les secousses n'indiquent pas non plus, dans la plupart des cas, la direction de ces secousses, car ils gisent souvent en directions divergentes. Oldham a même constaté que le désordre dans lequel les matériaux des édifices ruinés sont projetés est d'autant plus grand que ces édifices sont plus rapprochés de l'épicentre. Il faut donc recourir aux instruments qui, d'ailleurs dans la plupart des cas, inscrivent des mouvements de la plus inextricable complication.

Nombre des secousses. — Il est très rare qu'un tremblement de terre se réduise à une secousse unique et violente. Les secousses se répètent pendant des jours, des mois, quelquefois des années, à des intervalles plus ou moins rapprochés. Elles semblent devenir plus faibles, puis il y a des recrudescences. Le grand tremblement de terre de la Calabre, au XVIIIe siècle, dura du 5 février 1783 au printemps de 1784 et il y eut trois dates désastreuses, les 5 et 7 février, le 28 mars. Messine nous fournirait pour

1. *Sulla forma vibratoria del moto seismico*, dans les *Memorie della pontifica Accademia dei Nuovi Lincei*, t. IV. Rome, 1887.

1908-1909 des exemples analogues. Si les ruines ne s'augmentent guère, c'est que tout a été renversé d'un coup. Quelquefois, cependant, le foyer se déplace et des points qui avaient été épargnés se trouvent anéantis à leur tour. En certaines périodes, il semble que la terre ne parvienne pas à se calmer et en divers pays, elle est continuellement frémissante. Dans l'Amérique du Sud, ces très légers mouvements qui s'appellent des *Temblores* et qu'il ne faut pas confondre avec les *Teremotes*, n'éveillent pour ainsi dire pas d'inquiétude.

Durée des secousses. — La durée des secousses est aussi variable que leur nombre ; elle s'évalue ordinairement en secondes. Il suffit souvent de moins d'une demi-minute pour que la dévastation soit complète. A Casamicciola, tout fut consommé en seize secondes. Par contre, il y a des secousses bien constatées qui ont duré deux minutes, comme à Lima, en 1839. Sur les onze secousses du tremblement de terre de l'Inde (4 avril 1905), il y en aurait eu une de trois minutes. Mieux encore : à Arequipa, le 13 août 1868, les oscillations produites par le premier choc se seraient prolongées 7 minutes.

Influence de la nature du sol sur la gravité des secousses. — On a constaté souvent que les diverses natures de sol constituent des régions fort différentes au point de vue du péril séismique. Sur les roches compactes et cohérentes, les accidents sont beaucoup moins graves que dans les zones de terrains meubles et peu consistants; c'est ce que l'on a très bien vu en 1783, en Calabre, et à Nice, Menton, etc., en 1887, où la région granitique a beaucoup moins souffert que la région alluvionnaire et surtout que les zones où le terrain graveleux constitue une mince assise sur la roche cristalline.

Gay-Lussac a donné son avis sur le mode de transmission des ondes sonores ou mécaniques pendant les tremblements de terre. Il est utile de reproduire ici quelques lignes de son travail. « Un tremblement de terre, dit-il, est analogue à un tremblement d'air. C'est une très forte onde sonore excitée dans la masse solide de la terre par une commotion qui s'y propage avec la même vitesse que le son s'y propagerait. Ce qui surprend dans ce grand et terrible phénomène de la nature, c'est l'étendue immense à laquelle il se fait sentir, les ravages qu'il produit et la puissance de la cause qu'il faut lui supposer. Mais on n'a pas fait attention à l'ébranlement facile de toutes les particules d'une masse solide. Le choc produit par la tête d'une épingle, à l'un des bouts d'une longue poutre, fait vibrer toutes ses fibres et se transmet distinctement à l'autre bout à une oreille attentive. Le mouvement d'une voiture sur le pavé ébranle les plus vastes édifices et se communique à travers des masses considérables, comme dans les carrières profondes au-dessous de Paris. Qu'y aurait-il donc d'étonnant qu'une commotion très forte dans les entrailles de la terre la fit trembler dans un rayon de plusieurs centaines de lieues? D'après la loi de transmission du mouvement dans les corps élastiques, la couche extérieure ne trouvant pas à transmettre son mouvement à d'autres couches, tend à se détacher de la masse ébranlée; de la même manière que dans une file de billes, dont la première est frappée dans le sens des contacts, la dernière seule se détache et prend du mouvement. C'est ainsi que je conçois les effets du tremblement à la surface de la terre et comment j'expliquerais leur grande diversité, en prenant d'ailleurs en considération avec M. de Humboldt, la nature du sol et les solutions de continuité qui peuvent s'y trouver. »[1]

1. *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXI, p. 415.

Conduction des ondes par le sol. — Divers modes d'information ont été mis en œuvre pour déterminer la vitesse de transmission des ondes mécaniques au travers du sol ébranlé. Les résultats sont nombreux, mais aucun d'eux ne peut servir à établir de lois. En effet, tantôt on a observé, dans la nature, le temps employé par une trépidation pour se transmettre à telle ou telle distance : mais alors, on a manqué de notion quant à la constitution du sol; — tantôt, on a opéré artificiellement sur des roches déterminées, mais alors, on n'a eu que des chiffres dont l'application à la réalité des choses n'est pas à l'abri de toute critique.

Dans la première série, nous citerons des mesures déduites par M. Offret des observations relatives au tremblement de l'Andalousie (1884) et, dès l'abord, il faut remarquer que la vitesse varie considérablement avec la distance. C'est ainsi que pour une distance de 75 à 250 kilomètres, cette vitesse fut évaluée de 500 à 800 mètres à la seconde, tandis qu'elle se montra de 700 à 1.000 mètres pour une distance de 250 à 300 kilomètres; de 800 à 1.200 mètres, pour une distance de 300 à 400 mètres, de 1.100 à 1.700 mètres pour une distance de 500 à 1.000 kilomètres; enfin, de 2.100 mètres par seconde, pour 1.500 kilomètres de distance.

La distance n'intervient peut-être pas seule et, sans doute, doit intervenir aussi l'ensemble des propriétés physiques des roches. C'est au Japon que ce genre d'études expérimentales a été inauguré grâce à l'initiative de deux géologues anglais, MM. Milne et Gray. Les essais furent poursuivis dans le laboratoire de physique du Collège impérial de Tokio et consistèrent à soumettre à des efforts de tension des blocs cylindriques de diverses roches ayant 4 centimètres de diamètre et 60 centimètres de longueur. Le mode opératoire permettait de distinguer la vitesse de

translation soit longitudinalement, soit transversalement. Parmi les chiffres obtenus, il est intéressant de citer quelques exemples. Pour le granit, la vitesse de propagation du mouvement longitudinal est évaluée à 3.951m,88 par seconde et la vitesse du mouvement transversal à 2.191m,42. Dans le marbre, les deux vitesses sont respectivement 3.812m,50 et 2.081m,32; dans le tuf. 2.851m,75 et 2.091m,38; dans l'argile, 3.482m,18 et 2.541m,56 et dans le schiste ardoisier, 4.512m,78 et 2.861m,81.

« La comparaison des chiffres précédents, dit Fouqué[1] montre que le rapport de la vitesse des vibrations longitudinales à celle des vibrations transversales, dans un même milieu, varie suivant la nature de la matière expérimentée. Il a été trouvé égal à 1m,83 dans le marbre et 1m,36 dans le tuf. Ainsi, c'est dans les roches les plus élastiques que la différence entre les deux vitesses en question est le plus grande ».

A diverses reprises, on a pu utiliser des conditions offertes par l'exécution de grands travaux publics, pour juger de la vitesse de propagation des ondes. Abbot. par exemple, put mettre à profit l'éboulement du sol procuré par la réfection du port de New-York, qui fut débarrassé des roches qui l'encombraient par l'immense explosion de 22.680 kilogrammes de dynamite.

On peut, du reste, se demander si ces laborieuses mesures sont bien réellement applicables pratiquement à cause de la prodigieuse différence qui sépare de petits blocs bien homogènes de l'agrégat infiniment complexe de la nature. Le célèbre géologue Robert Mallet admettait qu'en réalité les 7/8 de la vitesse mesurée au laboratoire sont perdus, en

1. *Les Tremblements de Terre*. 1 vol. in-18. Paris, 1888, p. 204.

conséquence de l'hétérogénéité de la croûte du globe.

On conçoit *a priori* que les grandes variations d'homogénéité des roches doivent opposer à la propagation des ondes séismiques des difficultés plus ou moins considérables. En ce genre, il paraît que les grandes géoclases marginales des chaînes de montagnes sont tout spécialement infranchissables, et c'est ainsi que bien souvent des tremblements de terre, sensibles sur le versant espagnol des Pyrénées, se sont arrêtés à la chaîne sans pouvoir parvenir chez nous.

La statistique montre de même qu'on ne ressent que très rarement sur le flanc oriental de la Cordillère les séismes qui éprouvent le Chili.

Les choses se passent comme si les grandes cassures du sol formaient écran et dérivaient l'onde séismique parallèlement à la ligne de faîte.

Sur la lisière des chaînes de montagne, la ligne de propagation des tremblements de terre est très ordinairement perpendiculaire à la ligne de crête. A cet égard, la vallée de la Kamp qui passe par Brünn et Neustadt, au sud de Vienne a été signalée depuis longtemps[1]. Mais beaucoup d'autres cas analogues pourraient être cités à sa suite.

Lors d'un tremblement de terre ressenti en 1880 à Genève, M. Heim a noté entre Genève et Nyon une vitesse de 114 mètres par seconde, et entre Genève et Coppet, de 54 mètres.

Par contre, en certains cas, la transmission a eu, pour ainsi dire, la vitesse de la foudre. Selon Toula, une secousse mit 49 secondes pour se transporter d'Agram à Vienne, ce qui donne une vitesse de 5.500 mètres à la seconde. Pour Charleston, on

1. *Denkschriften der kk Akademie der Wissenschaten, zu Wien*, t. XXXIII, 1874.

admet 5.124 mètres environ, d'après Dutton, qui fit une enquête considérée par les spécialistes[1] comme un modèle, car elle se compose d'un nombre considérable d'observations faites sur la moitié des États-Unis où les horloges publiques et même les montres particulières sont parfaitement réglées. Ajoutons qu'il se pourrait, d'après le déclanchement des géoclases que le phénomène fût, dans certains cas, à peu près simultané sur des longueurs considérables et non pas transporté d'un point à un autre.

Effets des secousses. — Au point de vue humain, les effets des secousses ne sont malheureusement que trop connus. Nous les avons vus dans toute leur horreur à Messine. Cependant, la destruction semble avoir des caprices : ce n'est qu'une apparence. Nous avons déjà constaté que la nature de la roche sur laquelle les édifices sont établis a beaucoup d'influence sur leur solidité. Construire sur le sable est une expression qui vient d'un pays sujet aux ébranlements. Les parties hautes de ces édifices sont les plus ébranlées; même dans les tremblements de terre peu forts, les cheminées sont lézardées ou jetées bas; il en est de même des frontons, des corniches et des balcons. A Madrid, un tremblement de terre survenu pendant une représentation théâtrale fut nettement senti par les spectateurs des étages supérieurs, alors que ceux du parterre ne se doutaient de rien. On cite des ouvriers mineurs qui, n'ayant rien senti durant leur travail souterrain, trouvèrent, en remontant au jour, leurs maisons ruinées par les secousses du sol. Les caves sont souvent indemnes dans les plus violents tremblements de terre. Ainsi, à Messine, l'observatoire séismique fut détruit, sauf la cave où

1. DE MONTESSUS DE BALLORE. *La Science séismologique*, 1 vol. in-8°. Paris, 1897, p. 241.

fonctionnait le séismographe. Le mouvement au sommet d'une maison est multiplié par la longueur du bras de levier de la partie libre depuis son point d'encastrement. Dans les pays sinistrés, on rebâtit ordinairement en maisons basses. Il en est ainsi dans l'Amérique de langue espagnole. Riobamba, si cruellement détruite en 1797, est maintenant une charmante oasis de cottages sans étage, dans des bosquets de verdure. Aux Philippines, il y a, au milieu des jardins, des pavillons à la toiture légère, qui servent de chambres à coucher. Actuellement, on rebâtit Messine en chalets bernois. Cependant, rien ne résiste à certains séismes. Ainsi, en Calabre, après les tremblements de terre de 1638, on avait doté le joli bourg de Casalnuovo de maisons basses, qui furent toutes jetées bas en 1683. La qualité des matériaux intervient aussi dans la solidité des édifices en pays séismiques. Il faut se garder des pierres de taille. Le bois est excellent. On préconise, en ce moment, le béton armé. A San-Francisco, ces maisons extrêmement hautes, qu'on appelle des *sky-scrapers* (gratte-ciel) se comportèrent généralement bien, à cause de leurs charpentes métalliques très élastiques. Les murs à petit appareil sont recommandables, pourvu qu'ils soient bien homogènes. Les substances dures, rugueuses, telles que les roches volcaniques, sont particulièrement précieuses pour les pays tourmentés qui les fournissent; la pouzzolane et le ciment romain ont résisté à bien des orages séismiques. Il faut que les fondations soient profondes. Les anciens Romains poussaient les leurs jusqu'à la roche solide. Les Japonais se servent volontiers de briques creuses, aux formes contournées et s'emboîtant bien les unes dans les autres.

Mille incidents surgissent d'ailleurs pendant les secousses et de leur fait. Il y a, par exemple, des tombes ouvertes et vidées de leur contenu; il y a des

pyramides qui font un quart de tour: il y a cette statue d'Agassiz, établie sur la toiture de l'Université de Palo-Alto qui fut renversée de son haut piédestal pendant le tremblement de Californie en 1906 et qui alla s'enfoncer dans le sol, la tête en bas.

Crevasses. — A la suite de beaucoup de séismes, le sol reste crevassé et l'étude des fissures ainsi produites a nécessairement un grand intérêt à plusieurs égards. D'abord, ces fissures nous mettent sous les yeux des conduits établissant la communication entre la surface et des régions souterraines plus ou moins profondes. En outre, leur direction peut quelquefois renseigner l'observateur sur la condition et même sur la profondeur du foyer d'où l'action mécanique a irradié.

Avant tout, il importe de dire que parmi ces solutions de continuité, beaucoup sont seulement superficielles et n'intéressent que des couches plus ou moins meubles qui se décollent de leur support et glissent à sa surface; tandis que d'autres qualifiées de géoclases sont évidemment très profondes et se prolongent à travers toute l'épaiseur de l'écorce terrestre.

Très souvent, la forme du relief du sol semble avoir une influence sur la direction des crevasses et les exemples sont très frappants de fentes ouvertes sur des flancs de coteau, parallèlement à la vallée qui les limite. On y voit l'influence de la pesanteur venant s'ajouter à celle de la trépidation et provoquant le glissement, par poussée au vide, des matériaux secoués. Mais il est aussi des cas très fréquents où les solutions de continuité qui nous occupent sont orientées tout autrement que les reliefs et qu'elles peuvent leur être perpendiculaires. C'est, par exemple, ce qui arriva le 25 décembre 1884, en Andalousie, où la crevasse de Guevejar est devenue célèbre. Dans

l'Inde, lors du tremblement de terre de l'Assam, le 12 juin 1897, on a vu des bandes de terrains affaissées de plus de 30 centimètres, limitées des deux parts par des fissures parallèles. A San-Francisco, le 13 avril 1906, les crevasses furent nombreuses et gigantesques. Il y en eut une de 500 mètres à Chamonix, à la suite d'un petit tremblement de terre, dans la nuit du 28 au 29 avril 1905.

Fréquemment, il s'est fait de véritables géoclases ayant des dizaines et des centaines de kilomètres de longueur, et ces fissures, comme les failles des anciennes époques, ont une tendance des plus évidentes à se présenter en groupes ordonnés suivant une direction commune. Elles reproduisent alors avec une exactitude remarquable la disposition des *champs de fractures*, comme on en a relevé dans tant de pays miniers, en Saxe et en Bohême, par exemple. Tarr et Martin ont décrit dans ce genre les cassures ouvertes parallèlement les unes aux autres au travers du sol de l'Alaska, lors du tremblement du 15 septembre 1899[1].

Un des séismes qui furent le plus riches en crevasses, c'est sans doute celui de la Calabre en 1783. Ces fissures furent dessinées et reproduites dans tous les ouvrages pendant trois quarts de siècle. Elles ont affecté en bien des points une disposition et une distribution singulièrement régulières.

Le 19 décembre 1899, un tremblement de terre ouvrait une profonde crevasse à 2 milles au sud du *rancho* de Cardona, à l'ouest de la capitale de l'État de Colima (Mexique). Cette crevasse ne fut découverte que six mois plus tard par un laboureur et on s'aperçut qu'elle donnait accès à une galerie souterraine, continuée par toute une série d'autres galeries,

1. *Bulletin of the geological Society of America*, t. XVII, p. 29,. 1906.

creusée de main d'hommes et contenant des sculptures et des idoles en pierre[1].

La plupart des crevasses séismiques se referment tout simplement après leur production, les unes immédiatement, — et parfois des victimes, des habitations y ont été englouties sans laisser de traces; — les autres, après un temps plus ou moins long. Il en est qui servent de canal à l'ascension de diverses substances, telles que des gaz, des eaux, des sables.

Émanations gazeuses. — Dans un grand nombre de séismes, on note des dégagements de gaz ou de fumées ayant parfois une odeur particulière. Pendant le grand tremblement de terre de Concepcion, en 1835, on crut apercevoir dans la baie de San Vincente des fumées sortant de la mer comme poussées par une éruption : il faudrait alors réserver cet exemple pour la partie suivante de ce livre. En voici un plus évident, quant à l'origine séismique. Le 8 février 1843, lors de la destruction de la ville de Pointe-à-Pitre, aux Antilles, un témoin, M. Chocque[2], raconte qu'au moment de sa chute avec sa maison, il a vu une flamme bleuâtre sortir de terre et s'élever à environ $2^m,50$ du sol. Il ajoute que s'il a été seul à voir ce phénomène dans sa localité, la chose s'est répétée dans d'autres, au dire de plusieurs personnes. Des flammes ont aussi été mentionnées au cours du célèbre tremblement de Lisbonne, le 1er novembre 1775.

Ces témoignages de gens affolés n'entraînent pas la certitude. Il est probable que, dans la majorité des cas, les gaz ainsi dégagés ont une origine superficielle. Le déplacement relatif des couches peut

1. *Journal of the royal geological Society*, p. 319, 1836. Relation sommaire de l'expédition des navires *Adventure* et *Beagle*, par FITZ ROY.

2. *Comptes rendus*, t. XVII, p. 355.

Fig. 10. — Filon de fluorine, comme exemple de géoclase incrustée de minéraux, de Voltenne, près Autun (Saône-et-Loire). — Cliché Aug. Robin.

facilement déterminer des appels d'air dans un sens ou dans l'autre, ou des compressions de strates imprégnées de gaz qui sont alors expulsés. Même, le cas de flammes peut se rattacher à des dispositions de ce genre si des vases, imprégnées de gaz des marais, sont soumises au régime dont il s'agit.

Et si des ascensions de gaz se font dans des régions superficielles, il est impossible qu'il ne s'en produise pas aussi le long des cassures très profondes. Si celles-ci, par exemple, traversent des couches de houille grisouteuse, elles livreront nécessairement passage à des dégagements de grisou. A Pontgibaud (Puy-de-Dôme), il y a eu plusieurs fois d'énormes dégagements d'acide carbonique, dans des mines de plomb, situées sur des cassures qui ont donné passage à de la lave. Il en fut ainsi, lors du tremblement de terre du 16 juin 1857 qui rouvrit ces fissures. Ce fut si brusque que les ouvriers surpris faillirent être asphyxiés. D'après M. Glaugeaud, la Sioule pendant plusieurs jours eut des bouillonnements : elle traverse les filons.

De même que les gaz, les eaux sont fréquemment comprimées par les affaissements du sol et forcées à jaillir. Le 3 mai, par exemple, un tremblement de terre ressenti dans la Sonora, au Mexique, détermina une venue considérable d'eau boueuse sortant du sol par les fissures.

Influence sur le régime des eaux. — D'ailleurs, on sait que le régime des eaux souterraines est très ordinairement modifié par les secousses séismiques : certaines sources tarissent, d'autres sont augmentées. Il en est de même de nouvelles qui apparaissent, et fréquemment la température des eaux chaudes est modifiée. En Andalousie, Fouqué a bien marqué tous ces changements. A Alcaucin, à Periana, à Sedella, les eaux des fontaines sont devenues

tellement abondantes que les conduites se sont rompues. A Alhama, le volume de la source minérale a augmenté, sa température s'est élevée. D'alcaline, elle est devenue sulfureuse. En même temps, une nouvelle source aussi chaude, aussi abondante, aussi minéralisée que celle-ci, traversée par un important dégagement de gaz, s'est montrée à un kilomètre en amont du ruisseau passant près de l'établissement des bains[1]. Le tremblement de terre qui eut lieu en Saxe, le 7 novembre 1909, augmenta de 6 degrés la température des sources de Sohler, près de la ville d'Elster.

Ces changements s'expliquent facilement : le tremblement de terre produit à l'intérieur du sol des éboulements, des obstructions, des rétrécissements, des élargissements des canaux dans lesquels circulent les eaux. Quant aux changements dans la minéralisation, ils sont dus à la rencontre, par les filets d'eau, de matériaux solides qu'ils ne touchaient pas auparavant.

Après le séisme de l'Assam, Oldham constata dans la vallée du Bramahpoutre des inondations désastreuses produites par le relèvement des nappes et des cours d'eau, sous l'action d'une poussée verticale.

Sorties de sable. Craterlets. — Le point le plus intéressant de beaucoup dans ce rejet de matières, c'est la sortie fréquente de sables et de boues par les fissures séismiques de tous ordres.

Ici doit prendre place la mention des singuliers phénomènes dont Oldham[2] a donné la description à propos du violent tremblement de terre ressenti le 10 janvier 1869 dans la province de Cachar, dans les

1. FOUQUÉ. *Les Tremblements de Terre*, p. 305.

2. OLDHAM. *The Cachar earthquake*, dans les *Memoirs of the geological Survey of India*, t. XIX, 1882, avec carte et planche.

Indes anglaises. Les secousses ayant déterminé le glissement des alluvions le long des lignes de thalweg, le contre-coup sur les couches souterraines se traduisit par la poussée au dehors et même la projection en l'air, d'abord de nuages de poussières, puis de masses considérables de boues et de sables. Ces matériaux s'étaient frayé des canaux d'ascension dont l'ouverture plus ou moins circulaire ou elliptique était pourvue d'une sorte de bourrelet qui lui donnait la forme d'un entonnoir.

Lors du tremblement de terre d'Agram, dans le bassin de la Save, en Croatie, il se produisit des cônes de sable mesurant environ 30 centimètres de hauteur. La plupart étaient isolés, mais il y en avait aussi de groupés, soit en lignes, le long de fentes étroites, soit géminés sur des proéminences communes[1].

A Charleston, le 31 août 1886, il sortit du sol crevassé des masses considérables de sable micacé donnant naissance à la production de cônes qui reçurent le nom de *craterlets* qu'on peut leur conserver. Ils ont été décrits avec beaucoup de détails[2].

Notons encore que le 16 décembre 1902, le colonel Roudanovski a observé, pendant le tremblement de terre d'Andijan (Turkestan russe), le jaillissement de sables et de boues accompagnées d'eau.

Il est évident que ces éruptions arénacées supposent que les failles séismiques sont remplies de matière sableuse ou boueuse dans toute leur hauteur. Aussi doit-on s'attendre à trouver au travers des formations de tous les âges des sortes de *dykes sableux* qui ont pu devenir gréseux par cimentation. Or, c'est précisément ce que M. Pavlow a signalé[3] à Alatyr,

1. *Mittheilungen aus das Iahrbuch des K. ungarnes geologisches Anstalt*, VI, pp. 3, 47, Budapest, 1882.
2. Diller. *Bull. U. S. Geol. Survey*, I, p. 441.
3. *Geological Magazine*, année 1896, p. 50.

gouvernement de Simbirsk, en Russie, pour un dyke vertical de grès et de sable à grains de glauconie, de 35 centimètres d'épaisseur, que ses fossiles lui ont fait rapporter à l'oligocène inférieur. Il pense que c'est « le témoignage d'un tremblement de terre fossile ». J'ai, pour mon compte, décrit un fait comparable aux environs de Noyon (Oise) où un véritable filon de grès glauconifère traverse sur une grande épaisseur les couches de la craie sénonienne.

Les *sandstones dykes* de Californie sont à rapprocher de ces curieuses formations.

Mais la conclusion paraît encore bien plus nécessaire quand le sable enclavé dans les fissures du sol est plus ancien que la roche encaissante. C'est alors la reproduction des faits actuels mentionnés ci-dessus. Aussi est-il nécessaire de rappeler que, dès 1875 et à plusieurs reprises depuis lors, j'ai décrit sous le nom d'*Alluvions verticales*, des sables remplissant des failles où ils ont été injectés de bas en haut. Un des premiers types étudiés concerne les sables granitiques des environs de Montainville en Seine-et-Oise[1] ; mais, au même type, se rattachent, entre autres, les sables diamantifères du Cap de Bonne-Espérance[2]. Les uns et les autres ont comme leur reproduction artificielle très exacte dans la poussée des sables verts tout le long de la colonne de 540 mètres de hauteur du puits artésien de Grenelle, à Paris[3].

Éboulements. — Parmi les effets les plus visibles et parfois les plus désastreux des tremblements de

1. Stanislas Meunier. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 30 août 1875.

2. Stanislas Meunier. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 5 février 1877. *Bull. Acad. roy. de Bruxelles*, 3e série, nº 4, 1882. *Bull. Soc. Hist. nat. d'Autun*, VI, 1893.

3. Stanislas Meunier. *La Géologie générale*, 2e édition, p. 96. 1 vol. in-8º, 1909.

terre doivent être mentionnés les éboulements de rochers et les glissements de terrain.

Dolomieu constate que, lors du tremblement de terre de 1783, le sol argilo-sableux de la plaine de Calabre fut tassé, que des talus s'établirent là où il y avait des escarpements ou des pentes rapides, que les masses qui n'étaient pas retenues glissèrent et comblèrent des cavités. Il faut citer tout au long ce terrible et magnifique exemple :

« Il s'ensuivit que dans presque toute la longueur de la chaîne, les terrains qui étaient appuyés contre le granit des monts Caulone, Ésope, Sagra et Aspromonte, glissèrent sur le noyau solide dont la pente est rapide, et descendirent un peu plus bas. Il s'établit alors une fente de plusieurs pieds de large sur une longueur de neuf à dix milles, entre le sol solide et le terrain sablonneux ; et cette fente règne presque sans discontinuité depuis Saint-Georges, en suivant le contour des bases, jusque derrière Sainte-Christine. Plusieurs terrains, en coulant ainsi, ont été portés assez loin de leur première position, et sont venus en recouvrir d'autres, assez exactement pour les faire disparaître. Des champs entiers se sont abaissés considérablement, au-dessous de leur premier niveau, sans que ceux qui les environnaient aient éprouvé le même changement, et ils ont formé ainsi des espèces de bassins enfoncés... Des fentes et des fissures ont traversé, dans toutes les directions, les plateaux et les coteaux... Ce fut principalement sur les bords des escarpements qu'arrivèrent les plus grands désordres et les plus grands bouleversements. Des portions considérables de terrains, couverts de vignes et d'oliviers, se détachèrent, en perdant leur adhérence latérale, et se couchèrent d'une seule masse dans le fond des vallées, en décrivant des arcs de cercle, qui ont eu pour rayon la hauteur de l'escarpement; tel un livre posé sur sa tranche qui tombe sur son plat... J'ai

vu des arbres qui ont continué à pousser et qui même ne paraissaient pas avoir souffert, quoique, depuis un an, ils soient dans une position si contraire à la perpendicularité... Ailleurs, des massifs énormes... ont coulé sur la pente... et *après avoir donné le spectacle de montagnes en mouvement*, sont restés au milieu de la vallée.

« Lorsque l'éboulement a commencé par la partie supérieure de l'escarpement et lorsque les surfaces des terrains se sont brisées en fragments qui se détachaient, à mesure que la base manquait, le bouleversement a été total. Les arbres, à moitié enterrés, présentent leurs racines ou leurs têtes, et si les matériaux et les charpentes des maisons détruites se sont mêlés avec ces débris de la montagne, on ne reconnaît plus rien de ce qui était.

« Il est arrivé quelquefois qu'un terrain, à qui sa chute et l'inclinaison du terrain qui s'était formé sous lui avaient donné une grande force de projection, a rencontré et franchi de petites collines qui étaient sur son passage, les a recouvertes et ne s'est arrêté qu'au delà... Lorsque les bords opposés d'une vallée se sont écroulés en même temps, leurs débris se sont rencontrés, leur choc les a soulevés, et ils ont formé des monticules dans le centre de l'espace qu'ils ont formé. L'effet le plus commun, celui dont on voit un très grand nombre d'exemples dans les territoires d'Opido et de Sainte-Christine, sur les bords des vallées et gorges profondes dans lesquelles courent les fleuves Madi, Birbo et Tricucio, est celui qui s'observe, lorsque la base inférieure ayant manqué, les terrains supérieurs sont tombés perpendiculairement et successivement, par grandes tranches ou bandes parallèles, pour aller prendre une position respective, semblable aux marches d'un amphithéâtre; le plus bas gradin est quelquefois à trois ou quatre cents pieds au-dessous de sa première position. Telle une

vigne, entre autres, située sur le bord du fleuve Tricucio, auprès du nouveau lac, s'est divisée en quatre parties, qui se sont mises en terrasse les unes au-dessus des autres, et dont la plus basse est tombée de 400 pieds de hauteur. »

Comme exemple récent d'éboulements considérables de rochers, nous mentionnerons le cas observé le 11 juin 1909 à Verneghes, en Provence.

De grandes modifications dans l'allure de la surface du sol alluvionnaire de la province de Cachar, à l'est du Brahmapoutre (Indes anglaises) furent déterminées par un séisme intense qui sévit sur la région le 10 janvier 1889. Le célèbre géologue Oldham en a donné une description détaillée. Des crevasses se produisirent sur plusieurs milles de longueur et selon le cours des fleuves. Ces solutions de continuité déterminèrent le glissement de masses énormes de vases, avec des dénivellations si sensibles que le pays resta sillonné de véritables failles. Toute la plaine fut enrichie d'escarpements et de mamelons souvent pourvus à leur sommet d'une dépression cratériforme.

Citons, pour finir ces exemples, des éboulements d'énormes blocs de rochers, au Yunnam, au cours d'un tremblement de terre ressenti durant plusieurs jours en mai 1909.

Raz de marée. — Les tremblements de terre qui sévissent au voisinage du littoral sont fréquemment accompagnés de perturbations dans l'équilibre de la mer.

Parfois la commotion du sol donne naissance à une onde de translation qui se propage au travers de l'océan jusqu'à des distances considérables. Des marégraphes permettent parfois de déterminer la vitesse de la propagation.

Dans les circonstances les plus favorables, on a

constaté que cette vitesse est égale à celle de la marée suivant le même parcours. Des observations précises ont été faites à cet égard après le désastre d'Arica, au Pérou, le 13 août 1868, et l'on constata que l'onde parcourut la distance qui sépare l'Australie des îles Samoa en 16 h. 2′ : la marée mettant 16 heures pour faire ce trajet. Pour arriver aux îles Sandwich, elle employa 12 h. 37′, alors que la marée y consacre 13 heures.

A diverses reprises, des navigateurs, bien que se trouvant éloignés de toute côte ou de tout bas-fond, ont soudain éprouvé le choc caractéristique de la rencontre d'un rocher. C'était la conséquence d'un séisme intéressant le sol sous-marin.

C'est des régions sous-marines, du pied des falaises les plus abruptes, que part l'impulsion de beaucoup de séismes, observés, par exemple, sur le littoral occidental des Amériques, comme sur le littoral oriental du Japon.

Cependant on ne trouve guère d'observations précises sur les tremblements de mer, ce qui vient d'abord de la rareté des observateurs et de l'absence de toute trace succédant à la trépidation. Pourtant, on connaît des points du bassin océanique qui ont une séismicité remarquable, comme une portion de l'Atlantique équatorial, à l'est du rocher de Saint-Paul, déjà signalée par Daussy en 1838[1], puis en 1842[2]. Bien plus tard, Rudolph[3] a dressé un catalogue relatif à toutes les mers et dont il a déduit les conclusions dans trois propositions intéressantes : 1° les tremblements de terre sous-marins se produisent à toutes les profondeurs océaniques, sur les hauts fonds, aussi bien que dans les abîmes ; 2° leur fréquence et leur

1. *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, V, p. 512.
2. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XV, p. 446.
3. *Beiträge zur Geophysik*, I, p. 133, 1877 ; II, p. 537, 1845 ; III, p. 273, 1898.

intensité en une région donnée sont indépendantes de l'existence ou de l'absence dans le voisinage de volcans actifs ou éteints, terrestres ou sous-marins; 3° dans certaines régions océaniques, les séismes sont plus ou moins habituels; dans d'autres, ils sont inconnus. En somme, on voit que le fond sous-marin se comporte au point de vue séismique, exactement comme la surface du sol exondé.

Au point de vue théorique, les tremblements océaniques procurent un moyen d'étude des ondes séismiques simplifiées à cause de l'homogénéité du milieu aqueux, substituée à l'inextricable complication des roches pierreuses.

Le plus souvent, le contre-coup du tremblement de terre consiste en un raz de marée, c'est-à-dire en vagues exceptionnellement volumineuses qui viennent déferler en dehors des limites ordinaires de la mer et qui produisent d'ordinaire des ravages très graves.

Il est des cas où la mer reste passive en présence de trépidations séismiques violentes, et c'est ce qu'on a observé en Ligurie, le 23 février 1887, où la Méditerranée fut calme pendant toute la journée du tremblement de terre. Mais le 28 décembre 1908, comme on l'a vu, les quais de Messine et la côte de Calabre ont été balayés par un flot irrésistible.

La vague séismique a parfois des dimensions énormes. On en a cité de 10 et de 25 mètres de hauteur, mais ce ne sont pas là des résultats de mesures précises, car l'estimation peut être faussée par les conditions terribles dans lesquelles elles sont faites. Pourtant, et selon la judicieuse réflexion de M. de Montessus de Ballore : « Il ne faut pas tenir ces chiffres comme très exagérés, car à d'énormes distances — par exemple d'un bord à l'autre du Pacifique — la diminution de hauteur due au simple amortissement progressif à la surface de tout un océan, n'a pas été

telle qu'on n'ait encore constaté des dénivellations de 10 et 20 mètres [1]. »

Dans ces conditions, on s'explique les désastres causés trop souvent par ces raz de marée. Ainsi, la vague séismique fit 30.000 victimes, le 15 juin 1896, en balayant 700 milles des côtes orientales du Japon. Dans ce pays, où ces phénomènes sont fréquents, on les désigne sous le nom de *Tsunamis*, qu'on a fait entrer dans la terminologie séismologique.

Il importe beaucoup, pour ne pas errer dans l'interprétation des faits, de noter que les raz de marée séismiques réalisent très souvent l'extension, sur le sol où le flot a déferlé, d'un amoncellement de matériaux provenant du bassin de la mer. Ainsi, le 26 octobre 1746, quand la ville de Callao fut submergée par le flot résultant du célèbre tremblement de terre du Pérou, le rivage resta couvert d'épaisses accumulations de galets, de sable, de limon renfermant des débris organiques animaux et végétaux. Une fois les choses remises dans leur situation naturelle, on eût pu facilement conclure des apparences qu'une bande du rivage venait de sortir des flots, en conséquence d'un soulèvement subit, si les ruines de Callao n'eussent subsisté sous les accumulations marines.

Le 20 février 1835, après la première secousse qui détruisit la ville de Concepcion, au Chili, la mer se retira à une telle distance que les navires qui étaient à l'ancre avec 7 brasses de fond restèrent à sec, et que tous les récifs, tous les bas-fonds de la baie de Talcahuano furent complètement découverts. Le flot ne tarda pas à revenir en une vague gigantesque qui balaya la côte jusqu'à 30 mètres au-dessus du niveau des plus hautes marées, emportant et anéantissant tout

1. *La Science séismologique.* 1 vol. in-8°. Paris, 1897, p. 201.

ce qui se trouva devant elle. Elle fut suivie de deux autres vagues, de plus en plus formidables, mais qui ne trouvèrent plus rien à détruire.

Des raz de marée séismiques, et aussi des extravasements d'eau souterraine détruisirent tout sur un espace considérable en diverses parties des Indes et des régions voisines dans la nuit du 11 au 12 octobre 1737, le 19 octobre 1800, le 10 avril 1810, le 10 janvier 1869. Chaque fois le nombre des noyés fut énorme.

En 1819, la ville de Sindri et ses environs furent secoués par un très violent tremblement de terre qui fut suivi d'une gigantesque inondation. Le pays se trouvait envahi par un lac au milieu duquel était Sindri et dont le diamètre n'avait pas moins de 34 milles. En même temps le pays se trouva traversé par une levée de terre à laquelle les habitants appliquèrent la dénomination d'*Allah-Bound*, c'est-à-dire de « Digue de Dieu ». En 1827, le voyageur Burnes visita la contrée. Il en donna plus tard une description détaillée et surtout de cette digue merveilleuse[1]. Selon lui, elle avait partout la même hauteur et se prolongeait de l'ouest à l'est à perte de vue et sur une longueur que les indigènes évaluaient à 50 milles. Elle avait 16 milles de largeur et ne présentait l'aspect d'un barrage que du côté sud. Du côté opposé, elle n'avait pas de pente. C'était le produit d'un soulèvement en gradin, ayant par conséquent l'allure des lames du sol inclinées dans les massifs montagneux. Tous ces phénomènes donnaient l'impression que la région de Sindri a subi un affaissement considérable résultant du tassement du terrain sous-jacent, avec poussée, à l'extérieur, de l'eau jusque-là souterraine.

1. *Memoir on the eastern branch of the Indus, and the Run of Cutch, containing an account of the alteration produced on them by an earthquake in 1819, also a description of the Rein.* Travels Bokhara, t. III, p. 310, 1834.

M. Ed. Suess conclut d'une très longue étude insérée au début de son célèbre ouvrage [1] que le « Déluge Universel » fut causé par un tremblement de terre qui se fit sentir dans la région du golfe Persique. Suivant lui, ce déluge a été violent et destructeur, mais **rien ne prouve qu'il ait été très étendu.**

1. *La face de la Terre*, t. I, p. 64, vol. in-8°. Paris, 1897.

CHAPITRE V

LA ZONE ÉBRANLÉE

Sommaire. — Les lignes isoséistes. — Étendue de la zone ébranlée. — Définition de l'épicentre. — Forme de la zone ébranlée. — Recherche de l'épicentre. — Difficultés que présente le tracé des courbes isoséistes. — Les divers degrés d'intensité dans le tremblement de terre de Nice (1887). — Profondeur des centres d'ébranlement : comment on cherche à l'établir. — Déplacement des foyers d'ébranlement.

En général, une même secousse se fait sentir successivement en des points différents, et c'est sur cette observation qu'est fondé l'établissement des *lignes isoséistes*. Mais il est des cas aussi où une même trépidation affecte simultanément des régions étendues de la surface terrestre. Selon M. Withney, c'est ce qui aurait eu lieu le 26 mars 1872, sur le versant oriental de la Sierra Nevada (Californie), dans la vallée d'Owen. Ce géologue estime qu'une bande de terrain parallèle à la ligne de crête, et ne mesurant pas moins de 400 kilomètres de longueur, a été secouée au même moment[1]. Cet exemple est loin d'être unique.

Forme de la zone ébranlée. — Il n'y a rien de plus variable que la forme et la superficie des régions ébranlées par les séismes. Le nombre des conditions qui interviennent dans cette question est évidem-

1. *Oberland Mounthly*, août et septembre 1872, p. 273.

ment considérable, et avant tout, celles qui concernent la constitution du sous-sol, hétérogène, contourné, traversé de géoclases.

Souvent, l'aire secouée est linéaire, c'est-à-dire de largeur très faible par rapport à sa longueur, et dans ce cas les cassures terrestres, ainsi que les rejets qui les accompagnent et que trahissent souvent les chaînes montagneuses, ont une influence évidente. C'est ce qui eut lieu, par exemple, pour le tremblement de terre dont, en 1872, eut à souffrir la Californie. Le plus souvent, et malgré la persistance d'un grand axe de symétrie, la forme générale est moins rétrécie et alors la superficie devient elliptique, passant d'ailleurs au cercle par l'égalisation progressive des deux axes.

Ce sont là les cas les plus simples et il arrive que la forme de l'aire ébranlée soit très compliquée, reflétant les particularités géologiques et tectoniques du sous-sol.

Étendue de la zone ébranlée. — La séismicité concerne aussi l'étendue des pays secoués. Cette étendue est très variable et n'est pas toujours en rapport avec la gravité de la catastrophe. Ainsi, lors du séisme du 28 décembre 1908, la région dévastée s'est trouvée comprise entre Castroreale, en Sicile, et Palmi, en Calabre, et entre Messine et Reggio, ce qui fait dans chaque direction une longueur de 80 kilomètres environ. Les simples dégâts se sont, il est vrai, produits sur une aire beaucoup plus vaste; mais, en somme, le séisme n'a intéressé qu'une surface de 380.000 kilomètres carrés, en comptant les régions où les secousses se sont fait sentir sans rien ébranler. En Andalousie, 25 décembre 1884, la surface ébranlée fut de 450.000 kilomètres carrés; en Ligurie, 23 février 1887, de 566.900 kilomètres carrés; au Japon (Mino-Owari), 28 octobre 1891, de 824.200 kilo-

mètres carrés; dans l'Assam, 12 juin 1897, de 4.530.500 kilomètres carrés; à Charleston, 31 août 1886, de 7.248.900 kilomètres carrés; à Lisbonne, 1er novembre 1755, de 35.000.000 de kilomètres carrés; à Ischia, seulement 1.500 kilomètres carrés.

Épicentre. — En résumé, on appelle *épicentre* la région dans laquelle le séisme atteint son maximum d'intensité. Il est en rapport avec le centre d'ébranlement ou *foyer*, situé dans la croûte. Celui-ci est la région où s'est produit le choc et qui ne peut être regardée comme un point. Il y a souvent déplacement de l'épicentre, comme dans la catastrophe de la Calabre en 1783.

Quand le centre d'ébranlement est peu profond, l'épicentre est peu étendu. Le tremblement de terre de Lisbonne en 1755 dut avoir un centre d'ébranlement très profond, puisqu'il fut ressenti sur une énorme surface.

L'épicentre se présente ordinairement avec la forme d'une ellipse allongée dans le sens d'une cassure de la croûte; il se propage souvent le long de cette cassure qui *travaille* comme la fêlure d'une faïence. Ainsi en Calabre (1783), ainsi dans la vallée du Mississipi (1811) où le séisme remonta le fleuve depuis son embouchure jusqu'au Canada, ruinant toutes les villes riveraines les unes après les autres, durant de la sorte une année entière.

Quand un tremblement de terre se produit avec force sur une côte, l'épicentre est allongé dans le sens de cette côte; autour de l'épicentre, s'étendent des zones où le désastre se fait de moins en moins sentir; on les limite par des lignes dites *courbes isoséistes*. Tous les points situés sur chacune de ces lignes ont subi le même degré d'ébranlement. Naturellement, les courbes isoséistes présentent de grandes irrégularités, causées par les accidents géo-

graphiques ou géologiques; elles présentent des saillies, des échancrures, des plis refoulés à l'intérieur de leur tracé. Plus elles s'éloignent de l'épicentre, plus elles s'étendent dans une direction différente.

On a, d'après le tracé des lignes isoséistes, établi des échelles représentant les différentes intensités d'un ébranlement. Il y a l'échelle De Rossi-Forel, l'échelle Mercalli, l'échelle Omori, employée surtout par les Japonais, d'un usage moins facile que les deux autres, mais d'une exactitude plus grande.

Quand il s'agit d'établir sur la carte la forme des lignes de trépidation simultanée, on éprouve en général de très grandes difficultés, et souvent on a recours à un artifice qui n'est pas à l'abri de tout reproche. Cet artifice consiste à estimer, comme exactement synchroniques, des dommages ayant le même caractère de gravité. Quoique beaucoup de cartes aient été construites sur ces soi-disant principes, il faut se garder d'en accepter les données comme évidentes, et la prudence voudrait que l'on avertît scrupuleusement le lecteur du procédé employé. En effet, il peut très bien se faire, à cause des différences de facilités données aux ondes mécaniques, suivant les terrains, que des résultats semblables soient produits ici ou là, à des moments différents.

Le rôle des géoclases sur la forme des isoséistes est dans certains cas très évident : les courbes d'égale intensité sont alors elliptiques et le plus grand axe est parallèle à la chaîne de montagnes voisine, ou à quelque autre trait géologique tout aussi significatif.

Pour la recherche de l'épicentre, nous signalerons comme exemple tout récent les observations de M. Repelin[1] au sujet du rôle que paraissent avoir joué des dislocations pliocènes ou pléistocènes sur l'orientation et la forme de la région épicentrale lors

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CXLIX, p. 1023, 1909.

du séisme du 11 juin 1909, en Provence. Suivant l'auteur, il convient de « fixer comme emplacement de cette région épicentrale la partie de la Treva entre Venella et Saint-Cannat, qui est traversée par une faille post-miocène ». Cette région correspond d'ailleurs à la rencontre des plis de la Fare et de Lambesc avec les plis de Sainte-Victoire et de Concors.

L'établissement des isoséistes conduit parfois à des constatations spéciales. C'est ainsi qu'à Charleston on a reconnu la coexistence de deux épicentres autour desquels les lignes de secousses simultanées s'ordonnaient d'une manière très régulière.

Un autre fait concerne le cas assez rare où deux secousses successives dans le même point donnent naissance à deux systèmes d'isoséistes ordonnés chacun d'une façon tout à fait indépendante. C'est ce que le professeur Ch. Soret a mis en lumière pour un faible tremblement qui s'est fait sentir dans l'est de la France et dans la région voisine de la Suisse dans la nuit du 21 au 22 juillet 1881. Une première secousse, survenue à minuit, a développé une série d'isoséistes sur une aire étroite et allongée dont l'axe principal s'étend de Valence (Drôme) aux environs de Bâle, dans une direction nettement S.-O.–N.-E. Une seconde secousse, observée à 2 h. 45′ de la nuit, a affecté une zone plus large mais dont l'axe est nettement développé du S.-E. au N.-O., c'est-à-dire dans une direction sensiblement perpendiculaire à la première.

Les procédés défectueux d'établissement des systèmes d'isoséistes ont parfois empêché d'attacher assez d'importance à des détails de distribution sur le sol de vestiges pouvant jeter de la lumière sur le mode de propagation des ondes mécaniques dans le sol. Ainsi l'examen, fait immédiatement, de la ligne littorale d'Antibes à Gênes, à la suite du tremblement de terre de 1887, m'a montré une alternance de

points ravagés et de régions indemnes qui fait ressortir le caractère vibratoire du mouvement éprouvé par la surface[1].

En représentant sur une carte (fig. 11) les divers degrés d'intensité par des teintes de plus en plus foncées, j'ai obtenu des bandes parallèles, dirigées du S.-E. au N.-O. et affectant une symétrie remarquable. L'axe évident passe par Diano-Marina, où tout a été renversé, même les petits murs mitoyens des champs qui, vu leur peu de hauteur, ont partout ailleurs mieux résisté que les autres constructions. A l'est comme à l'ouest se montrent des bandes relativement préservées et dans chacune desquelles se constatent des gradations ménagées vers un minimum placé à l'est près de Loano et à l'ouest à Bordighera. En Italie, un nouveau maximum, mais plus faible que celui de Diano-Marina, s'annonce progressivement et apparaît à Noli; il a son symétrique occidental dans le maximum relatif de Menton. A l'est de Noli, un maximum très clair est à Vado et à sa suite un maximum de troisième intensité à Albissola. Le symétrique à l'ouest comprend le minimum de Villefranche et le maximum d'intensité peut-être moindre que celui d'Albissola, que présente Nice. Le phénomène s'atténue rapidement en dehors de ces bandes: Cannes et Gênes sont sensiblement indemnes.

Il résulte de là que la région orientale de la zone, malgré la symétrie de l'ensemble, est un peu plus resserrée que la région occidentale, en même temps que la trépidation y a été plus violente. Une courbe dont les abscisses seraient les distances kilométriques à partir de Cannes, et les ordonnées les intensités relatives des secousses aux divers points, peut donner de ces faits une sorte de représentation. Ce tracé donne des successions de maxima et de minima qui

1. STANISLAS MEUNIER. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CIV, p. 759, 1887.

rappellent nécessairement l'état d'une corde qui vibre et qui se divise en *nœuds* et en *ventres* alternatifs. C'est faire de l'ensemble des ruines distribuées sur le sol une sorte d'analogue des figures acoustiques des physiciens et l'on peut croire que la netteté en a été

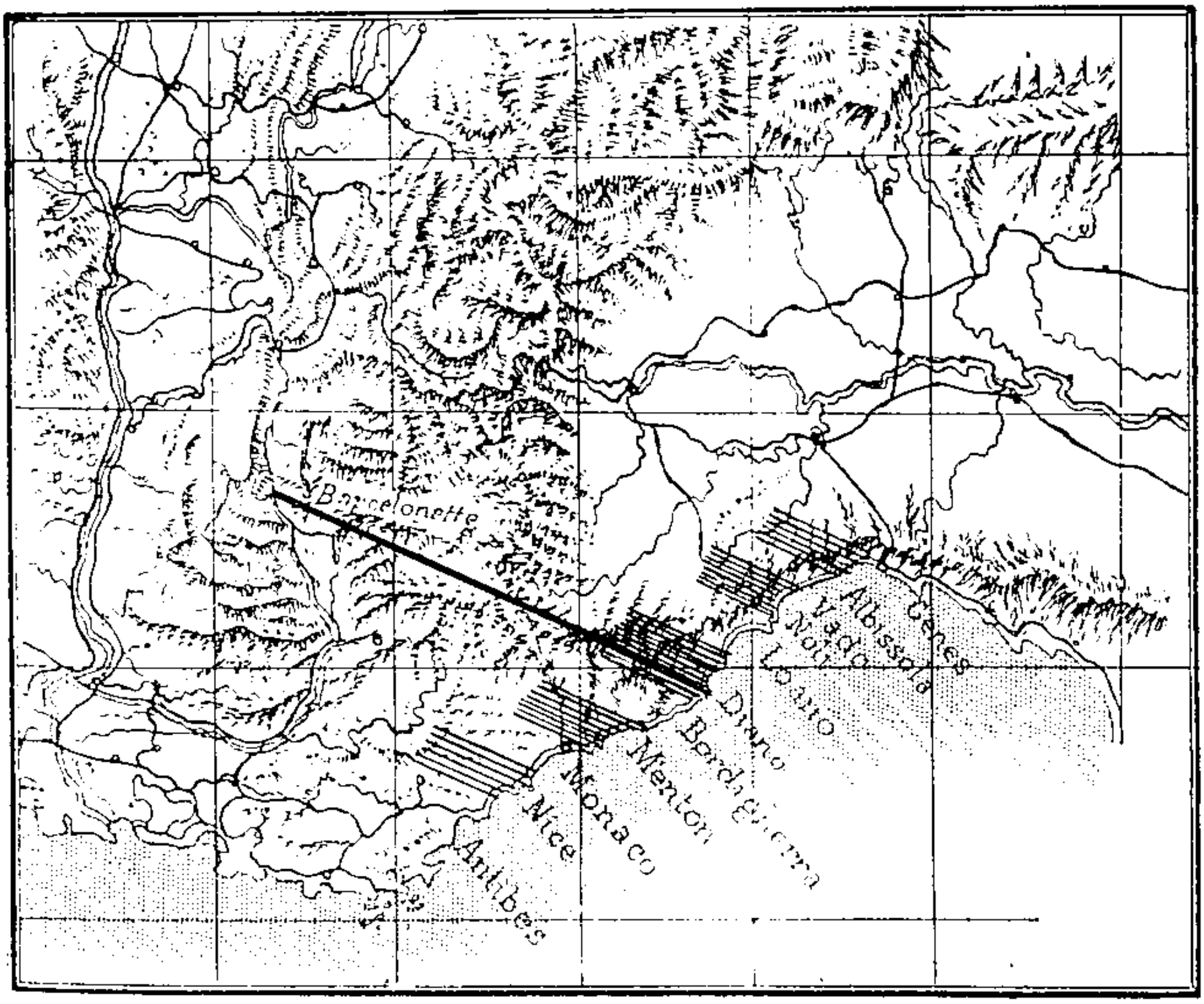


Fig. 11. — Carte des maxima et des minima de trépidation pendant le tremblement de terre de la Ligurie, le 23 février 1887.

diminuée par les deux secousses qui ont suivi la première et qui n'avaient pas de raison pour déterminer exactement le même *acoustigramme* qu'elles avaient elles-mêmes dessiné. (V. plus haut p. 58 ce que nous avons dit de la forme vibratoire du mouvement séismique.)

Profondeur des centres d'ébranlement. — Il suffit d'un instant de réflexion pour sentir toute l'impor-

tance d'une détermination précise du centre d'ébranlement, qui se traduit à la surface par les secousses séismiques. Mais la solution est aussi difficile à obtenir qu'elle semble désirable à posséder. Un grand nombre d'auteurs ont proposé des méthodes très variées et aucun n'a, jusqu'à présent, fourni de résultat satisfaisant. Cependant, malgré leur incertitude, et en raison de leur conformité générale, elles ont une conséquence intéressante.

C'est peut-être Robert Mallet qui, le premier, a cherché à obtenir une mesure de cette profondeur,

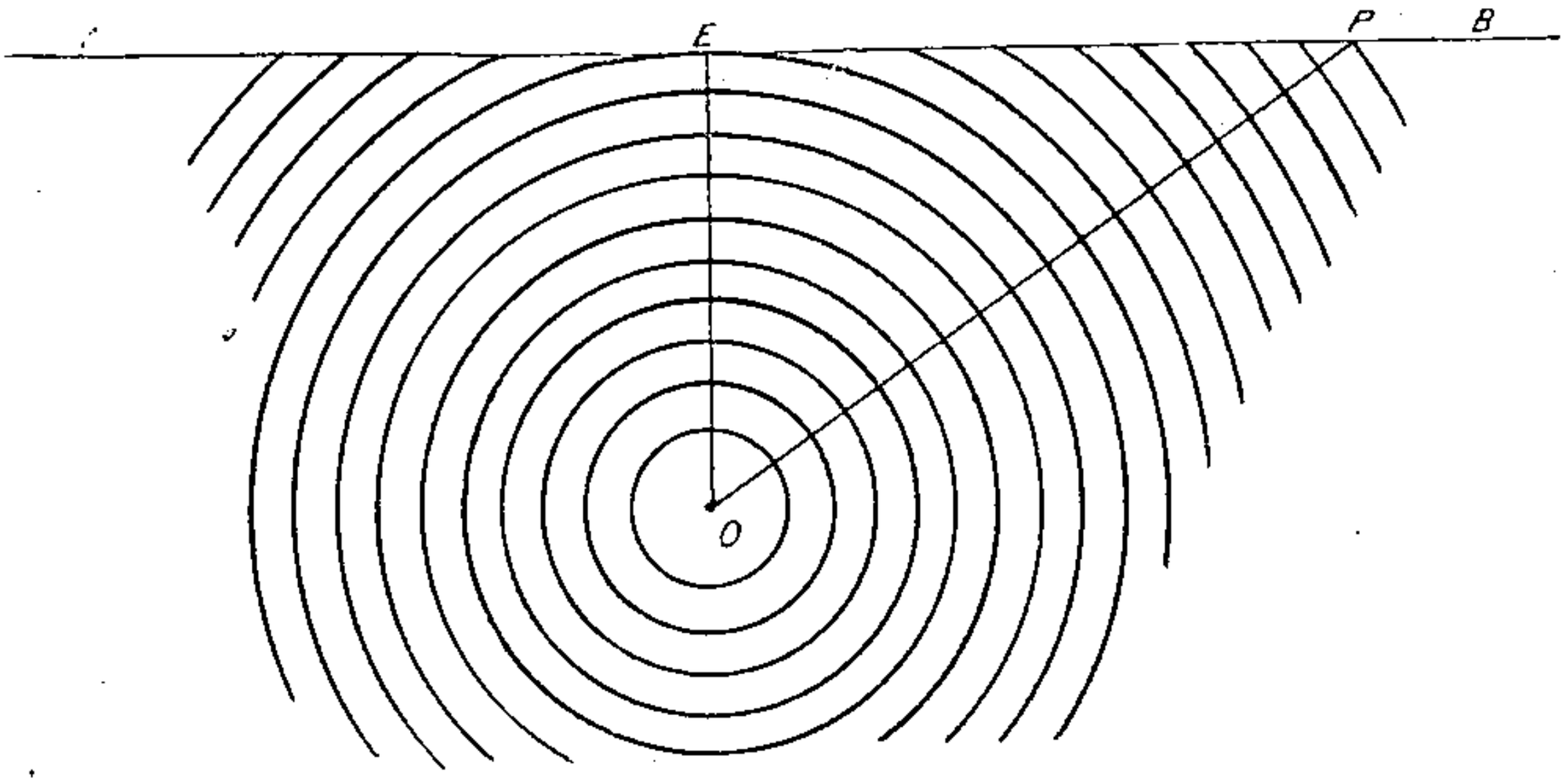


FIG. 12.— Détermination du centre séismique : AB, surface du sol ; E, épicentre; O, centre ; PO, perpendiculaire aux ondes mécaniques et par conséquent aux crevasses du sol.

et, pour y arriver, il a proposé de relever la situation des crevasses ouvertes dans le sol et de construire pour chacune d'elles la perpendiculaire à son plan moyen (fig. 12). Suivant lui, les diverses perpendiculaires ainsi obtenues se recoupent au point cherché, parce que les crevasses résultent d'une réaction normale à la direction de propagation. Mais la pratique est loin d'avoir répondu à cette vue théorique. D'autres auteurs, comme le docteur Falb (de Vienne) et M. Seebach, ont prétendu établir des relations entre

la profondeur cherchée et la vitesse de l'onde dans les roches. Mais, à part les objections faites aux méthodes de calcul, on peut remarquer qu'il y a là comme une sorte de pétition de principe, puisque la vitesse de transmission est précisément une inconnue et qu'on ne peut faire à son égard que des hypothèses. Il n'est pas sûr qu'elle soit égale, selon le

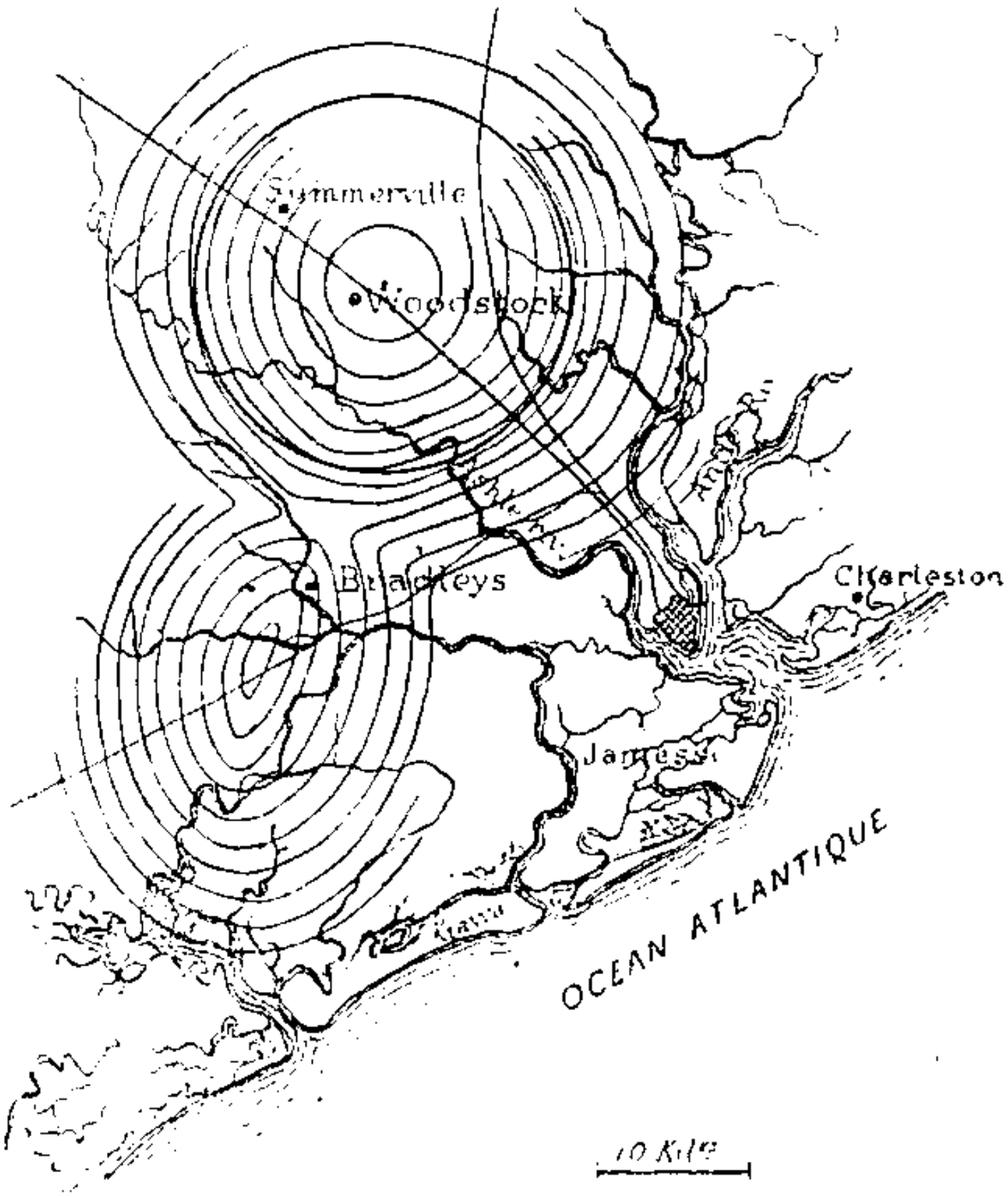


FIG. 13. — Le double épicentre du tremblement de terre de Charleston (Caroline du Sud), le 31 août 1886.

zénith du centre d'ébranlement, à ce qu'elle est selon les directions obliques ; elle doit varier beaucoup avec la distance.

D'après des considérations dont le détail ne serait pas ici à sa place, deux géologues américains, MM. Dutton et Hayden, sont parvenus à un procédé qui a rendu quelques services. Ils supposent d'ailleurs que l'on peut déterminer sur une ligne droite, partant du lieu d'ébranlement maximum, le point qui existe

toujours, paraît-il, à partir duquel la décroissance des intensités se fait tout à coup plus rapidement qu'auparavant.

Ces savants apprécient la profondeur du foyer séismique[1] en multipliant le plus petit rayon de l'ellipse de l'épicentre par $\sqrt{3}$. Cette méthode appliquée au tremblement de terre de Charleston (31 août 1886), qui possédait un double épicentre (fig. 13), a donné 29 kilomètres. Pour le tremblement de terre d'Andalousie (25 décembre 1884), on a eu 18 kilomètres ; pour ceux de Basilicate (16 décembre 1857) et de Kumamoto (16 juillet 1889), 10 kilomètres, et pour celui d'Ischia (4 mars 1881), 500 mètres seulement.

On voit que toutes ces évaluations, quelque vagues qu'elles soient, sont très notablement inférieures à la valeur admise pour l'épaisseur de la croûte terrestre (60 kilomètres). Nous aurons plus loin à tirer parti de cette remarque.

Ajoutons que c'est une supposition non démontrée que le siège de l'ébranlement séismique soit situé dans une région très restreinte, un *point*, comme on dit généralement. Il est plus vraisemblable que, dans la plupart des cas au moins, il s'agit d'un espace plus ou moins vaste, — parfois très vaste, — dans lequel se produisent les décrochements, les déplacements et les chocs dont les contre-coups superficiels sont les secousses.

Déplacement du foyer d'ébranlement. — On a cru remarquer que nombre de séismes, ayant leur épicentre dans la région marginale de la chaîne des Alpes,

1. Il va de soi que la situation du point en question ne peut être déterminée avec sûreté que par le témoignage de séismographes convenablement disséminés dans le pays secoué. Cela veut dire que, pratiquement au moins, la méthode est actuellement sans application ; mais on peut espérer que le nombre des observations séismologiques ira en augmentant rapidement.

se propagent en ligne droite dans la direction opposée à la ligne de crête et à angle droit avec elle. Le foyer d'ébranlement peut parvenir ainsi progressivement jusque dans le massif de la Bohême, de façon à atteindre Leitmeritz ou Prague, parfois même la Saxe, auprès de Meissen. C'est ce qu'on appelle les tremblements de terre à *relais*. En voici un autre exemple :

Le 13 février 1894, une faible secousse s'est faite sentir à Alep. Le 15 février, le centre de l'ébranlement s'est déplacé sur la même ligne de rupture à Smyrne ; le 12 mars, à Chio et le 30, à Salonique, à l'extrémité opposée de la même ligne. Le 20 avril, le centre d'ébranlement s'engage dans une zone parallèle de rupture au sud, qui débouche au golfe d'Atalante, dans l'île d'Eubée, où il renverse en quelques instants plusieurs villages, en occasionnant la mort de 255 personnes. Le 25 avril, le foyer séismique se déplace de nouveau sur la précédente ligne de rupture de la mer de Marmara, voisine de Constantinople, ce qui amène la destruction des villages de Safra-Koï et de Gulateria. Sur une zone parallèle, ce séisme a secoué Brousse et Rhodoste, Gallipoli et Rhodope. La Thrace a été agitée du 10 au 22 juillet d'une manière presque continue[1].

1. D'après Draghicem. *Les Tremblements de terre de la Roumanie.* Bucarest, 1896.

CHAPITRE VI

GÉOGRAPHIE SÉISMIQUE

SOMMAIRE. — Les tremblements de terre ne se font pas également sentir sur tous les points du globe. — Les bandes à grands tremblements de terre : le sud et l'est de l'Eurasie, l'ouest des Amériques. — Onze cents tremblements de terre dans la péninsule Ibérique. — Le tremblement de terre de Lisbonne (1755). — Les tremblements de terre désastreux en Espagne. — L'Andalousie ravagée en 1884-1885. — Le tremblement de terre de la Provence (1909). — Les grands tremblements de terre en Italie. — La Grèce : tremblement de terre de Chio (1881). — La Turquie d'Europe et la Turquie d'Asie, l'Arménie, la Perse, le nord de l'Afrique souvent secoués. — Tremblement de terre de l'Assam (1897). — Régions séismiques de la Chine. — Le Japon, l'un des pays du monde les plus ébranlés. Deux cent mille victimes à Yeddo en 1703. Le désastre de Mino-Owari (1891) : 6.000 secousses violentes en onze jours. Le tremblement de terre de 1854 : destruction de la ville d'Osacca ; la vague de la baie de Simoda ; le livre de loch de la frégate *La Diane*. — Les séismes dans les îles du Pacifique , les Philippines, les îles de la Sonde, etc. — Les tremblements de terre de la Jamaïque : Kingston en 1907 et 1692. Port-Royal abîmé sous les eaux. Récit d'un contemporain. — Le tremblement de terre de Charleston (1886). — La vallée du Mississipi en 1811-1812. — La Californie séismique. — Le tremblement de terre de San-Francisco (1906). — La catastrophe de Riobamba (1797) racontée par Humboldt. — Caracas (1811). San-Salvador (1891). — Catalogue des tremblements de terre au Pérou. Lima souvent détruite. Submersion de Callao (1746). — Le Chili. Relation du tremblement de terre de Concepcion (1835).

Un fait dominateur dans l'histoire naturelle des tremblements de terre, c'est qu'ils ne se font pas

sentir également sur tous les points du globe. Nous retrouvons en tous pays des traces d'anciens séismes, dans les géoclases, dans les filons, dans les chaînes de montagnes, dans les dykes de sable; mais, pour l'époque actuelle, leur distribution topographique est beaucoup plus restreinte.

Les bandes à grands tremblements de terre. — Même, si on distingue entre les très grandes catastrophes et les tremblements de terre plus modérés, on voit que les premières sont toutes comprises dans des zones terrestres remarquablement étroites.

En Eurasie, c'est le littoral méridional et oriental qui se signale sans conteste, depuis le Portugal jusqu'à la presqu'île de Kamtchatka. On peut même y voir une continuation vers l'ouest, au travers de l'Océan Atlantique qui, jusqu'aux Antilles, est jalonné de points séismiques, comme les Canaries et les Açores.

Il en est de même dans le Nouveau Monde, où une bande, tout à fait comparable à la précédente, règne tout le long du littoral Pacifique. Elle est d'ailleurs reliée à la première par les îles Aléoutiennes.

En arrière de chacune de ces deux bandes, c'est-à-dire au nord pour l'Europe et à l'est pour les Amériques, on pourrait tracer des bandes grossièrement parallèles aux premières, où s'observent des séismes de plus en plus atténués, à mesure qu'on s'éloigne du point de départ. Il va sans dire que ces bandes sont mal définies les unes par rapport aux autres et que l'intensité des séismes dans chacune d'elles peut être très variable d'un cas à l'autre.

Il est indispensable, pour l'établissement de nos conclusions, de préciser cette notion géographique, en donnant un certain nombre d'exemples de la séismicité des pays compris dans ces deux grandes bandes du sud de l'Eurasie et de l'ouest des Amériques.

Naturellement, nous ne choisirons que les désastres les plus grands dans le nombre effroyable des catastrophes. Il y en aurait à citer beaucoup aussi dans les zones de moindre intensité, par exemple dans le centre et le nord de la France, dans les Iles Britanniques, en Suisse, surtout dans le Valais, en Allemagne, en Autriche, en Roumanie, en Sibérie, où ces phénomènes n'ont pas été sans causer des dommages ni sans laisser de dramatiques souvenirs, mais qui n'offrent pas de faits approchant, en quoi que ce soit, de ceux de Messine, de la Calabre, de l'Asie Mineure, du Japon, de Riobamba, etc.

La péninsule Ibérique. — En Europe, pour la fréquence et l'importance des tremblements de terre, il n'y a que l'Italie qui l'emporte sur la péninsule Ibérique. On a, en effet, compté en Espagne et en Portugal jusqu'à 1.100 tremblements de terre. Et encore ces deux pays, quoique sous la domination romaine, ne furent pas étudiés, comme l'Italie, par les naturalistes anciens. Citons pour le Portugal les dates de 1551, 1666, 1909 et surtout 1755 qui est celle d'une des plus célèbres catastrophes.

C'est à 9 h. 45 du matin que le 1er novembre se déchaîna le fléau. On entendit sous terre un bruit semblable à celui du tonnerre et, immédiatement après, un choc formidable se produisit, qui renversa la plus grande partie de la ville; 60.000 personnes environ périrent en moins de six minutes. La mer se retira d'abord, puis s'éleva bientôt à plus de 15 mètres au-dessus de son niveau ordinaire. Les montagnes d'Arralida, d'Estrella, de Macao et de Cintra, qui font partie de la plus grande chaîne du Portugal, furent violemment ébranlées; la plupart d'entre elles s'ouvrirent à leur sommet et se déchirèrent jusqu'à leur base. Des masses de rochers roulèrent dans les vallées. On rapporte que des flammes sortirent de ces mon-

tagnes. Cette catastrophe se fit sentir sur une fraction considérable de la surface terrestre, et, à ce titre, elle présente un caractère tout à fait exceptionnel. Le Nouveau Monde lui-même eut un contre-coup des secousses. A Kinsale, en Irlande, la mer envahit le port, où plusieurs vaisseaux pirouettèrent et allèrent s'échouer sur la place du Marché. L'agitation des lacs et des sources fut extraordinaire dans la Grande-Bretagne. A Alger et à Fez, en Afrique, les tremblements du sol furent si violents que le nombre des victimes humaines fut de 10.000. Sur la côte de Tanger, on vit se succéder 10 raz de marée. A Funchal, dans l'île de Madère, la mer s'éleva de 15 mètres au-dessus de son niveau habituel.

Pour l'Espagne, les dates de 1427, 1749 (10.000 victimes à Valence), 1757, 1790, 1804, 1828, 1884 sont à retenir. Ce fut l'Andalousie qui, le 25 décembre 1884, fut ravagée. Les secousses durèrent plusieurs mois, avec des recrudescences le 30 décembre 1884, le 5 janvier, le 13 et le 17 février, le 25 et le 26 mars, le 11 avril 1885. Il y eut des centaines de morts, 12.000 maisons ruinées, 6.000 endommagées. Des crevasses profondes s'ouvrirent en plusieurs endroits. Les sources subirent d'importantes variations. Ce séisme, particulièrement étudié par une mission française, dont Fouqué était le chef, fut violemment ressenti dans une grande partie de l'Espagne.

La France. — En France, la zone à grands ébranlements n'a jamais dépassé la Provence et le comté de Nice. Les désastres du 12 juin 1909 sont présents dans toutes les mémoires. Il y eut une quarantaine de morts, un grand nombre de blessés, des villages détruits, des pertes considérables. Le tremblement de terre fut ressenti, mais sans désastre, bien au delà des environs de Marseille et d'Aix. Cannes, Nîmes, Béziers, Montpellier, Gap, Grenoble, Privas

furent plus ou moins secoués. L'Italie, le Portugal, qui, quelques mois auparavant, en cette même année 1909, avaient eu des ruines et des morts, furent aussi touchés par le séisme de juin. Nous avons plus haut parlé avec détails du tremblement dont souffrit Nice, en 1887, et qui d'ailleurs eut son maximum à Diano-Marina, en Italie.

L'Italie. — Pour l'Italie, nous ne considérerons que l'ère chrétienne : les années 131, 342, 1117, où le fléau se fit sentir jusqu'en Allemagne; 1456, où 30.000 personnes périrent à Naples; 1521, 1538, 1542, 1604, 1624, 1638, où il y eut en Calabre 60.000 victimes; 1648, qui affecta particulièrement Livourne; 1649, Messine; 1654, 1657, Naples et la Calabre; 1693, Sicile et Calabre, avec 100.000 victimes; 1703, qui intéressa les Etats de l'Eglise; 1706, la Sicile et les Abruzzes; 1783-1786; pendant cette interminable période, il y eut 40.000 victimes. Ce que nous en avons déjà dit donne une idée de son horreur. Pendant la première année, le médecin Pignatero, qui habitait à Monte-Leone, y a compté 949 secousses, dont 501 terribles. L'année suivante, il y en eut 151, parmi lesquelles près des deux tiers furent désastreuses. La zone ébranlée ne mesura que 100 kilomètres de largeur, mais, dans un rayon de 30 kilomètres, tout fut absolument détruit. A Messine, le rivage fut déchiré et le quai descendit d'environ 40 centimètres. Dans quelques localités, le sol fut crevassé et les deux lèvres des crevasses furent soulevées, pour retomber ensuite comme sous leur propre poids : dans beaucoup de ces fissures, des édifices, des arbres, des bestiaux et même des hommes furent ensevelis, et parfois aussi rejetés encore vivants par le sol qui les avait happés. Près d'Oppido, une montagne fut ouverte par une large crevasse qui, après avoir englouti une partie du sol couvert de vignes et

d'oliviers, ne présenta, après la secousse, qu'un gouffre de forme ovale, long de 160 mètres et large de 70. Près de Serosinara, l'ouverture d'une crevasse forma tout à coup un lac, connu aujourd'hui sous le nom de Tolfido et qui mesure, avec une profondeur de 18 mètres, une longueur de 618 mètres et une largeur de 325 mètres..... Citons encore les dates de 1819, 1826, où le centre du séisme fut dans la Basilicate; 1835, 1887, 1905, 1908-1909... Nous avons plus haut parlé de Messine et de Reggio. Le tremblement de terre d'Ischia, en 1883, qui est une, entre autres, de ces innombrables catastrophes, appartient, comme on le verra, à une catégorie spéciale des convulsions de l'écorce terrestre.

La Grèce. — En Grèce, les séismes ont toujours été extrêmement fréquents. La statistique est arrivée à cette moyenne énorme de 275 secousses par an sur ce territoire si étroit. Les îles de Leucade, de Céphalonie, de Zante, de Chio sont parmi les plus éprouvées, et le continent lui-même a souvent eu des malheurs. Strabon raconte plusieurs catastrophes. Sans remonter si loin, nous noterons les années de 525, 534, 1034, 1672, 1821, qui intéressa principalement l'île de Zante; 1825; 1881, où Chio fut bouleversée; 1892-1893, où ce fut encore Zante, et cette fatale année 1909.

Le 3 avril 1881, l'île de Chio ressentit, à 1 h. 40 du soir, d'épouvantables secousses qui détruisirent 99 °/₀ de la ville et ensevelirent plus de 3.000 personnes sous les décombres. Vingt minutes après, une seconde oscillation, presque aussi violente, puis une troisième achevèrent complètement l'œuvre de destruction. Jusqu'au 5 avril, on compta jusqu'à 250 secousses, dont 30 à 40 capables de renverser les maisons les plus solides. Les vagues déferlaient avec fureur. Le séisme fut ressenti sur un rayon de plus de 70 kilomètres. Plus de 40.000 personnes se trouvèrent sans

abri et sans pain, sur une terre qui ne parvenait pas à reprendre sa stabilité, au milieu des ruines sous lesquelles pourrissaient des cadavres.

La Turquie, la Perse. — Constantinople subit aussi de grands tremblements de terre : en 47, 447, 478, 555, où la mer recula de « 2.000 pas »; 789, 1057, 1199, — le phénomène fut alors ressenti jusqu'en Allemagne; 1571, 1646, où 136 navires furent jetés à la côte; 1752, 1894.

L'Asie Mineure, l'Arménie, la Perse sont des pays extrêmement séismiques. En l'an 17, treize villes furent renversées en Asie Mineure : Sardes, Éphèse, Laodicée, etc. Les anciens ont bien tenu le compte de leurs catastrophes, et nous voyons la ville d'Antioche, par exemple, détruite de fond en comble un grand nombre de fois : en 114, 342, avec 40.000 victimes (il faut être en garde contre l'exagération possible des anciens chroniqueurs, sans nier toutefois ces chiffres qui ne sont que trop conformes à ceux si bien constatés de nos jours); 447, 478, 526, 528, 565 (30.000 victimes); 742 (les ravages s'étendirent jusqu'en Egypte); 1178. En 1653, il y eut à Smyrne 3.000 victimes. Et c'est toute la Syrie qui est secouée en 1656, en 1666. En 1759, il y a à Baalbeck plus de 20.000 victimes; 1781; en 1796, Latakieh est renversée; 1822, 1828, 1833, 1835; en 1837, Jaffa et Tibériade sont détruites, Damas et Beyrouth endommagées. La région du Caucase est souvent très agitée; le séisme de Chemakha en 1859 est célèbre, et la même année Erzeroum souffre beaucoup. L'Arménie d'ailleurs a, en bien des points, des ruines faites par les tremblements de terre, celles, par exemple, d'Ani, son ancienne capitale. En 522, la Mésopotamie est ravagée. La Perse compte d'énormes catastrophes : en 1641, elle a 30.000 victimes; 1727, 1755, 1863 lui furent également néfastes.

L'Afrique. — Souvent l'Égypte a eu de graves contre-coups des séismes de la Grèce et de l'Asie occidentale; la côte nord de l'Afrique est fréquemment ébranlée, ainsi que le prouve le tremblement de 1715 qui fit, à Alger, des milliers de victimes.

L'Inde et la Chine. — L'Inde est sujette à des séismes redoutables. L'un des plus terribles est celui de 1897 dans l'Assam. La jolie ville de Shillong fut entièrement détruite. C'était le 12 juin 1897 à 5 h. 11′ de l'après-midi. On entendit d'abord un immense grondement souterrain; puis la terre trembla pendant trois minutes, « comme de la gelée ». Des crevasses énormes se formèrent. Çà et là, il en sortait des trombes d'eau. Pas un édifice ne resta debout, les églises, le Palais du gouvernement furent littéralement aplatis. Les morts et les blessés furent nombreux.

On manque de données précises sur les tremblements de terre de la Chine; mais à en croire ses annalistes, il y en a eu de fort graves; celui de 1555, par exemple, fit 80.000 victimes. En 1830, il se serait produit une crevasse de 6 lieues de long et de 15 pieds de largeur[1]. D'après M. de Montessus de Ballore[2], le Chan-Si et le Ho-Nan constituent une région séismique assez bien définie.

Le Japon. — Les Japonais ont tenu de leurs catastrophes un compte presque aussi exact que l'ont fait pour la Grèce et l'Italie nos historiens et nos géographes anciens. Aussi y trouverait-on la matière de plusieurs volumes. Indiquons seulement les dates de 1585-1586, 1596, 1662, 1703, où il y eut à Yédo 200.000 victimes; 1729, 1738, 1835, 1854, 1891.

1. Huot. *Nouveau cours élémentaire de Géologie*. 2 vol in-8°. Paris, 1837.

2. *Géographie séismologique*. 1 vol. in-8°. Paris, 1905.

Cette dernière date est une des catastrophes récentes les plus célèbres. Les secousses commencèrent le 27 octobre et durèrent jusqu'au 9 novembre avec, comme toujours en pareilles circonstances, des alternatives de calme qui ne laissaient pas la moindre sécurité. La plus grande partie du Japon trembla et surtout les provinces de Mino et d'Owari. La ville de Gifou, capitale de Mino, fut détruite. Il y avait des chocs verticaux combinés avec des secousses ondulatoires qui, du côté de Gifou, faisaient de la terre une masse aussi houleuse que la mer démontée. D'après les indications des instruments, lors du premier choc, les secousses, d'abord faibles, ont été en augmentant durant plus de 3 minutes et ont peu à peu diminué dans le même laps de temps. L'observatoire de Nagoya a enregistré, en onze jours, plus de 6.600 secousses violentes. Les maisons de Gifou étant de jolies petites constructions légères, il n'y aurait pas eu grand mal pour la vie des habitants si le feu n'y avait pris. Il y eut des milliers de gens brûlés; d'autres furent engloutis, broyés dans des crevasses. Les couches du sol, pendant les grandes secousses, se courbaient et se redressaient successivement. Des crevasses jaillissaient des masses de sable gris, des torrents de boue blanchâtre. Il sortait aussi de ces fissures des eaux sulfureuses et des vapeurs. La forme conique du beau volcan Fouzi-Yama fut endommagée, l'un de ses versants ayant été fortement échancré par un éboulement, quoiqu'il ne s'y manifestât aucune activité. Le séisme fut ressenti à Tokio dans l'E., à Kobé dans l'O., à Sendaï dans le N., à Nagasaki au S. En Chine même, les vibrations du sol furent constatées à l'observatoire de Zi-ka-Wei.

Il faut citer aussi la catastrophe de la baie de Simoda, parce que nous y voyons en œuvre ces énormes vagues dont le Japon fournit le nom et le type.

« L'île de Niphon, sur laquelle se trouve Simoda, écrit un officier de marine à bord du vapeur des États-Unis, le *Powhatan*[1] éprouva le 23 décembre 1854 un tremblement de terre épouvantable. La ville d'Ohosaca, l'une des plus grandes de l'empire du Japon, a été complètement détruite. Yédo a beaucoup souffert, mais plus encore d'un immense incendie qui a éclaté peu après. La ville de Simoda n'était plus à notre arrivée qu'un monceau de ruines. Après les secousses, la mer s'éleva et inonda la ville entière; elle recouvrit le sol à une hauteur de 6 pieds; puis se retira avec une telle violence qu'elle entraîna tout, maisons, pont et temples avec elle. Cinq fois dans le jour, cette vague terrible envahit le pays dont elle a fait un vaste désert. Les jonques les plus grandes qui se trouvaient dans le port furent soulevées au-dessus de la marque des plus hautes eaux et lancées à un ou deux milles dans les terres. Heureusement, beaucoup d'habitants, à l'approche de la vague, purent s'enfuir sur les montagnes voisines. »

Un document encore plus intéressant est celui du livre de loch de la frégate *La Diane*, qui se trouva prise dans la tourmente séismique et marine :

« On éprouva la première secousse à neuf heures et quart; elle fut très violente sur le pont et dans les cajutes; elle se prolongea de deux à trois minutes; aucun signe précurseur ne l'avait annoncée. A dix heures, une grande vague s'élança dans la baie où la frégate était à l'ancre, et, dans l'intervalle de quelques minutes, toute la ville, avec ses maisons et ses temples, fut couverte d'eau; les nombreux bâtiments qui se trouvaient à l'ancre, battus par les flots, furent jetés les uns contre les autres et éprouvèrent de graves dommages; on vit flotter aussitôt une masse de

1. Cité par ALEXIS PERREY.

débris. Au bout de cinq minutes, on vit toutes les eaux de la baie s'élever et bouillonner, comme si des milliers de sources avaient jailli tout à coup; elles étaient mêlées de boue, de paille et d'autres matières étrangères de toute nature; elles s'élancèrent sur la ville et sur les terres avec une force épouvantable, et tous les bâtiments furent anéantis. Notre équipage dut fermer toutes les embrasures des canons; l'eau était couverte de poutres et d'épaves de toute espèce qui flottaient autour de nous. A onze heures et quart, la frégate chassa sur ses ancres et en perdit une; bientôt après, elle perdit la seconde, et le bâtiment alors éprouva un mouvement giratoire et fut entraîné avec une violence qui s'accrut encore de la vitesse toujours croissante de l'eau. La ville entière n'offrit qu'une scène déserte ; d'environ mille maisons, dix-sept seulement restaient encore debout. D'épais nuages de vapeurs couvrirent en même temps l'emplacement de la ville, et l'air fut rempli de vapeurs sulfureuses. L'élévation et la chute de l'eau furent si rapides dans cette baie étroite, qu'il s'y forma de nombreux tourbillons, au milieu desquels la frégate tourna sur elle-même si fortement que tout à bord fut renversé. Vers dix heures et demie, une jonque, entraînée par un de ces terribles mouvements giratoires, avait été jetée contre la frégate, s'était ouverte, brisée et avait sombré. Deux hommes seulement furent sauvés... Cependant la frégate se maintint au milieu de ces mouvements giratoires ; elle tourna quarante-trois fois sur elle-même, mais non sans éprouver de grandes avaries au milieu des écueils qui l'environnaient de toutes parts. Les secousses réitérées firent sortir les canons de leur place, un homme fut écrasé, plusieurs furent blessés. Jusqu'à midi, l'ascension et la chute de l'eau ne cessèrent pas dans la baie ; le niveau varia de 8 jusqu'à 40 pieds de hauteur. Vers deux heures, le fond de la mer se sou-

leva de nouveau et d'une manière si violente, que la frégate fut plusieurs fois jetée sur le flanc, et qu'on vit l'ancre à 4 pieds de profondeur seulement. Enfin la mer se calma; la frégate employa quatre heures entières à se débarrasser du réseau inextricable de ses cordages et de ses chaînes d'ancre entortillés et confondus les uns avec les autres. La baie n'était plus qu'un champ de ruines. »

Les îles du Pacifique. — Les îles du Pacifique, au sud du Japon, sont des régions en proie aux convulsions séismiques; Formose, les Philippines, Célèbes, les Moluques, les grandes îles de la Sonde comptent toutes de graves catastrophes. Aussi la science séismologique est-elle en honneur dans les Indes Néerlandaises et aux Philippines, comme au Japon. Manille fut des premières à posséder un observatoire pour l'étude des tremblements de terre.

Parmi les tremblements les plus ruineux qui ont sévi à Manille, sont ceux des années 1601, 1610, 1645, 1658, 1675, 1699, 1796, 1824, 1852, 1863. Le 3 juin de cette dernière année, il y eut d'abord, à 7 h. 25 du soir, un violent mouvement vertical, puis deux ondulations du S. au N. et deux ou trois autres de directions différentes. Elles étaient accompagnées de bruits souterrains forts et prolongés. Il se forma, dans la province de Bulacan, une grande crevasse, qui s'étendait sur une lieue de long avec plus d'un mètre de large, d'où sortaient de l'eau noire et du sable. Une vague violente ravagea la baie où les vaisseaux eurent la sensation d'avoir touché.

Notons un grand tremblement de terre à Batavia et à Sumatra en 1699. Le 16 février, commença vers 7 h. 1/2 du soir un long tremblement de terre sur la côte ouest de Sumatra avec mouvement formidable de la mer. Dans les hautes terres de Pandang, les secousses durèrent cinq minutes, si violentes qu'on

ne pouvait se tenir debout. Ces convulsions furent lentes à s'apaiser, car le 9 mars, il y eut un paroxysme plus désastreux encore que celui de février. Les secousses furent alors précédées de détonations semblables à des coups de canon. Des vagues balayèrent les îles Batou.

Les Antilles et la Caroline du Sud. — En revenant à l'ouest, nous rencontrons les Antilles, qui, se rattachant à cette première bande par les Açores et les Canaries, sont une région particulièrement peu stable. Saint-Domingue a eu de grandes commotions en 1751 et 1771 ; Cuba en 1826; la Jamaïque en 1692, 1834 et le 15 janvier 1907. A cette dernière date, Kingston fut presque entièrement détruite, de même qu'en 1692. Dans l'écroulement des maisons, l'incendie se déclara. Puis, les chocs recommencèrent et la terreur s'accrut de la menace de la mer : il y eut un raz de marée qui atteignit en certains endroits la cime des palmiers. Le désastre du 7 juin 1692 fut pire encore. Kingston fut détruite en deux minutes et Port-Royal ensevelie sous les flots. On racontait que l'on vit longtemps sous la mer des tours à créneaux et une cathédrale dont les gens superstitieux croyaient entendre les cloches. On montrait encore récemment la pierre tombale d'un nommé Gaddy qui, dès le premier choc, happé par une crevasse qui se referma sur lui, fut lancé à la mer par une seconde commotion qui rouvrit le sol. Il regagna la terre à la nage, rebâtit sa maison et mourut quarante ans plus tard, de sa belle mort.

« Plusieurs vaisseaux qui étaient dans le port furent entraînés par la fureur des eaux, et la frégate *Le Cygne*, qui était sur la côte pour être radoubée, fut emportée par-dessus les toits des maisons qui s'écroulaient : elle y passa sans être renversée, et servit de retraite à plusieurs centaines de personnes. Le major

Kelley, témoin oculaire, dit que la terre s'ouvrit et se referma subitement en plusieurs endroits, et il vit quantité de monde s'enfoncer en terre jusqu'au milieu du corps et d'autres jusqu'au cou. Les montagnes qui s'éboulaient faisaient un vacarme épouvantable qui s'ajoutait au bruit souterrain. Quoique la mer fît le plus gros du mal, le bouleversement des montagnes était si effroyable que des esclaves qui y avaient fui leurs maîtres revinrent aux plantations, que peut-être ils ne retrouvèrent pas, du moins à la place où ils les avaient laissées. L'une d'elles située à Yellows, sur le flanc d'une montagne qui se fendit en deux, fut transportée à une lieue de là. On dit que les deux montagnes, situées entre Saint-Jacques et l'Allée de Seize-Milles, se joignirent et arrêtèrent le cours de la rivière, qui déborda et inonda plusieurs forêts des environs. La place resta pendant quelque temps couverte d'un lac qui se dessécha, mais sans laisser aucuns vestiges humains[1]. »

C'est encore sur la bande méditerranéenne, dirigée du S.-O. au N.-E. qu'il faut malgré la première apparence ranger Charleston, dans la Caroline du Sud, qui subit le 31 août 1886 un tremblement intéressant tous les États situés entre les Montagnes Rocheuses et l'Atlantique et dont il fut le centre. Il y eut quatre chocs d'une violence extrême. Le premier se produisit à 9 h. 53′. L'ébranlement se propagea en un quart d'heure sur un territoire représentant le quart des États-Unis. Les secousses reprirent avec violence les jours suivants. Charleston fut à peu près ruiné. Nous avons parlé des ondes séismiques et des crevasses auxquelles ce séisme donna lieu. L'eau des puits montait et descendait convulsivement. On prétendit avoir vu la terre « vomir des flammes ». Le Grand

1. *Histoire des anciennes révolutions du Globe terrestre.* La Haye, 1757.

Geyser du Parc National, endormi depuis des années, se réveilla en lançant une gerbe d'eau et de vapeur d'une hauteur de 300 mètres et cela pendant vingt-quatre heures. Le tremblement de terre était accompagné de bruits souterrains, détonations formidables, plus fréquentes que les secousses et qui rappelaient, aux vieux habitants, les bombardements de la guerre de Sécession, par les batteries établies à deux ou trois kilomètres de la ville.

L'Amérique du Nord. — L'Amérique continentale, qui se rattache à l'Asie orientale par la chaîne des îles du Nord, a des séismes violents tout le long des côtes Pacifiques. Il y eut aussi des séismes, mais bien moins violents, sur le versant Atlantique. Notons en 1663 un tremblement qui commença le 5 février au Canada et parcourut en six mois une étendue de 400 lieues. En 1811-1812, toute la vallée du Mississipi fut, comme nous l'avons déjà dit, successivement parcourue par le fléau.

Avec San-Francisco, nous nous retrouvons sur la bande des grands séismes. La Californie est un des pays les plus séismiques de toute la terre. Le professeur Holden a relevé 514 séismes pour toute l'étendue de l'État et 254 pour le seul territoire de San-Francisco, de l'année 1850 à l'année 1886.

En 1868, une si grande partie de la ville fut détruite qu'on se demanda s'il fallait la reconstruire. L'impression que causa le désastre du 18 avril 1906 n'est pas effacée. Le premier choc dura 8 secondes et se produisit à 5 h. 16′. Il y eut un court repos, puis une agitation de 5 secondes, enfin la terre trembla violemment et sans interruption pendant 48 secondes. Il y eut des milliers de maisons détruites, des centaines de cadavres, l'incendie ; sur les 400.000 habitants de San-Francisco, on dit qu'il y en eut plus de 200.000 ruinés. Les pertes s'élevèrent à plus de deux

milliards de francs. Cependant on reconstruisit encore, sans négliger les maisons à dix-neuf étages qui, d'ailleurs, ne se comportèrent pas plus mal que les autres, à cause, dit-on, de leurs carcasses métalliques.

Le Mexique et l'Amérique centrale. — Le Mexique, l'Amérique centrale sont constamment sous la menace des tremblements de terre. La catastrophe de Riobamba, le 4 février 1797, est un des plus terribles exemples que l'on puisse citer. C'est Humboldt qui la raconte[1] : « Le tremblement de terre, dit-il, ne fut ni annoncé ni accompagné par aucun bruit souterrain. Une immense détonation, désignée encore aujourd'hui par ces mots : *el gran ruido*, se produisit seulement dix-huit on vingt minutes plus tard, sous les deux villes de Quito et d'Ibarra, et ne fut entendue ni à Tacunga, ni à Hambato, ni sur le théâtre même du désastre. Dans les tristes calamités auxquelles est exposée la race humaine, il n'y en a pas qui, dans un pays peu peuplé, puisse, en moins de minutes, frapper autant de milliers d'hommes que la production et la propagation de quelques ondes terrestres, accompagnées de crevassements.

« Lors de la catastrophe de Riobamba, sur laquelle le célèbre botaniste de Valence, don José Cavanilles, fit parvenir les premiers détails,... des fentes s'ouvrirent et se refermèrent de telle façon que des hommes purent se sauver en étendant leurs bras. Des troupes de cavaliers ou de mulets chargés disparurent dans les crevasses qui s'ouvrirent en travers sous leurs pas, tandis que d'autres échappaient au danger en se rejetant en arrière. La surface du sol fut successivement exhaussée et abaissée par des oscillations irrégulières, qui déposèrent sans secousse sur le pavé de la rue des personnes placées plus de douze pieds

1. *Cosmos*, IV, p. 192.

plus haut, dans le chœur de l'église ; de vastes maisons s'enfoncèrent dans la terre, avec si peu de dégâts que les habitants sains et saufs purent ouvrir les portes à l'intérieur, et attendirent deux jours qu'on les dégageât. Ils allèrent d'une chambre dans l'autre, allumèrent des flambeaux, se nourrirent des provisions qu'ils avaient par hasard et s'entretinrent des chances de salut qui leur restaient...

« Une chose non moins surprenante, c'est la disparition de masses aussi énormes de pierres et de matériaux de construction. Le Vieux-Riobamba avait des églises et des cloîtres entourés de maisons à plusieurs étages et, cependant, je n'ai trouvé dans les ruines, lorsque j'ai levé le plan de la ville détruite, que des amas de pierre de 8 à 10 pieds de hauteur. Dans la partie sud-ouest du Vieux-Riobamba, on put reconnaître clairement une force dirigée de bas en haut, qui produisit l'effet d'une explosion de mine. »

Les cadavres d'un grand nombre d'habitants furent lancés jusque sur la Culca. Et Humboldt en vit les restes ; du moins si l'on interprète ainsi ce passage : « Sur le Cerro de la Culca, haut de quelques centaines de pieds, et qui domine le Cerro de Cumbicarra, situé un peu plus au nord, il existe des décombres mêlés d'ossements humains ».

Il périt 16.000 personnes dans la catastrophe de Riobamba. La terre ne cessa de trembler durant les mois de février et de mars, et le 5 avril, le fléau sévit encore si violemment qu'il aurait tout détruit, si tout n'avait été ruiné déjà. Riobamba, Quero, Peliléo, Patao, Pillaro furent littéralement ensevelis sous les éboulements des montagnes. Des flancs crevassés de ces montagnes s'échappaient des torrents d'eau fétide qui remplissaient des vallées profondes de six cents pieds et larges de mille, recouvrant entièrement les villages.

Le 26 mars 1811, toute la population de Caracas fut écrasée sous les ruines de cette ville.

Les 8 et 9 septembre 1891, il y eut dans la petite république de San Salvador d'effroyables secousses, dont l'une, qui eut lieu le 9, causa tout le mal. Verticale et oscillatoire, elle ne dura que vingt secondes pendant lesquelles presque toute la ville s'écroula. Heureusement les tremblements de la veille avaient donné l'alarme et l'on campait dehors. Il y eut cependant un assez grand nombre de victimes. San Salvador a d'ailleurs l'habitude d'être détruite : elle le fut trois fois dans le courant du siècle précédent.

Le Pérou. — Il existe un catalogue assez complet des tremblements de terre au Pérou depuis la conquête espagnole. Le premier qui ait été assez exactement décrit par des Européens date de 1580. Il y en eut ensuite en 1581, 1586, 1588. Pisco, Cumana, Arica périrent sous les eaux. En 1604, Aréquipa fut détruite. En 1630, 1655, c'est Lima qui est le plus éprouvée. En 1656, il y eut 11.000 victimes. En 1690, la ville de Pisco, de nouveau submergée, fut rebâtie à un quart de lieue du rivage. Désastres aussi en 1692, 1697, 1698, 1699, 1704, 1705, 1709. Durant cette dernière année, les tremblements de terre furent presque continuels. En 1716, destruction de la nouvelle Pisco. Se signalent aussi par leurs désastres, les années 1717, 1720, 1725, 1732, 1734, 1738, 1742. En 1746, presque toute la ville de Lima fut détruite, et Callao fut submergée. « La mer renversa jusqu'aux fondements des maisons et autres édifices, excepté seulement les deux grandes portes, et quelques fragments des murailles qu'on voit encore aujourd'hui dans l'eau, tristes monuments de ce qu'elles étaient. » Il périt 5.000 personnes à Callao. Catastrophes encore en 1828, en 1833. Le 9 mai 1877, submersion de la côte. La ville d'Iquique et plusieurs autres furent entière-

ment détruites; Mexillones et Cobija eurent les deux tiers de leurs maisons renversées. Onze navires portant du guano firent naufrage. Le raz de marée se propagea jusqu'en Californie et aux îles Hawaï.

Le Chili. — Les dates les plus fatales au Chili sont 1651, 1750, 1822-1823, 1828, 1835, 1906. La plus effroyable catastrophe fut celle de 1835, qui commença le 20 février et ravagea la côte, principalement à la hauteur de Concepcion. Alexis Perrey [1] cite la relation du capitaine Fitz-Roy :

« Concepcion, 20 février 1835. — A 10 heures du matin on remarqua dans la ville de grandes bandes d'oiseaux de mer, qui, passant au-dessus des maisons, volaient de la côte vers l'intérieur des terres... A 11 h. 40′, on ressentit une secousse qui, faible d'abord, augmenta rapidement d'intensité. Pendant la première demi-minute, beaucoup de personnes restèrent dans leurs maisons; mais les mouvements convulsifs devinrent si forts que l'alarme fut bientôt générale, et que tous cherchèrent leur salut dans les endroits découverts. Cet horrible mouvement allait toujours en croissant; personne ne pouvait se tenir debout: les édifices semblaient ballottés par des vagues; tout à coup une épouvantable et désastreuse secousse renversa et détruisit tout. En moins de six secondes la ville ne fut plus qu'un monceau de ruines. Le fracas des maisons qui s'écroulaient; les horribles craquements de la terre qui s'ouvrait et se refermait rapidement à diverses reprises en beaucoup d'endroits; les cris de désespoir et les hurlements de la population; la chaleur accablante, les nuages de poussière qui aveuglaient et étouffaient les malheureux habitants; l'horreur et

1. *Documents relatifs aux tremblements de terre du Chili.* in-8°. Lyon, 1854.

l'alarme portées à leur comble : voilà ce qu'on ne peut décrire ni même imaginer.

« Cette fatale convulsion eut lieu environ 2 minutes après la première secousse et dura, dans toute sa violence, à peu près deux minutes. Pendant tout ce temps, on ne pouvait rester debout sans point d'appui; il fallait se tenir les uns aux autres, ou aux arbres, ou à d'autres objets fixes; quelques-uns se jetèrent à terre, mais le mouvement était si violent qu'ils furent obligés de jeter leurs bras de côté, comme des arcs-boutants pour ne pas être roulés. Saisis d'une frayeur extrême, les chevaux et tous les animaux s'arrêtaient les jambes écartées en dehors, la tête basse et semblaient céder à un violent tremblement nerveux. Les oiseaux égarés fuyaient dans tous les sens.

« Après que ce choc violent eut cessé, les nuages de poussière qui s'étaient élevés des maisons écroulées commencèrent à se disperser. Chacun commença à respirer plus librement et à porter les regards autour de soi. Tous les visages étaient pâles et présentaient un aspect sépulcral : si on eût ouvert les tombeaux et ordonné aux morts d'en sortir, leur vue n'eût guère été choquante. Pâle et tremblant, couvert de poussière et respirant à peine, on courait d'un endroit à l'autre, appelant ses parents et ses amis. Beaucoup paraissaient avoir perdu la raison.

« De fortes secousses se continuèrent à de courts intervalles renouvelant les dégâts et les alarmes. La terre ne fut jamais longtemps en repos durant cette journée, ni même pendant les jours qui suivirent.

Du 20 février au 4 mars, on compta plus de trois cents secousses.

CHAPITRE VII

LES THÉORIES SÉISMIQUES

Sommaire. — Idées extra-scientifiques. — Opinions des Chinois, des Japonais, des aborigènes de la Colombie, du roi de Dahomey. — Statistique d'Alexis Perrey. — Les séismes rattachés à des influences atmosphériques, à des phénomènes astronomiques, à des dégagements de grisou. — La cause des séismes est dans l'économie même de la terre. — Théories du Dr Isaac Lea, de Béguyer de Chancourtois. — Suess veut établir une classification parmi les commotions terrestres. — Hœrnes, von Lasaulx. — La libération des compressions orogéniques comme cause des séismes. — Rôle du changement d'état des corps fluidifiables. — Séismes avortés. — Ouverture et jeu des géoclases. — Éboulements de blocs humides dans les fissures comme moteurs des chocs séismiques. — Le métamorphisme témoigne de l'activité chimique de l'eau souterraine. — Rôle de l'hydratation ou de la déshydratation des roches.

Idées extra-scientifiques. — Le phénomène séismique a exercé l'imagination des théoriciens. Leurs suppositions furent précédées par les superstitions populaires dont l'énumération serait intarissable. Mentionnons cependant dans le nombre l'opinion des Chinois pour qui le sol est soutenu par un dragon prisonnier dans les entrailles de la terre : à chacun de ses mouvements correspond une secousse et l'on conçoit dès lors le souci des Fils du Ciel de ne pas troubler le repos de ce support du sol habitable. C'est sans doute la cause de la répugnance qu'ils ont opposée si longtemps à toute proposition d'exploitation houillère et que beaucoup d'entre eux n'ont pas

encore surmontée : il est clair que le percement des puits et l'ouverture des galeries peut déterminer, selon cette manière de voir, des conséquences regrettables.

On retrouve des idées analogues dans des régions bien différentes. Par exemple, les aborigènes du plateau de Colombie racontaient comment, en punition d'un crime, Bochica, la bonne déesse, avait condamné le géant Chibchacum à porter sur ses épaules la masse de la terre, qui reposait auparavant sur des piliers en bois de gaïac. Les tremblements de terre n'ont d'autre cause que les mouvements de fatigue et d'impatience de cet Atlas du Nouveau Monde[1].

Les naturels des îles Andaman adorent, sous le nom d'Eremchangala, un démon des forêts qui cause les tremblements de terre[2].

C'est sans doute par des tendances de ce genre qu'il faut expliquer la responsabilité attribuée si souvent à des divinités, lors des tremblements de terre. Dans son mémoire *Ueber Erdbeben und Vulacanausbrüche*[3], Edm. Naumann raconte qu'un tremblement de terre ayant renversé le 15 septembre 1506, à Kioto, un grand nombre de maisons et le château de Fushimi, le guerrier Taiko Toyotomi Hideyoshi se rendit au temple du Dieu Daibuzu dont la statue venait d'être renversée, lui reprocha, dans une apostrophe vigoureuse, sa faiblesse et son incapacité impardonnables et, comme sanction de son mépris, lui lança une flèche de son arc.

Dans le même ordre d'idées il faut classer le senti-

1. Bollaërt. *Antiquaria researches*, p. 12, cité par Simonin. *La Terre*, I, p. 56.

2. Portman. *Journal of the royal asiatic Society* (new series), XIII, p. 475, 1881.

3. *Mittheilungen der deutschen Gesellschaften für Natur-und Volkeskunde ost Asiens*. V, 5e livraison, p. 17, in-4°. Yokohama, 1877.

ment qui conduisit en 1862 le roi de Dahomey à recourir à un singulier moyen pour faire cesser des tremblements de terre : « Le sol étant violemment agité, raconte Alexis Perrey[1], M. Euschart fut appelé sur le marché où il trouva le roi assis sur une estrade et entouré de ses amazones sous les armes. Le roi lui dit que c'était l'esprit de son père qui agitait la terre, parce que les coutumes n'étaient plus observées. Trois chefs Ishagga, faits prisonniers dans la dernière guerre, furent amenés devant lui et lui dirent qu'ils allaient annoncer à son père que les coutumes seraient mieux observées que jamais. Chaque chef but alors à la santé du roi et fut décapité. »

Hypothèses astronomiques ou météorologiques. — On pénètre dans un autre domaine, mais où les idées sont également gratuites, quand on examine des suppositions d'après lesquelles les séismes seraient déterminés par des influences extra-terrestres. Le point de départ en est dans des publications d'Alexis Perrey, qui fut un chercheur extrêmement laborieux, auquel on doit d'innombrables relevés de séismes.

Frappé de l'importance du phénomène des marées luni-solaires, qui détermine dans l'océan le balancement biquotidien que tout le monde connaît, Perrey se persuada qu'une masse fluide enveloppée dans la mince écorce terrestre et constituant le noyau de la planète doit être le siège d'une intumescence qui tend à suivre le soleil et la lune, dans leurs positions successives. En conséquence, la pellicule solide qui est la croûte du globe, devait subir des efforts se traduisant parfois par les convulsions qui font l'objet présent de nos études[2]. Ne se laissant pas arrêter par cette circonstance que le tremblement, dans cette

1. *Les Tremblements de terre en 1862*, in-8°. Bruxelles, 1864.

2. Le célèbre géologue américain H. D. ROGERS écrivait à la page 886 de son *Final report on the geology of Pensylvania* qui

hypothèse, devrait se répéter aussi régulièrement que les marées proprement dites, Perrey se livra à des recherches statistiques véritablement héroïques et s'attacha à démontrer que les séismes sont plus nombreux aux syzygies qu'aux quadratures, au périgée qu'à l'apogée et qu'en chaque lieu, le passage de la Lune au méridien les favorise. On vit alors ce qu'on voit toujours en pareil cas : les observations se répartir inégalement dans le cours de l'année et donner lieu à des minima dont la situation prêtait à la discussion. En effet, la faiblesse des chiffres ne laissa voir que des variations très peu accusées et qui sont susceptibles d'interprétations diverses. M. de Montessus de Ballore a vraiment fait justice et d'une manière magistrale de ces rapprochements artificiels. Cela ne veut pas dire que le phénomène, qui frappait Perrey, d'une marée souterraine soit illusoire; nous verrons plus loin que sa réalité a été démontrée. Mais il est incontestablement trop faible pour donner naissance au phénomène mécanique qu'il lui attribuait.

Cet insuccès n'a pourtant pas eu raison des appétits de prophéties, et jusqu'à ces tout derniers temps Henri de Parville a continué à proclamer les corrélations des séismes avec les déclinaisons lunaires qui l'occupaient depuis plus de vingt ans [1].

M. Zenger a défendu l'opinion que les taches du Soleil [2] et aussi les essaims d'étoiles filantes [3] déter-

parut en 1856 : « La structure onduleuse (des Apalaches, etc...) est due à une pulsation dans la matière fluide sous la croûte terrestre, propagée comme de grandes vagues de translation. L'oscillation de la croûte produite par le frottement en avant des parties rocheuses est la cause des tremblements de terre ».

1. La première publication de DE PARVILLE à ce sujet paraît être *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CIV, p. 761, 1887.

2. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVII, p. 1025, et CIV, p. 959.

3. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CIII, p. 1287.

minent par la variation de leur nombre des maxima et des minima dans la série des tremblements de terre[1]. M. l'abbé Moreux a fait des publications du même ordre. L'insuccès fut le même que précédemment[2].

D'autres personnes préfèrent rattacher les séismes à des influences atmosphériques. On constate, par exemple, que souvent les tremblements de terre se sont produits en même temps qu'une tempête, qu'un cyclone même[3]; seulement le nombre est incomparablement plus grand de tremblements dont le déchaînement n'a été accompagné d'aucune perturbation météorologique. Il serait bien étrange que toutes les combinaisons n'eussent pas lieu entre les deux séries de phénomènes, et, en choisissant, on peut trouver tout ce qu'on voudra. Citons, comme ayant poursuivi cette voie, un météorologiste du nom de Chapel, qui a présenté ses recherches à l'Académie des Sciences[4].

M. Francis Laur a fait des publications nombreuses sur la liaison des tremblements de terre avec les chutes barométriques et les dégagements de grisou dans les houillères[5]. L'influence des mouvements de l'écorce terrestre sur les dégagements de grisou a été discutée pour la première fois d'une façon précise dans un article du journal anglais *The Engineer*, du

1. On peut citer le commandant DELAUNEY comme ayant poursuivi des recherches analogues. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVII, p. 470.

2. Voyez à propos des prédictions séismiques une note de FAYE : *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVII, p. 619.

3. En 1749, un certain Dr STUKLEY proclamait que le tremblement de terre est un effet du tonnerre. Voy. *Contribution to the history of american Geology*, par MERRILL. Washington, 1906. In-8°, p. 280.

4. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, C, p. 34.

5. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVII, p. 842 ; CV, p. 533 ; CVIII, p. 75, etc.

17 décembre 1875. Les conclusions de ce travail peuvent être ainsi résumées : « Il est difficile de révoquer en doute que les mouvements de l'écorce terrestre, si faibles qu'ils soient, puissent produire des changements momentanés ou permanents dans la pression des matériaux constituants des mines de houille, ou bien disloquer le charbon lui-même d'une façon trop faible pour attirer l'attention des mineurs, mais suffisante pour modifier la diffusion du gaz inflammable dans sa masse... D'après les recherches de Perrey et d'autres séismologues, il est probable que les grands mouvements de l'écorce terrestre, c'est-à-dire les tremblements de terre, se produisent plus souvent l'hiver que l'été[1]; on peut en conclure que les petits mouvements du sol sont vraisemblablement soumis à la même loi, qui s'appliquerait aussi aux accidents de grisou, mais nous ne pensons pas que les explosions de grisou en Angleterre soient plus fréquentes en hiver que dans d'autres saisons. »

Hypothèses telluriques. — En conséquence de l'échec évident de tous ces points de vue, on est ramené à chercher dans l'économie de la terre elle-même, la cause des séismes et toutes leurs particularités.

Déjà, en 1825, le Dr Isaac Lea (de Philadelphie), qui a laissé une trace dans l'histoire de la Science, émettait l'avis qu'il existe sous la surface de la terre de grandes cavités ou canaux de connexion d'un volcan à l'autre, à travers lesquels des gaz explosifs circulent avec un mouvement instanstané, procurant les secousses et les détonations des tremblements de terre.

Une théorie séismique à laquelle a paru se rallier

1. Cette assertion n'est aucunement justifiée.

Béguyer de Chancourtois consiste à supposer que le refroidissement et la solidification progressive et spontanée du noyau terrestre dégage des fluides élastiques qui s'accumulent sous la croûte, après avoir fait partie intégrante de la nébuleuse primitive d'où le globe procède par transformation évolutive. C'était, en somme, revenir à une idée de Humboldt, qui est d'avis que les tremblements de terre sont causés par une longue interruption dans les émanations volcaniques. « En effet, ajoute Huot[1], l'action des vapeurs élastiques, qui tendent à se frayer une issue, paraît devoir être la cause principale et la plus générale de ce phénomène. »

La difficulté est de comprendre comment ces vapeurs ont pu se laisser emprisonner sous la croûte au lieu de se dissiper au fur et à mesure de la consolidation de celle-ci. Nous aurons à revenir sur ce point quand nous nous occuperons de l'origine des volcans et c'est alors aussi que nous aurons quelques mots à dire de suppositions d'après lesquelles les tremblements de terre dériveraient de foyers locaux d'actions très limitées et déterminées par l'accumulation de certains matériaux capables de circonstances spéciales. Parfois les réactions invoquées sont très exothermiques et déterminent des inflammations plutôt comparables aux volcans, et c'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que Mac Clure, en 1829, tenta d'expliquer le tremblement de terre de 1811 et 1812, dans la vallée du Mississipi, par le dégagement des gaz provenant de matières végétales accumulées dans les couches du sol[2].

D'autre part, elles sont moins violentes et con-

1. *Nouveau Cours élémentaire de Géologie*, par J.-J.-N. HUOT, correspondant du Muséum royal d'Histoire naturelle de Paris. I, p. 108, 2 vol. in-8°, 1837.

2. GEORGE MERRILL. *Contribution to the history of american Geology*, in-8°, p. 200. Washington, 1906.

cernent, par exemple, l'hydratation de certaines roches qui se gonflent, ou la dessiccation de certaines autres qui se contractent; les deux conditions détermineront des déplacements du sol. Aussi une certaine théorie séismique cherche-t-elle à rattacher les tremblements de terre à des effondrements plus ou moins comparables à ceux qui suivent la dissolution de lentilles de sel gemme ou d'amas de gypse par la circulation profonde des eaux. Il est clair que de semblables accidents peuvent se produire dans des conditions naturelles, par l'action prolongée de courants d'eau souterrains, sur les amas de substances solubles ou simplement délayables, et être la cause de certains tremblements de terre. Mais, si on conçoit la possibilité d'une semblable intervention, surtout dans quelques régions montagneuses, il est évidemment impossible d'y voir la cause ordinaire des séismes.

Suess, dans son *Antlitz der Erde* [1], a tenté d'établir pour les commotions terrestres une sorte de classification supposant d'abord la spécification de plusieurs types; mais il recommande la prudence, à cause de la difficulté de soumettre le phénomène séismique à une méthode d'observation suffisamment précise.

Peut-être a-t-il raison de concentrer ses études sur la catégorie tectonique des ébranlements du sol et de se demander s'il ne faut pas y voir deux groupes de tremblements de terre selon qu'ils résultent d'un affaissement, c'est-à-dire d'une action verticale, ou de l'exercice de pressions horizontales. Sans doute ici encore faut-il prendre garde de séparer des choses qui, en réalité, sont essentiellement unies et ne pas contester que l'affaissement accompagne nécessairement les soulèvements dans les séismes tectoniques.

1. T. I. p. 227. Traduction française : *La face de la Terre.* I, p. 226. Paris, 1897.

A cet égard, il paraît y avoir certaines liaisons entre la direction des chaînes de montagnes et l'orientation de l'axe d'ébranlement : dans les Alpes, comme dans les Karpathes, ces deux lignes ont manifesté une tendance certaine à la perpendicularité réciproque.

C'est en voulant faire une classification parmi les tremblements de terre que le professeur R. Hœrnes a proposé de les distinguer d'après leur origine en séismes par effondrement, séismes tectoniques et séismes volcaniques[1]. Ce point de vue a été adopté sans grands changements, par plusieurs auteurs comme von Lasaulx[2] et Franz Toula[3]. Mais la pratique a montré que ces distinctions sont parfois bien incertaines et plus théoriques que réelles, au moins dans bien des cas.

Sans doute, faut-il admettre que les géoclases, même très anciennes, sont exposées à jouer encore de temps en temps et à donner lieu, en conséquence, à des secousses séismiques. Le 23 février 1828, par exemple, un faible tremblement de terre qui suivit, sur une très grande étendue, la limite des bassins houillers de la Belgique, a été considéré comme ayant eu pour point de départ la grande faille dite du Midi, qui serait ainsi apte à donner lieu encore, malgré son âge paléozoïque, à des chevauchements.

Dans les tremblements de terre transversaux des chaînes montagneuses et spécialement des Alpes, les choses se passent comme s'il y avait, par suite de tassements successifs, de brusques déplacements horizontaux des voussoirs de la croûte terrestre.

1. R. Hoernes. *Erdbebenstudien* dans *Jarhbuch. K. K. geologisches Reichanstalt*, XXVIII, p. 387, 1878.

2. *Die Erdbeben*, dans A. Kenngott. *Handwörterbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, I, p. 358, 1883.

3. Toula. *Ueber den gegenwartigen Stand des Erdbebenfrage*, in-8°. Wien, 1881, p. 54.

Une opinion qui a séduit beaucoup de personnes consiste à dire que les phénomènes séismiques sont le « résultat de la libération des compressions orogéniques des couches terrestres, lorsque quelque partie de ces mêmes couches finit par céder sous l'effort »[1].

Mais cette manière de voir n'est pas complète. On oublie qu'une partie (et sans doute la plus notable) de l'énergie ainsi emmagasinée provient du recouvrement de roches par des roches plus chaudes, à la suite des refoulements venant d'en bas et déterminant le changement d'état des corps fluidifiables préalablement introduits dans leurs pores.

En outre, cette énergie ne saurait rester perpétuellement emmagasinée et elle doit subir une déperdition plus ou moins lente. Si le refroidissement se déclare et s'accentue assez dans la partie intéressée, les éléments atteignent peu à peu un état d'équilibre qui ne se manifeste plus au dehors par des mouvements marqués et le sol profond conserve les témoignages de véritables *séismes avortés*. Nous verrons plus loin, par l'histoire des *laccolithes*, que l'écorce terrestre a révélé de même les indices de *volcans manqués*, c'est-à-dire dans lesquels l'énergie emmagasinée s'est peu à peu dissipée, sans donner lieu à des effets violents.

Il importe de remarquer ici que le rattachement du séisme au grand phénomène tectonique qui nous occupera en son temps conduit à assigner une cause simple et évidente aux répétitions si remarquables qui sont un des traits les plus essentiels des tremblements de terre. L'ouverture et le jeu secondaire des géoclases et des fissures de tout genre qui traversent le sol ne peuvent se produire sans que les parois disjointes n'alimentent la chute, dans le vide résultant de leur séparation, de fragments rocheux provenant

1. DE MONTESSUS DE BALLORE. *La Science séismologique*, p. 545.

de leur égrugement (fig. 14). Si ces blocs, dont nous constaterons la présence dans toutes les cassures terrestres, viennent d'assez haut et tombent assez bas, ils transportent l'humidité dont ils sont naturellement imprégnés dans des domaines où règne une température incompatible avec la persistance de l'état liquide de l'eau et qui peut même déterminer la dis-

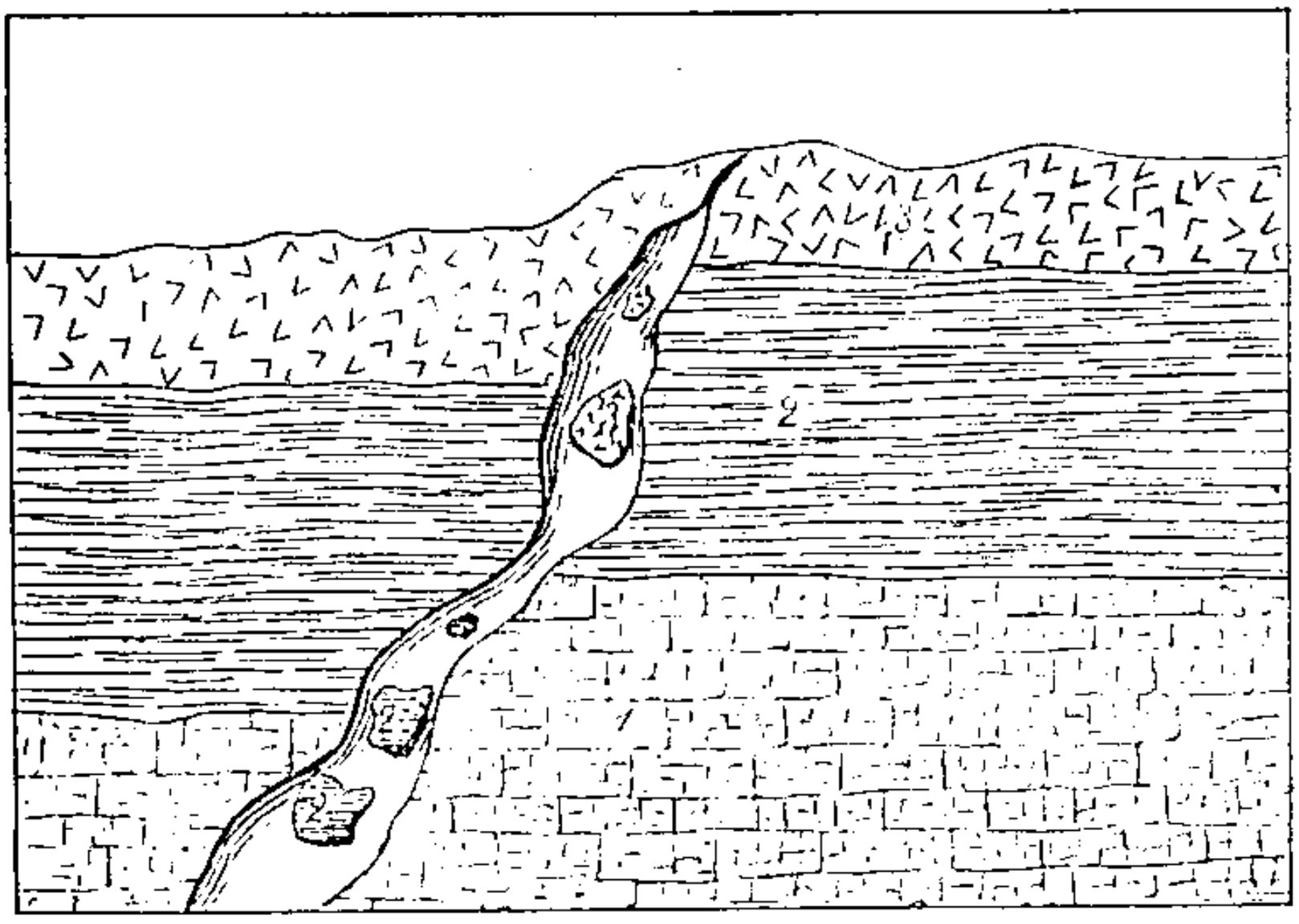


FIG. 14. — Coupe théorique d'une géoclase dans le vide de laquelle ont été précipités des fragments provenant des parois et gisant maintenant au-dessous du niveau des roches dont ils ont été détachés.

sociation de ce composé. L'eau, dans ces conditions, manifeste des propriétés explosives qui font de chacun des fragments écroulés l'analogue d'une cartouche de dynamite. M. Issel en a constaté la chute avant chaque secousse, lors du séisme de Zante, en 1894[1], et leur rôle explique aussi bien la multiplicité des secousses, leur distribution, si capricieuse en apparence, dans le temps et même l'émigration progressive des centres d'ébranlement dont les exemples ont été énumérés précédemment[2].

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVIII, 12 février 1894.

2. STANISLAS MEUNIER. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVIII, p. 4 (15 mai 1894).

En résumé, on voit que la manière de comprendre le phénomène séismique a varié notablement suivant les auteurs. La première cause de ces divergences réside certainement dans la variété des points de vue exclusifs, où les théoriciens se sont ordinairement placés. Aussi doit-on s'attendre à constater que la cause du phénomène est bien loin d'être la même partout et toujours. Une synthèse des opinions raisonnables émises s'impose à l'esprit, mais il faut reconnaître que, dans beaucoup de circonstances, nous sommes impuissants à reconnaître à quelle catégorie appartient un tremblement de terre donné.

Une dernière remarque est indispensable pour préciser le problème, sinon pour le résoudre. Elle est inspirée par le principe, fondamental lui-même, de la doctrine activiste.

Le résultat principal des études récentes, c'est que, loin d'être le domaine de l'immobilité, les profondeurs terrestres sont le théâtre d'une activité incessante : tout y est en circulation continue, en voie de modification ininterrompue. Pour borner nos remarques à cet égard, on sait que les eaux chaudes qui imprègnent les niveaux convenablement éloignés de la surface, exercent une influence chimique sur les roches ambiantes, d'où dérive le caractère général auquel on a donné le nom de *métamorphisme* et qui les distingue à première vue des dépôts actuels de l'Océan. Par l'effet de cette chimie continue au travers des périodes géologiques, les sables sont devenus des quartzites à ciment de cristal de roche, les craies et les marnes sont passées à l'état de marbres et les argiles se sont métamorphosées en schistes, en phyllades, parfois même en talcschistes, en micaschistes et en gneiss.

Or, il suffit d'un moment de réflexion pour démontrer que ces gigantesques travaux, accompagnés de soustractions de matières ou de substitutions épigé-

niques, n'ont pu se réaliser sans déterminer d'énormes variations de volume dans les masses intéressées.

Précédemment, on insistait sur les compressions internes résultant des refoulements mécaniques considérés presque seuls par la plupart des séismologistes. Il est évident que des tensions analogues devront résulter des transformations chimiques que nous avons en vue. Il y a longtemps qu'Élie de Beaumont appelait l'attention sur la diminution de volume subie par le gypse qui, par déshydratation, passe à l'état de karsténite, et sur la dilatation inverse qui accompagne la transformation de l'anhydrite en pierre à plâtre. Mais ce n'est là qu'un infime détail dans une métamorphose universelle.

Il n'y a pas un massif de roche, pas une couche, qui ne subisse au cours des temps les travaux dont il s'agit et qui, par conséquent, ne devienne un centre dynamique avec lequel doit avoir à compter l'équilibre des masses environnantes. Nous avons rappelé les curieux caractères explosifs des grès de Monson et nous avons admis qu'ils sont dus à une sorte d'emmagasinement dans la roche d'une énergie consécutive à une compression antérieure. Mais si, dans certains cas, il est vraisemblable que la cause de cette compression soit d'origine tectonique, c'est-à-dire purement mécanique et rattachable en dernière analyse à la contraction du noyau interne, dans d'autres cas, il est loisible de supposer qu'elle dérive de phénomènes de transformations internes, physiques ou chimiques, que les roches subissent dans les régions souterraines.

La masse des matériaux apportés à la surface, par les eaux jaillissantes, par les volcans et par les autres causes énumérées plus haut, conduit à la nécessité d'admettre l'ouverture progressive de vides considérables dans le sous-sol. Si ces manques de matière

sont voisins de la surface, il peut en résulter de simples affaissements, et on les considère volontiers comme des pseudo-séismes. Mais s'ils se pratiquent plus bas, les conséquences prennent un tout autre caractère et il peut être très difficile de les distinguer des tremblements de terre proprement dits.

La simple dissolution, par circulation bathydrique, de massifs rocheux peut jouer, vis-à-vis des assises voisines, le même rôle que l'ouverture des mines de Dortmund, et, dès lors, les libérations des compressions provenant de maintes causes et simplement, dans bien des cas, de l'empilement des sédiments normaux, peut développer les explosions (détonations, etc.) et les déplacements perceptibles à la surface.

Parmi les conséquences auxquelles doivent conduire les remarques de ce genre, il en est une spécialement intéressante après les considérations relatives à la géographie séismique. C'est que, malgré la très grande prépondérance de la zone méditerranéenne dans le régime séismique de l'Europe (pris comme exemple), des tremblements de terre d'intensité très variable peuvent se déclarer jusque dans le nord de cette partie du monde. Ceux-ci dériveraient moins du phénomène orogénique général que des conditions locales qui viennent d'être signalées et ne constitueraient qu'en apparence des exceptions à la règle si manifeste qui a servi de base directrice à nos descriptions géographiques.

DEUXIÈME PARTIE

LES VOLCANS

CHAPITRE PREMIER

LES PSEUDO-VOLCANS

Sommaire. — Les *Salzes* ou *Volcans de boue* : Bakou, les cônes de boue, les feux éternels des Guèbres. La Salze de Sassuolo étudiée par Spallanzani. Les Volcans de boue ou *volcancitos* de Turbaco. Les *Maccalube* de Girgenti. — Les *Soffioni* de Volterra exploités par Larderel. — Les *Geysers*. En Islande : le Grand Geyser, le Stokkr, le petit Geyser. En Amérique, les geysers du Yellowstone Park : le Géant et le Vieux Fidèle. Les geysers de la Nouvelle-Zélande : le Rotomahara ou Lac Chaud. Geysers au Japon. — Un cratère creusé par une météorite.

De même que nous avons précédemment déblayé l'étude des tremblements de terre, en éliminant tout d'abord des phénomènes dynamiques ayant avec les séismes des ressemblances extérieures plus ou moins accentuées, — de même il est de toute nécessité de distinguer des manifestations volcaniques vraies une série de phénomènes éruptifs, qui s'y rattachent plus ou moins et qui, fréquemment, leur sont intimement associés, mais qui dérivent de dispositions différentes.

Dans le nombre, sont spécialement les salzes, les *maccalube*, les *soffioni* et les geysers.

Les Salzes ou Volcans de boue. — Les salzes tirent leur nom de la saveur salée de leurs produits solides et liquides; on les a fréquemment qualifiées de volcans de boue, appellation qu'on a traduite en grec par *Pélocones*. Les deux extrémités de la chaîne du Caucase, divers points de l'Italie, les environs de Turbaco, en Nouvelle-Grenade, sont les localités les plus célèbres de ces formations.

A la surface du désert qu'il faut traverser pour arriver à Bakou sur la mer Caspienne, j'ai vu, en plusieurs points, se dresser des monticules coniques qui donnent lieu, de temps à autre, à de véritables éruptions. En 1794, l'illustre naturaliste russe Pallas assista au phénomène et en laissa une description. Après une période de grondements souterrains et pendant un séisme qui fut ressenti à plus de 250 kilomètres de distance, un des cônes rejeta plus de 20.000 mètres cubes de boue bitumineuse et salée accompagnée de gaz en partie combustibles. A l'extrémité orientale de la chaîne du Caucase, la presqu'île d'Apchéron présente des phénomènes du même genre[1]. Le sol est formé de couches tertiaires gréseuses, argileuses et marneuses imprégnées de tous côtés de matières bitumineuses. On y voit des jets de gaz combustibles (feux éternels des Guèbres) et les cônes de boue s'y dressent en plusieurs points. L'île de Kumani, apparue non loin de là dans la mer Caspienne, en mai 1861, doit évidemment son origine à l'activité éruptive dont il s'agit.

Sur une partie de sa longueur, la chaîne des Apennins présente des phénomènes analogues. Spallanzani, le premier, en a donné la description et des études plus précises ont été faites par Fouqué et par M. Gorceix.

1. Abich. *Mémoires de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 6e série, VI, n° 5, 1865.

C'est en 1789 que l'auteur du *Voyage dans les Deux-Siciles*[1] a étudié la salze de Sassuolo qui, déjà, avait attiré l'attention des anciens : « Elle se présente, dit-il, sous la forme d'un cône terreux, haut de deux pieds, terminé par un entonnoir d'un pied de diamètre, d'où sortent, par intervalles, des bulles de 4 ou 5 pouces de diamètre qui, à peine formées, éclatent et disparaissent. Ces bulles soulèvent une terre argileuse grisâtre, imprégnée d'eau et semi-fluide, qui déborde au-dessus de l'entonnoir et descend le long des parois extérieures. A cette époque, les éruptions de la salze paraissaient très faibles, en comparaison de celles qui étaient survenues dans les temps passés; ces dernières avaient fourni, vers l'ouest, des coulées de boue qui s'étaient étendues jusqu'à la plaine où passe la grande route et elles occupaient une aire d'environ trois quarts de mille de tour. »

Le 4 juin 1835, à 5 heures du matin, après des vicissitudes variées, la salze redevint active, à la suite d'une secousse violente du sol accompagnée d'une détonation qu'on entendit jusqu'à Saint-Michel, au delà du torrent de la Lecchia et qui brisa les vitres à Sassuolo. Une colonne d'épaisse fumée traversée de lueurs d'un rouge jaunâtre s'échappa de la salze. Des pierres furent lancées à une grande distance et une bouillie d'argile épaisse et visqueuse s'échappa du sol. Les pierres rejetées avec l'argile, et qui se recouvrirent bientôt d'une croûte cristalline de sel, étaient formées de calcaire marneux, de calcaire cristallin, de macigno, de marne argileuse verte, de serpentine, etc. A 9 heures et demie, une nouvelle détonation, plus faible que la première, se fit entendre et des bruits analogues, de moins en moins forts, et ressemblant à des coups de pistolet, se succédèrent pendant douze

1. Traduction Toscan, 6 vol. in-8°. Paris, an VIII.

jours. Pendant tout ce temps, la salze continua à bouillonner, et en appliquant l'oreille contre le sol, on entendait un bruissement semblable à celui d'un écoulement d'eau. Le sol était notablement échauffé et le gaz qui s'en échappait prenait feu au contact d'une allumette. La quantité de matière terreuse rejetée s'éleva à plus de 100 millions de mètres cubes.

Les volcans de boue de Turbaco (en Nouvelle-Grenade) sont connus dans le pays sous le nom de *volcancitos* : ils ont été décrits par Humboldt qui les visita au cours de son voyage d'exploration des régions équinoxiales. Ils sont au nombre de vingt et les plus grands, formés de terre glaise d'un gris sale, ont 6 à 7 mètres de hauteur et au moins 25 mètres de diamètre à la base. Au sommet se trouve un orifice circulaire de $1^{m},50$ à 2 mètres de circonférence entouré d'un petit mur de boue. Le gaz sort avec violence sous forme de bulles. La partie supérieure de l'entonnoir est remplie d'eau reposant sur une couche épaisse de boue.

On connaît des salzes plus ou moins analogues dans l'île Célèbes, à Tondano, dans l'île de Java, à Kourou et ailleurs.

Les salzes de Girgenti, en Sicile, qualifiées de *maccalube* (fig. 15), sont d'un aspect particulier. « Dans une plaine d'argile qui a 150 pas de long sur 50 de large, écrit Dolomieu, on trouve une trentaine de cônes ayant de $0^{m},60$ à 1 mètre. Chacun porte vers son sommet un petit enfoncement de quelques centimètres, qui est rempli d'eau salée; constamment, la surface de ces petites flaques d'eau est agitée par le dégagement des bulles de gaz. Il en résulte, sur le flanc des cônes, de petits courants d'argile délayés par l'eau salée, qui ressemblent pour la forme à de petits courants de lave. »

Les Soffioni. — Les *soffioni*, quoique d'un type

absolument différent, offrent aussi des traits d'analogie avec les volcans. Ce sont des jets de vapeur d'eau à 96, à 100 et même à 175 degrés qui forment sept groupes bien distincts répartis sur un petit espace, au sud-est de Volterra, en Toscane.

La vapeur d'eau est mélangée d'une foule de substances différentes, dont quelques-unes se dégagent, comme le gaz carbonique, l'hydrogène et des hydrocarbures, pendant que d'autres se cristallisent, comme le gypse, l'acide borique et une série d'autres minéraux. Un de nos compatriotes, Larderel, a transformé la région des *soffioni*, considérée jusqu'à lui comme infernale, en un des centres industriels les plus prospères de toute l'Italie. Il a ingénieusement imaginé d'employer la chaleur des jets de vapeur à l'évaporation des eaux provenant de leur condensation, et il a obtenu ainsi à très bon compte l'acide borique et les borates qui ont une valeur marchande si importante.

On connaît dans quelques régions des jets de vapeur rappelant les *soffioni* de la Toscane, par exemple à Java et dans la Nouvelle-Zélande. Mais ils ne contiennent pas de substances exploitables.

Les Geysers. — Nous achèverons la revue des pseudo-volcans avec les *geysers*, qui sont parmi les plus remarquables phénomènes de la nature et qui ont depuis longtemps fixé l'attention des savants et des simples touristes. Ils se présentent avec une intensité prodigieuse en Islande, aux États-Unis et en Nouvelle-Zélande; mais on en cite aussi en d'autres régions comme aux Açores.

Les geysers sont caractérisés par le jaillissement intermittent de volumineuses colonnes d'eau poussées verticalement ou obliquement par de la vapeur très chaude.

Ce sont les geysers d'Islande qui ont été d'abord étudiés, parce que l'Europe les connaît depuis fort

Fig. 15. — *Maccalube* de Girgenti (Sicile). — Deux bouches cratériformes, l'une active, l'autre au repos. — Cliché Aug. Robin.

longtemps. La plupart sont situés dans une plaine longue de 6 kilomètres et large de 2, bornée par une chaîne de montagnes, le Barnar-Fell, qui fait partie d'un contrefort de l'Hécla, courant est-ouest. Cette région s'annonce par d'épaisses vapeurs, par des grondements sourds. Sur le sol siliceux, l'eau bout sans cesse, jaillissant de tous côtés par des orifices plus ou moins grands.

Voici comme le Dr Labonne raconte une éruption du Grand Geyser[1] :

« Les courlis qui planent en bandes nombreuses sur cette région, se mirent à fuir en poussant des cris aigus, et le sol trembla, ce qui signifiait : une éruption va se produire! Nous n'eûmes, en effet, que le temps de courir à toutes jambes pour arriver à point jusqu'au bord du Grand Geyser.

« Une puissante colonne d'eau, aussi large que l'orifice à sa base, jaillissait alors en s'évasant dans les airs avec d'effroyables sifflements, tandis que la terre frémissait sous nos pieds et qu'un bruit formidable semblait sourdre de la vallée fumante. Ensuite, la gerbe retomba dans le gouffre, mais pour remonter immédiatement après ; il y eut de la sorte quatre ascensions et quatre chutes consécutives qui jouèrent trois minutes ; puis, comme dans un feu d'artifice, arriva le bouquet qui fut la plus haute projection de la douche brûlante, jusqu'à 30 mètres. Après quoi, tout rentra dans l'ordre. Quand la vapeur à odeur légèrement sulfureuse qui nous enveloppait eut été dissipée par le vent, je gravis le monticule de silice qui entoure le réservoir et je pus plonger le regard jusque dans la cavité du puits. Le Geyser s'était si bien épuisé sous l'effort de sa dernière poussée qu'il était absolument vide, et il fallait regarder tout au fond pour percevoir le liquide bleuâtre en ébullition.

1. *La Nature* du 16 juillet 1887, nº 757, pp. 106 et suiv.

Ce n'est, en effet, que graduellement que l'on voit, par la suite, l'eau s'élever de nouveau et venir affluer à la surface libre du canal. La température des parois de la cheminée désemplie est telle que l'orifice du Geyser se dessèche immédiatement. Je mis à profit cette propriété pour y faire rôtir des oiseaux destinés au déjeuner du lendemain. Ce prosaïque usage du Geyser est chose commune. »

Le canal du Grand Geyser a environ 4 mètres à son orifice. Il va en se rétrécissant dans les profondeurs de la terre.

Un bassin conique, dominant la plaine de 3 mètres, entoure le Geyser, formé par ses dépôts de tufs siliceux disposés en plaques minces et extrêmement dures.

Les jaillissements du Grand Geyser étaient plus fréquents autrefois qu'aujourd'hui. Un observateur, qui voyageait en Islande en 1772, dit qu'ils se produisaient à plusieurs reprises par jour. D'après le docteur Eugène Robert, le phénomène, en 1835, ne se manifestait ordinairement qu'une fois en vingt-quatre heures. Et, selon le Dr Labonne (1886), il s'espaçait de trois en trois jours.

Une autre source jaillissante, aussi célèbre que le Grand Geyser, c'est le Strokkr. Peu important avant le tremblement de terre de 1789, c'est maintenant le geyser le plus considérable de l'Islande. Il a des éruptions spontanées très fréquentes; mais on peut aussi provoquer le jaillissement en jetant des mottes de tourbe dans la cheminée, qui est beaucoup moins large que celle du Grand Geyser. Aussitôt le bouillonnement devient moins fort dans la source et finit par cesser entièrement; le silence s'établit, règne quelques instants; puis on perçoit un bruit semblable à celui que produit une masse liquide qui commence à bouillir...

« Une immense colonne d'eau de 30 mètres de

hauteur jaillit environ une heure après, dit encore le Dr Labonne... et cela nous advint sans le moindre avertissement au moment même où je m'efforçais de me rendre compte du mouvement rotatoire du liquide au fond du tube. Le premier jet sort avec une maëstria et une fureur incomparables; un rugissement assourdissant l'accompagne, tandis que le sol tremble comme pour le geyser, et souvent cette trépidation s'accuse à plus de 100 mètres. » Les éruptions d'eau se répètent jusqu'à quinze ou vingt fois, coup sur coup, un jet n'ayant pas souvent le temps de retomber avant le jaillissement d'un autre. Le mot Strokkr veut dire *baratte*, à cause des mouvements de l'eau lorsque l'éruption se prépare. Quant au mot geyser, il signifie *furieux*. L'eau de ces deux fontaines se maintient à la température de 104 degrés.

Au sud-ouest dû Strokkr, se trouve le Petit Geyser dont le débit est continuel et d'une extrême abondance; jamais il ne s'élance à plus de 2 mètres. Il paraîtrait que ces dimensions modestes datent du tremblement de terre de 1789, qui, au contraire, développèrent son voisin.

Les éruptions du Grand Geyser et du Strokkr ne sont jamais simultanées, ce qui donne à croire qu'il existe entre eux des canaux souterrains.

Les deux sources bleues communiquant sous terre et qui portent le nom de *Blesi* sont sans doute des geysers dont la période active est finie.

Aux États-Unis, le *Yellowstone Park* (Utah) contient plus de 3.500 sources chaudes, parmi lesquelles on compte 80 geysers, dont certains renommés dans le monde entier. Comme en Islande, on y rencontre divers degrés d'activité.

« Les plus grands, dit M. Marcellin Boule[1], qui les a visités, sont l'Excelsior, le Monarque, le Géant, la

1. *La Nature* du 22 mars 1902, p. 247.

Ruche, le Splendide. Excelsior est le roi des geysers. Son cratère a 100 mètres de diamètre. Ses éruptions, très irrégulières, sont remarquables par leur violence. Des quartiers de roc sont parfois projetés dans les airs à 80 mètres de hauteur. La quantité d'eau émise à chaque éruption est si considérable qu'elle élève de plusieurs pouces le niveau de la rivière voisine, la Firehole.

« La colonne d'eau bouillante du Géant est moins volumineuse que celle de l'Excelsior, mais elle s'élève à une hauteur beaucoup plus considérable : 250 pieds au début de l'éruption. Celle-ci a lieu régulièrement tous les six jours et dure une heure et demie.

« Le geyser le plus populaire du Parc s'appelle le Vieux Fidèle, parce qu'il joue à des intervalles réguliers. En 1891, c'était toutes les 65 minutes. Actuellement, il n'entre en éruption que toutes les 75 ou 80 minutes. Son cratère est admirable. Ses concrétions de geysérite sont de toute beauté. »

Parmi les sources qui ont été autrefois geysers, on peut signaler encore le Bol-de-Punch où l'eau bout constamment avec un frémissement ondulatoire fort curieux.

En Nouvelle-Zélande, la région des geysers s'étend le long du Waïkato, à une distance de 1 kilomètre et demi sur les deux rives. Les sources les plus remarquables dans la contrée sont comprises dans une large masse blanchâtre de dépôts siliceux de 120 mètres en tous sens. Là sont soixante-seize sources jaillissantes, dont la principale est l'Homaiterangi. De Hochstetter, témoin de plusieurs éruptions de ces geysers, raconte que l'eau s'agitait tout à coup et formait instantanément un jet puissant qui s'élevait en ligne oblique à une hauteur de près de 7 mètres, conservant une température de 94 degrés centigrades. Puis, le bassin se vidait, laissant voir une ouverture étroite en forme d'entonnoir, d'où

s'échappaient des vapeurs. Il y eut trois éruptions dans l'espace de quatre heures.

Une autre fontaine, voisine de celle-ci, lança au moment du tremblement de terre de Wellington, en 1848, un jet d'eau avec des pierres, qui s'éleva à 30 mètres d'altitude, et s'y maintint pendant près de deux ans. Lors du passage du savant autrichien, le jet montait à une hauteur qui variait de 60 centimètres à 1 mètre; il avait une température de 98 degrés et exhalait une odeur sensible d'hydrogène sulfuré.

Près du village de Tokadou, sur un espace de 3 kilomètres, s'étend une autre région de sources jaillissantes. De la haute mer, on aperçoit la colonne de vapeur qui s'échappe du Pironi. A quelques pas de ce gouffre est le *Korakorootopohinga*, orné de stalactites siliceuses et qui, dans un bassin large d'environ 3 mètres, renferme de l'eau constamment en ébullition.

Mais ce qui en Nouvelle-Zélande excite par-dessus tout la surprise et l'admiration des voyageurs, c'est la région des lacs, qui rappelle en miniature les beautés de la Haute-Italie et dépasse en manifestations geysériennes les phénomènes les plus étonnants de l'Islande.

Le Rotomahara ou lac chaud, qui est l'un des plus petits lacs de ce district, car il n'a pas tout à fait 1.500 mètres de long sur 400 de large, est situé à plus de 3.000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Des collines arides l'entourent; ses eaux sont verdâtres, ses bords marécageux. De toutes parts jaillissent des colonnes d'eau bouillante qui échauffent le lac tout entier et le couvrent de vapeur.

Les principales sources sont sur le rivage oriental du lac. La plus belle est le *Té-Tarata* (Roche-Tatouée), dont les eaux s'échappent en bouillonnant et descendent dans le lac par des terrasses succes-

sives, offrant l'aspect du marbre blanc et ornées de stalactites d'une pureté éclatante.

Vingt-cinq geysers alimentent le Rotomahara.

Le lac Rotorua est également entouré de sources chaudes dont l'une des principales a une température de 72 degrés. Il en est de même du lac Rotoïti, l'un des plus pittoresques de toute la Nouvelle-Zélande [1].

Il y a des geysers au Japon. Le geyser d'Atani, dans l'île de Mundo, près de Tokio, à 1 kilomètre de la mer, a cinq éruptions par jour, rejetant alternativement de l'eau et de la vapeur d'eau. Parfois il se produit un *nawagaki*, c'est-à-dire une éruption d'eau prolongée pendant plusieurs heures. Des puits creusés près du geyser ont donné de l'eau chaude, mais en diminuant l'activité du geyser. D'après les analyses chimiques, celui-ci serait en relation avec la mer. On suppose que la bouche d'éruption communique avec des réservoirs souterrains dont l'inférieur dépasserait la température d'ébullition et le supérieur resterait en deçà.

A citer aussi l'intéressante région geysérienne que le Mexique possède à Ixtlan de los Hervores, au nord de l'état de Michoecan. M. Paul Waitz y compta en avril 1905 environ 600 points volcaniques de différents ordres, dont 400 étaient en activité ou présentaient des indices d'activité et contenaient de l'eau chaude dans leur bassin. Il y avait au moins 13 geysers proprement dits avec une température de 90 à 94° centigrades et les projections se faisaient à 2 mètres de hauteur, l'éruption durant à peu près cinq minutes. Les repos étaient de deux heures environ [2].

Le pseudo-cratère du Canyon Diablo mérite aussi

1. De Hochstetter. *New Zealand*, 1867. Londres.

2. *Boletin de la Sociedad geologica Mexicana*, II, p. 71, 1906, avec une planche. Voir aussi le *Livret guide*, du 10e Congrès géologique en 1906, à Mexico.

d'être mentionné[1]. Il s'agit d'un bourrelet circulaire ayant 50 mètres de relief, limitant un espace de 2 kilomètres de tour, creusé en une cavité dont la profondeur atteint 150 mètres au-dessous de la surface de la plaine environnante. Le fond de cette cavité, décrite d'abord comme une bouche de volcan, est formé de roches fondues, vitrifiées et scoriacées. De toutes parts se voyaient des blocs de fer métallique ou des rognons de limonite provenant de son oxydation, mais qui ont disparu complètement, ayant été soigneusement récoltés par les collectionneurs. Or, toutes ces cavités paraissent avoir été produites par la chute, dans un passé inconnu, d'un gigantesque bloc de fer d'origine météoritique, c'est-à-dire extra-terrestre. M. Merrill suppose que le bloc pouvait avoir 150 mètres de diamètre et à cette condition, étant donnée la vitesse ordinaire des bolides qui parcourent 60 kilomètres à la seconde, il considère que tous les détails de ce gisement (qui n'a par conséquent rien de volcanique) s'expliquent très aisément.

1. George Merrill. *The meteor crater of Canyon Diablo, Arizona; its history, origin, and associated meteoric irons.* Dans *Smithsonian micellaneous Collections*, t. L, 4e partie. Washington, 1908.

CHAPITRE II

L'ÉRUPTION TYPIQUE

SOMMAIRE. — Description de l'éruption. — Exemple à l'appui : le Vésuve. — Son réveil en 79 : lettre de Pline le Jeune. — L'éruption de 1905-1906. — Détonations, projections de matières, ouverture de fissures, épanchement de la lave. — Paroxysme en avril 1906 : ouverture d'une nouvelle bouche : coulées abondantes de laves ; explosion du cratère ; détonations formidables ; projections énormes de lapilli et de cendres : obscurité, pluie de boue ; victimes nombreuses. Démantellement du sommet de la montagne. Formation d'une caldeira. — L'éruption de 1872. Imprécations et prières des paysans vésuviens ; leur amour de la montagne : récit du peintre Joseph de Nittis.

Pendant les périodes de repos, les anciennes issues des éruptions se sont bouchées avec les vieilles scories, la cendre délavée, la lave solidifiée. Il faut une expulsion violente de ces produits, pour que d'autres se fassent jour.

L'éruption commence presque toujours par des tremblements de terre plus ou moins violents, causés par le travail interne, « spasmes intérieurs, dit Poulett Scrope, semblables à ceux de la parturition chez les animaux ». Ce sont aussi des détonations violentes, comparées à celles d'une grosse artillerie et transmises parfois extrêmement loin.

La lave force son chemin et l'éruption commence, ordinairement avec une explosion qui semble fendre la montagne. Les matières qui obstruaient les con-

duits sont projetées verticalement à des hauteurs énormes, en blocs, en scories. Les jets rapides et réitérés auxquels sont soumises les substances, finissent par les réduire en cendres de plus en plus fines, qui restent en suspension dans l'air, mêlées aux nuages de vapeur brûlante.

Cette vapeur aqueuse s'élève en colonnes de milliers de mètres de hauteur et sillonnées d'éclairs, ainsi que le jet de matières solides. Bientôt l'épaississement de la vapeur, de la cendre, du sable répand l'obscurité sur le pays environnant, alors même que les matériaux liquides et incandescents sortent du volcan en fontaines de feu, que des gaz enflammés projettent des flammes au-dessus du cratère.

La lave s'épanche, par les issues qu'elle s'est ouvertes, soit à la lèvre inférieure du cratère, soit sur le flanc ou au pied de la montagne, cachée pendant le jour par la vapeur qui s'élève de sa surface et la nuit se montrant comme un fleuve d'un rouge blanc, qui s'assombrit à mesure que la surface se solidifie.

L'émission de la lave cesse ordinairement avant l'éruption, qui continue de se manifester par des explosions gazeuses, des jets de pierres et de cendre. C'est la cendre qui persiste le plus longtemps; mais à chaque éjection elle est lancée de moins en moins haut; elle retombe dans le cratère et en obstrue l'orifice, de même que les éboulements du cône qui se produisent presque toujours. Après les fortes éruptions ce cône se trouve donc tronqué et la partie supérieure devient un vaste abîme, en forme de chaudron : c'est la *caldeira*.

L'éruption terminée, il en reste des fumerolles qui s'échappent des coulées de lave ou du fond du cratère. Comme on le verra plus loin, c'est là l'origine des soufrières. Il se fait aussi des sources d'eau chaude contenant du soufre et de l'acide carbonique : ce sont les mofettes.

Avant d'entrer dans le détail de ces différents caractères de l'éruption, nous les observerons dans le volcan, pour nous le plus intéressant, et parce qu'il est en terre latine, et parce qu'il a toujours été minutieusement étudié, décrit, par les hommes les plus éminents. Nous le montrerons d'abord à son terrible réveil de l'an 79 et dans sa dernière grande éruption, celle de 1906.

Pour l'événement de 79, il est impossible de ne pas citer la fameuse lettre de Pline le Jeune, toujours invoquée, et qui raconte la fin de Pline le Naturaliste, dont on dirait aujourd'hui qu'il est mort au champ d'honneur :

« Il était à Misène et gouvernait en personne la flotte. Aux calendes de novembre, vers la septième heure, ma mère l'avertit qu'il paraissait une nuée d'une forme et d'une grandeur extraordinaires. Il étudiait alors, couché au soleil, selon sa coutume, après quoi il était dans l'usage de boire un peu d'eau froide, ce qu'il n'oublia point, même en cette occasion. Il se lève; il demande des souliers, et monte sur une hauteur d'où ce phénomène pouvait le mieux se considérer. La nuée partait d'une montagne, on n'eût su dire de laquelle dans l'éloignement, on connut par la suite que c'était du Vésuve. On n'en peut mieux comparer la forme qu'à un arbre, et parmi les arbres, qu'à un pin; car elle était comme soufflée de bas en haut, sous la figure d'un tronc excessivement prolongé, d'où se répandaient quelques rameaux. Cette forme venait, je pense, de ce qu'à la source, le jet du volcan s'élevait tout à coup, puis, s'affaiblissant, la faisait retomber avec lui ou l'abandonnait à son propre poids. Elle était blanche en certains endroits, en d'autres comme salie et couverte de taches, selon qu'en s'élevant elle s'était plus ou moins chargée de terre et de cendre. Habile comme il l'était dans ces matières, il jugea le fait d'importance et

digne d'être reconnu de plus près. Il commande qu'on lui prépare un vaisseau liburnien, et me dit que j'étais le maître de le suivre, si j'en avais envie. Je lui répondis que j'aimais mieux étudier. Au sortir de la maison, il reçoit un billet du commissaire de marine Retina qui, effrayé du danger imminent où il se trouvait (car sa maison de campagne était sous la nuée même, et l'on ne pouvait se sauver de là que par le moyen d'un vaisseau) le priait de le faire échapper à un si grand péril. Cela lui fait changer de dessein; et ses démarches, qui n'avaient d'abord pour guide que l'ardeur de s'instruire, prennent pour règle les sentiments d'une âme vraiment grande. Il fait mettre en mer les galères à quatre rangs; il y monte lui-même, non seulement pour secourir Retina, mais un grand nombre de personnes, toute cette côte étant très fréquentée à cause de son agrément. Le côté d'où il voit fuir les autres épouvantés est précisément celui où il s'empresse d'arriver : c'est là qu'il dirige sa course, poussant droit au danger, et dégagé de crainte, au point de dicter ou de noter lui-même toutes les variétés et toutes les figures de ce fatal prodige, au moment où il les remarquait. Déjà les vaisseaux se couvraient d'une cendre dont la densité et la chaleur augmentaient de plus en plus à mesure qu'on s'avançait : déjà ils étaient atteints de pierres blanches et criblées comme la ponce, et d'autres pierres de la nature du caillou, mais noircies, calcinées et mises en éclats par le feu. Déjà l'amas des matières tombées dans l'eau y formait un nouveau gué, déjà les ruines d'une partie de la montagne écroulée dans la mer leur opposaient un nouveau rivage. Il s'arrête un instant, incertain s'il ne virera point. Le pilote l'exhortait à prendre ce parti, mais Pline lui répond : « La fortune protège les gens de « cœur; mène-moi vers Pomponianus. » Celui-ci était à Stabies; il s'était retiré au fond du golfe que la mer

et les courbures du rivage forment en cet endroit. Là, à la vue du péril qui était encore éloigné, mais qui semblait s'approcher et croître d'heure en heure, il avait fait porter tout son bagage dans des vaisseaux, résolu de tenter la fuite par la mer, si le vent contraire venait à tomber. Pour mieux tromper les alarmes de Pomponianus par sa sécurité, Pline se fait porter au bain. Ensuite il soupe tout joyeux ou, ce qui n'indique pas une âme moins forte, il paraît tel que s'il avait eu de la joie. Cependant les flammes et les incendies du Vésuve se manifestaient au loin en plusieurs lieux de la montagne; leur éclat fulgurant surmontait les ténèbres de la nuit. Pour modérer les terreurs que causait un tel spectacle, mon oncle soutenait que ces flammes et ces incendies venaient uniquement de ce que le feu avait pris dans les maisons de quelques villageois que la peur avait fait fuir en désordre et sans laisser personne à la garde de leurs foyers. Tout en raisonnant ainsi, il s'abandonna au repos et s'endormit d'un sommeil très avéré, car ceux qui passaient auprès de la porte l'entendirent ronfler d'une manière très sonore, ce qui lui était assez ordinaire, vu l'ampleur de sa poitrine. Mais la cour qui conduisait à la salle à manger s'était couverte de cendres et de pierres criblées; le terrain s'en était élevé au point de boucher incessamment les issues des chambres : on l'éveille en sursaut, il s'avance et vient se rendre aux vœux de Pomponianus et de tous les autres qui n'avaient pu fermer l'œil. Ils se consultent en commun s'il est plus à propos de rester enfermés dans l'intérieur des murs, ou d'errer à l'aventure en plein champ; car de fortes et fréquentes secousses ébranlaient les toits : on eût dit qu'enlevés de leur assiette, ils allaient çà et là, étant comme dans une sorte de flux et de reflux perpétuels; d'autre part, en plein air, on avait à craindre la chute des pierres criblées, quelque légères et rongées qu'elles pussent

être. Cependant, en comparant les deux inconvénients, on choisit ce dernier. Au reste, chez lui la raison la plus forte l'emporta, et chez les autres la plus grande terreur. On se mit sur la tête des coussins bien serrés avec des bandes de linge pour se garantir de ce qui viendrait à tomber. Le jour était déjà levé ailleurs ; mais toute cette côte encore était dans la nuit la plus épaisse et la plus sombre que perçaient cependant un grand nombre de flambeaux et de lumières de toute espèce. On fut d'avis de s'avancer jusqu'au bord du rivage, et de voir le plus près possible ce que la mer permettait d'entreprendre ; car elle était encore également déserte et contraire. Lorsqu'il y fut arrivé, il trouva une voile jetée à terre, sur laquelle il s'étendit, et ayant demandé une seconde fois de l'eau froide, il en but. Ensuite la violence des flammes et l'odeur du soufre qui en fut l'avant-coureur mirent les autres en fuite. Quant à lui, elles le forcèrent à se lever en s'appuyant sur deux esclaves ; mais il retomba aussitôt, sa respiration ayant été, comme je le conjecture, interceptée par une vapeur épaisse... Le surlendemain du dernier jour qu'il avait vu luire, on trouva son corps entier sans aucune blessure, et vêtu comme on l'avait laissé. »

On sait que cette éruption de 79 détruisit les villes de Pompéi, de Stabies et d'Herculanum.

En avril 1905, le Vésuve manifesta une activité paroxysmale par l'édification, dans son cratère, profond de 80 mètres, d'un petit cône qui grandit si rapidement qu'en mai il dépassait d'une quinzaine de mètres les bords du premier cratère. Du 25 au 27 mai, à la suite de violentes détonations, accompagnées de projections intenses, une fissure s'ouvrit, à 1.245 mètres d'altitude, sur les flancs N.-N.-O. du volcan ; puis une autre se fit, à 1.180 mètres, plus près de la station du chemin de fer funiculaire. De ces fissures, la lave s'écoula sans interruption, jusqu'en avril 1906,

époque du plus grand paroxysme qui, le 4 avril, se manifesta par l'ouverture d'une nouvelle bouche, sur le flanc sud, à 1.200 mètres d'altitude, d'où s'échappa une coulée. De nouvelles fissures, donnant des torrents de lave, se formèrent les jours suivants. Bosco Trecase fut atteint. Le courant dévastateur s'arrêta à quelques mètres seulement du cimetière de Torre Annunziata. A l'exception de trois, les habitants eurent le temps de s'enfuir.

Le plus grand mal fut causé, le soir du 7, par les explosions du cratère, projetant à 2 kilomètres de hauteur des matériaux incandescents. Ces projections, accompagnées de détonations entendues jusqu'à Naples, semblaient continues et ressemblaient à des fontaines de feu. A minuit et demi, puis à 2 h. 40, détonations plus formidables encore et tremblements de terre ressentis tout autour du Vésuve. Ce fut alors qu'une énorme quantité de lapillis, couvrant un territoire ayant Ottajano pour centre, fit un grand nombre de victimes et des dégâts matériels considérables. L'affreux phénomène dura quelques heures, avec accompagnement de bruits formidables, de fréquentes explosions, de nuages de cendres faisant parfois l'obscurité complète, de condensation de vapeur d'eau entraînant la poussière et produisant des pluies de boue, de phénomènes électriques. Tel fut le paroxysme du 8 avril, qui mit plusieurs jours à se ralentir.

Les explosions modifièrent profondément l'aspect du Vésuve. D'abord, le petit cône de 1905 fut détruit; ensuite, ce fut le démantèlement du sommet de l'ancien cône, dans lequel fut creusée la profonde caldeira qui est le cratère actuel. M. Lacroix, qui en fit l'ascension le 3 mai, en donne cette description :

« Sa section est presque circulaire; elle mesure 640 mètres (N.-S.), 650 mètres (E.-O.). Sa profondeur paraît être d'au moins 300 mètres. Ses parois sont

presque verticales, sauf au voisinage de la surface, où elles constituent un talus fort raide, et à leur partie inférieure, où elles se terminent en entonnoir, dont le fond est en partie caché par des fumerolles.

« La crête, très ébouleuse et irrégulière, est généralement tailladée en sifflet à arête tranchante. Son altitude est très variable, suivant les points considérés; le côté le plus élevé se trouve au N.-O.; le plus bas consiste en une profonde entaille située au N.-E. et faisant face à l'arête de la Somma comprise entre la Punta di Nasone et Cognoli di Ottajano. D'après les mesures de M. de Loczy, la partie la plus élevée des bords du cratère est à 1.232 mètres. Si l'on admet l'altitude antérieure de 1.335 mètres, l'abaissement minimum du sommet de la montagne a donc été de 103 mètres. L'altitude de l'échancrure étant d'environ 1.155 mètres, l'abaissement maximum a été de 180 mètres. Il est à noter que ces dimensions se modifient chaque jour : le cratère s'agrandit, en effet, continuellement par l'écroulement de ses bords, même depuis qu'il ne se produit plus d'explosions. C'est par le même mécanisme que j'ai vu s'élargir rapidement la vieille caldeira de la Montagne Pelée.

« Notons enfin que les parois verticales montrent, dans d'admirables coupes, des alternances de lits de conglomérats ou de cendres et de coulées traversées par des filons verticaux ou obliques, qui caractérisent l'anatomie du volcan [1]. »

Cette description est à rapprocher de celle du cratère de 1822 décrit par Poulett Scrope :

« Le cratère, ou plutôt l'abîme laissé par cette éruption, ne fut que l'agrandissement local d'une énorme fissure ouverte à travers le cône, du N.-O. au S.-E.

1. *L'Éruption du Vésuve en avril 1906.* Extrait de la *Revue Générale des Sciences* des 30 octobre et 15 novembre 1906, pp. 38 et suiv.

La déchirure se prolonge à travers le cône entier sur le côté du S.-E., en faisant une profonde entaille dans l'arête du cratère. Cette entaille, quoique considérablement remplie par la quantité de scories et de matières évacuées, était encore de 500 pieds en dessous du bord de la coupe[1]. »

Et, plus explicitement, dans un Mémoire antérieur[2] : « J'ai eu l'insigne bonne fortune de voir, je dirais même d'observer de près la plus violente éruption qui, de mémoire d'homme, soit arrivée en Europe ; je veux parler de l'éruption du Vésuve en octobre 1822. Les explosions continuelles et rapides, trop rapides même pour être comptées, vomissant des colonnes de scories et de matières fragmentaires de plusieurs mille pieds de haut, durèrent pendant vingt jours, et au bout de ce temps il se trouva qu'elles avaient percé le noyau jusque-là solide de la montagne, d'un abîme circulaire abrupt de 4 kilomètres de tour et de plus de 1.000 pieds de profondeur ; quelques observateurs (entre autres M. Forbes) disent 2.000. »

Comme en 1906, la hauteur de la montagne se trouva diminuée, « de 600 pieds au moins ».

Nos lecteurs nous sauront gré de leur donner, pour achever cette peinture d'éruptions typiques, un passage d'un livre charmant, spirituel, émouvant et plein de jolies anecdotes, — où nous trouvons le côté humain (qui tient aussi une bonne place dans la lettre de Pline le Jeune).

Il s'agit de l'éruption de 1872.

Et d'abord ceci, parce que c'est irrévérencieux pour les savants :

1. POULETT SCROPE. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 163.

2. LE MÈME. Mémoire sur le *Mode de Formation des Cônes volcaniques et des Cratères*. Extrait du *Quartely journal of the geological Society*, trad. PIERAGGI. Paris, 1860, p. 52.

« A l'Observatoire, Palmieri demeurait en permanence depuis plusieurs semaines.

« Les guides, gens d'expérience, haussaient les épaules et secouaient la tête :

« — Don Peppino[1], voyez-vous, les savants!...
« Qu'est-ce qu'ils en connaissent, de la montagne? Elle
« est à nous, de bas en haut, de père en fils; elle nous
« a donné le pain et le macaroni, la belle montagne.
« Eux, les savants, ils écrivent, ils font des chiffres...
« et dites-le moi, vous, don Peppino, ce que les
« numéros ont à voir là-dedans? Voyez-vous, le
« Vésuve, c'est la *caldaja* (chaudière). Mettez votre
« oreille par terre... là... Entendez-vous comme elle
« bouillonne, la lave? Et ça monte! Au bord, il faudra
« bien que ça éclate peut-être? Pas besoin d'*osserva-*
« *toire*, allez, pour deviner ça... »

Puis ce passage si plein de fine observation :

« — Alerte, Peppino! la montagne flambe!

« En un instant je fus prêt. Nous montâmes lestement le Vico Cecere et la route Nationale.

« La rouge lueur incendiait la terre et le ciel, malgré la dense fumée. Des femmes éperdues, les cheveux épars, soufletaient leur propre visage.

« — Ah! saint Janvier! Nous sommes morts! Nous!
« Et les autres! Et aussi les petits, et les vieux encore!
« San Gennaro, qu'est-ce que nous t'avons fait? Man-
« que-t-il de cierges à ta chapelle? N'avons-nous pas
« prié sur les genoux et baisé la terre en gardant sur
« nos lèvres la poussière de lave? Oh! porco de saint
« Janvier, tu fais méchamment. Quand il te plaît, tu
« peux bien arrêter cette mer de feu; dans les temps
« passés tu le fis bien voir. Viens vite, accours sur
« ton grand cheval en or. »

« La montagne crépitait. La lave dévorait tout sur son passage. A distance la chaleur desséchait les arbres:

1. « Don Peppino », c'est le peintre Joseph de Nittis.

Ils faisaient *pffff*, puis flambaient comme des allumettes.

« Nous allions devant nous, par les chemins âpres des scories anciennes. Les familles fuyaient avec des fardeaux, traînant des grappes de vieillards et d'enfants, criant l'appel à la Madone, et plus encore qu'à la Madone, à saint Janvier [1].

« L'aube éclaira l'immense désastre.

« Il fallait partir. J'allai retenir un carrosse qu'on plaça chez moi, dans le *cortile ;* puis, le portail fermé, je fis une étude.

« La foule fuyait toujours ; on emportait même les mourants. Le grand jour était venu, lourd de soleil ardent, et ce qu'on entendait c'était le hurlement immense d'un peuple qui s'unissait au grondement de la montagne.

« Un cri d'épouvante domina soudain tous les bruits :

« — Le pin ! »

« Le pin, c'est le fléau prompt comme le vent et le nuage qui, en s'éparpillant, couvrit Pompéi pour des siècles. Un peu de brise et nous n'avions plus le temps matériel de fuir...

« Pendant huit jours on oublia la clarté du ciel. Ce fut le déluge des cendres avec le grondement ininterrompu du cratère. Des hauteurs on voyait le fleuve de feu toujours alimenté, la ville muette et sombre. Ce fut un temps de cataclysme pareil à la fin du monde.

« Cela dura huit jours.

« Le onzième commença l'accalmie... Rien ne restait plus des choses passées.

« Et pourtant...

« L'amour de la montagne est si tenace au cœur des Vésuviens (cet amour qui fit rebâtir sept fois Torre del Greco, la riche ville sept fois engloutie) que

1. Voyez le frontispice du présent volume.

les habitants revenaient déjà tous, avec leurs matelas, les montants de fer et les planches des lits.

« Ils gémissaient. Ils parlaient à la montagne comme à une créature vivante, aimée, par qui l'on a souffert, à qui l'on offre le pardon.

« — Ah! pauvre de nous! Comme elle a fait des « siennes, la montagne, la belle montagne! Ah! ma- « donna mienne! Seigneur du ciel! c'est donc pour « nos péchés! Montagne chère! Montagne belle! ah! « Montagne méchante! Hâte-toi de faire refleurir les « figuiers que nous allons planter... Elle est comme « ça... Mais si vous mettez un brin de figuier dans un « trou, vite il y pousse un arbre... Nous te pardon- « nerons, pauvre de nous[1]! »

1. *Notes et souvenirs du peintre* JOSEPH DE NITTIS, pp. 91 et suiv., 1 vol. in-8°. Paris, 1895.

CHAPITRE III

APPARITION ET RÉVEIL DES VOLCANS

SOMMAIRE. — Volcans en éruption permanente. — Volcans à éruptions fréquentes. — Volcans à éruptions rares. — Volcans considérés comme éteints, qui se réveillent : le Timboro, le Ceboruco. — Volcans nouveaux : le Monte-Nuovo (1538). Le Jorullo (1759) : histoire de son apparition par Humboldt. Le Malpais et les Hornitos. Le nouveau volcan de Léon, dans l'Amérique Centrale (1850).

Ordinairement les éruptions volcaniques se déclarent sur des points de la surface du sol où maints caractères démontrent que des éruptions ont déjà eu lieu. Telles sont la surface de l'Etna ou celle du Vésuve. Les nouveaux produits viennent s'associer à des produits antérieurs dont la sortie a certainement été accompagnée des mêmes incidents qui caractérisent les éruptions actuelles.

Volcans en éruption permanente. — Quelques volcans sont en éruption permanente. Le plus célèbre pour nous est le Stromboli, dans les îles Lipari, en activité depuis la plus haute antiquité. Il y a aussi le Sangay, dans l'Amérique du Sud, dont l'éruption ne s'est pas interrompue depuis 1770; l'Isalco, sur la côte occidentale de l'Amérique centrale, depuis 1728, etc.

Volcans à éruptions fréquentes. — Il y a des volcans dont les éruptions sont fréquentes et en première ligne on doit citer le Vésuve dont on compte depuis 79,

date de son réveil, trente-quatre paroxysmes désastreux. Quant aux petites éruptions, elles sont vraiment innombrables. L'Etna fut en activité fréquente durant les quatre siècles qui ont précédé l'ère chrétienne. Puis il semble qu'il y eut dix siècles de tranquillité. Et depuis, c'est une activité modérée, avec, de temps à autre, de violents paroxysmes. Au siècle dernier, il y eut de grandes éruptions les années 1805, 1809, 1811-1812, 1819, 1831, 1852, 1855.

Volcans à éruptions rares. — Ailleurs, les éruptions ne se produisent qu'à de très longs intervalles, par exemple à Santorin. Il y a dans l'Amérique du Sud et dans l'Asie orientale des volcans qui n'ont guère plus d'une éruption par siècle. Au XVIIIe siècle, le volcan de l'île Bourbon émit de la lave avec une grande régularité, environ deux fois par an. Il en est résulté, sur le parcours de ces courants, une région désolée, appelée le Pays Brûlé.

Assez souvent, des volcans considérés comme éteints se réveillent : l'exemple le plus fameux est celui du Vésuve. Le Timboro, situé dans la petite île de Subava, dans l'archipel au S.-E. de l'Asie, n'avait point donné signe de vie depuis la découverte de l'île. Il se réveilla en 1815 par une éruption épouvantable, qui dura quatre ans. Le Ceboruco, au Mexique, n'était pas compté parmi les volcans. Il fit connaître sa nature en 1870, par une éruption formidable.

Il semble, d'ailleurs, que, plus le repos a été long, plus l'éruption est violente. Les explosions du Timboro étaient ressenties à des distances considérables: à Java, à une distance de 2.250 kilomètres, la pluie de cendres, l'ébranlement du sol étaient si intenses que les habitants crurent à l'éruption de leurs propres volcans.

Volcans nouveaux. — Il arrive aussi qu'un volcan nouveau se déclare dans un point où des éruptions

n'ont pas eu lieu précédemment et, par exemple, dans les plaines où il n'y a pas de montagnes ignivomes. Il est bien intéressant de rappeler que cette circonstance de la naissance de volcans nouveaux s'est offerte à l'observation de l'homme à diverses reprises.

Ainsi, le 28 septembre 1538, non loin de Pouzzoles, en pleins Champs Phlégréens, à l'ouest de Naples, au milieu d'explosions bruyantes et dans une nuit opaque, il s'édifia un cône de 130 mètres qui a conservé jusqu'à nos jours le nom de Monte Nuovo. Dès le 3 octobre, on put gravir ce sommet à peine sorti de terre et, le 6 du même mois, plusieurs personnes périrent en voulant trop s'avancer sur le bord du cratère.

En 1759, en Nouvelle-Espagne (Mexique), ce fut l'éruption soudaine du Jorullo qu'il faut raconter avec le texte même de Humboldt [1], bien qu'il mêle à son récit sa théorie du soulèvement et son opinion quant aux *hornitos* depuis longtemps démontrées fausses.

« L'existence de ce volcan, dit-il, dont j'ai le premier fait connaître la topographie fondée sur des mesures certaines, est, par sa position entre les deux volcans de Toluca et de Colima, et par son apparition soudaine sur la grande faille qui s'étend de l'océan Atlantique à la mer du Sud, un fait d'une grande importance géognostique; aussi a-t-il été l'objet de nombreux débats.

« En suivant la puissante coulée de lave sortie du Jorullo, j'ai réussi à pénétrer dans l'intérieur du cratère et à y établir mes instruments. Le soulèvement se produisit dans la nuit du 28 au 29 septembre 1759, au milieu d'une vaste plaine de l'ancienne province de Michuacan, séparée du volcan le plus rapproché par plus de 30 milles géographiques, et fut précédée par un bruit souterrain qui se fit entendre à partir

1. *Cosmos*, trad. GALUSKY. Paris, 1859, IV, pp. 335 et suiv.

du 29 juin, c'est-à-dire pendant deux mois entiers. Ce bruit différait des singuliers bramidos que l'on entendit à Guanaxato au mois de janvier 1784, en ce que, comme cela d'ailleurs est le cas habituel, il était accompagné de tremblements de terre, dont la ville aux riches mines d'argent ne ressentit aucune atteinte. Le soulèvement du nouveau volcan eut lieu à trois heures du matin, et s'annonça la veille par un phénomène qui d'ordinaire marque la fin et non le commencement des éruptions. A l'endroit où s'élève actuellement le Jorullo, existait autrefois un bois épais de goyaviers, fort aimé des indigènes pour la douceur de ses fruits. Des hommes qui travaillaient aux champs de cannes à sucre de la Haciénda de San Pedro Jorullo, propriété de Don Andres Pimentel, étaient allés cueillir des goyaves. Lorsqu'ils revinrent à la métairie, on remarqua avec surprise que leurs larges chapeaux de paille étaient couverts de cendres volcaniques. Des crevasses s'étaient donc ouvertes dans ce que l'on appelle aujourd'hui le Malpais, vraisemblablement au pied de la haute coupole de basalte nommée el Cuiche, et avaient déjà rejeté des cendres ou lapilli, avant que rien parût changé dans la plaine.

« Dans les premières heures de la nuit, la cendre noire formait déjà une couche d'un pied de haut. Tout le monde se réfugia sur les hauteurs d'Aguasarco, petit village indien, situé 2.160 pieds au-dessus du plateau de Jorullo. De là on vit, telle est du moins la tradition, une vaste étendue du pays en proie à une effroyable éruption de flammes, et au milieu de ces flammes apparut, comme un château noir (*Castello negro*), une butte immense et sans forme (*Bulto grande*), suivant les expressions de témoins oculaires. A cette époque où le coton et l'indigo étaient cultivés sur une très petite échelle, la contrée n'était guère peuplée; aussi n'y eut-il pas mort d'homme,

malgré la violence et la durée du tremblement de terre... En fuyant précipitamment au milieu des ténèbres, les habitants de la Hacienda de Jorullo avaient oublié un esclave sourd-muet. Un métis eut l'humanité de retourner, et put le sauver avant que l'habitation s'écroulât. Aujourd'hui encore on raconte qu'on trouva cet homme, un cierge bénit dans la main, agenouillé devant l'image de *Nuestra Señora de Guadalupe* ».

Humboldt ajoute, et c'est ici qu'il rencontre de graves objections :

« Tous les témoins oculaires racontent qu'avant l'apparition de la terrible montagne, les secousses et les bruits souterrains acquirent plus de fréquence, et que le jour même où se produisit le grand phénomène, on vit la surface du sol se dresser perpendiculairement. Toute la plaine se tuméfia, et forma des vessies, dont la plus grande est devenue le Jorullo. Ces sortes de bulles de dimensions très différentes, et en général d'une forme conique assez régulière, crevèrent plus tard, et vomirent une vase bouillonnante, ainsi que des masses de pierres scorifiées, qui se retrouvent encore à d'énormes distances, recouvertes de masses de pierres noires...[1].

« Le volcan de Jorullo et les cinq autres montagnes qui ont surgi en même temps sur la même faille sont situés de telle sorte qu'ils n'ont à l'est qu'une petite partie du Malpais[2]. Aussi le nombre des Hornitos est-il beaucoup plus considérable à l'ouest ; et lorsque le matin de bonne heure je sortais de la case indienne où j'avais passé la nuit, ou que je montais sur le Cerro del Mirador, je voyais le volcan noir se détacher d'une manière très pittoresque au-dessus des innombrables colonnes de fumée qui s'élevaient des Hornitos...[3].

1. *Loc. cit.*, p. 338.
2. Mauvais pays.
3. *Loc. cit.*, p. 341.

« Des milliers de petits cònes d'éruption, semés assez régulièrement sur la surface du Malpais, et qui ressemblent à des fours de boulangers, les uns plus arrondis, les autres plus allongés, ont en moyenne une hauteur de 4 à 9 pieds... Chacun de ces innombrables Hornitos est formé de sphères basaltiques d'ou se détachent des écailles concentriques. J'ai pu souvent compter vingt-quatre et même vingt-huit de ces écailles. Les globes sont un peu aplatis comme des sphéroïdes. Le plus grand nombre ont de 15 à 18 pouces de diamètre; il y en a pourtant dont le diamètre n'a qu'un pied, d'autres dans lesquels il y en a trois... [1].

« En 1780, on pouvait encore allumer des cigares, en les attachant au bout d'un bâton, et en les enfonçant de 2 ou 3 pouces; en quelques endroits même, l'air était si échaûffé par le voisinage des Hornitos, que l'on était forcé de faire des détours pour se rendre au but que l'on voulait atteindre. Malgré le refroidissement que, d'après les Indiens, la contrée a subi depuis vingt ans, j'ai trouvé le plus souvent dans les crevasses des Hornitos 93 et 95 degrés centigrades. Les vapeurs, faiblement imprégnées d'acide sulfurique, dépouillaient de leurs couleurs des bandes de papier réactif, et quelques heures après le lever du soleil, s'élevaient visiblement jusqu'à 60 pieds de hauteur [2]. »

Le 11 avril 1850, on assista de même dans la plaine de Léon, aux environs de Las Pilas, dans l'Amérique centrale, à la production d'une nouvelle montagne volcanique qui, le 14 novembre 1867, a été avoisinée par une production très analogue. D'abord, on entendit de Léon, qui est à 32 kilomètres de distance, une série d'explosions, puis on constata l'ouverture dans

1. *Loc. cit.*, p. 342.
2. *Loc. cit.*, p. 344.

le sol d'une fente de 800 mètres de longueur. Cette fente passe à peu près à égale distance du volcan de Las Pilas et du volcan d'Orota, dont l'origine remonte à une époque inconnue. Avant le lever du soleil, on vit des flammes sortir de cette crevasse et l'on entendit un grondement souterrain interrompu seulement de temps en temps par une violente explosion. Quelques jours après, deux cratères s'ouvraient sur la crevasse, à 300 mètres l'un de l'autre. Le plus méridional lançait ses projections verticalement; l'autre, sous un angle de 45°. Dès le 29, le voyageur Dickerson visita la région et reconnut que le cratère principal avait 60 mètres de diamètre. Le pays aux alentours était couvert de cendres sur un rayon de 80 kilomètres.

Nous verrons dans le chapitre : *Géographie volcanique*, bien d'autres exemples de cette formation contemporaine de volcans.

CHAPITRE IV

LA VULCANOLOGIE

Sommaire. — Ancienneté de l'étude des volcans. — Sociétés et observatoires vulcanologiques. — Histoire de l'Observatoire du Vésuve. — Courage des observateurs : Palmieri, Matteucci. — Les instruments, le laboratoire, la bibliothèque de l'Observatoire. — L'Observatoire de l'Etna.

Sociétés et Observatoires vulcanologiques. — Il y a bien longtemps que l'observation et l'étude des volcans a attiré l'attention passionnée des spécialistes séduits par la solution d'un merveilleux problème. Peu à peu, ce genre d'études a pris les apparences d'une science distincte, la Vulcanologie, qui a maintenant à sa disposition des moyens d'action très étendus. Des Sociétés vulcanologiques existent en plusieurs pays, et spécialement en Italie, et elles publient des mémoires qui sont déjà une source de documents précieux [1]. Il existe des observatoires spéciaux, installés dans les régions volcaniques, et des savants se condamnent à y séjourner d'une manière constante, afin de ne pas manquer une éruption, quelque inopinée qu'elle puisse être. On sent tout de suite à quel degré de dévouement à la science il faut s'être élevé pour assumer la responsabilité de diriger de semblables établissements ; à quelle grandeur d'héroïsme il faut être prêt, pour braver les périls toujours renou-

1. Par exemple, le *Bolletino del Vulcanismo italiano*. Rome.

velés des manifestations volcaniques; pour accepter parfois la réclusion qui peut être longue, la séparation du reste du monde dont vous isolent les coulées de lave et les pluies de cendres ! Il y a quelques années, M. Matteucci nous donnait un exemple de cette abnégation.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler que l'Observatoire du Vésuve a une origine à laquelle la France est loin d'être étrangère. Il faut, en effet, la rattacher à la visite que le roi des Deux-Siciles, Ferdinand II de Bourbon, fit en 1846 à l'Observatoire astronomique de Paris, dont François Arago était le directeur. Ce grand homme, comme chacun le sait, était un grand cœur : il songea à tirer parti de la visite du roi, non pour lui-même, cela va sans dire, mais en faveur de Macedonio Melloni, un physicien qui s'était consacré à des études que, de son côté, Arago a poursuivies avec grand succès. Malheureusement Melloni s'était jeté dans des luttes politiques et avait été exilé de sa patrie. Arago fut si éloquent auprès du roi que Melloni rentra en grâce : non seulement l'arrêt de proscription fut rapporté, mais le banni reçut deux cents ducats par mois avec le titre de directeur de l'Observatoire du Vésuve, qui n'était pas terminé encore, mais dont Arago avait démontré la future utilité.

L'édifice fut achevé en 1847. Melloni ne sut pas en jouir longtemps. Il se laissa de nouveau aller à la lutte des partis et fut exilé une seconde fois. L'Observatoire lui-même partagea sa disgrâce et allait passer à l'état d'auberge pour les touristes, lorsque le météorologiste Luigi Palmieri obtint l'autorisation d'y poursuivre des recherches sur l'électricité atmosphérique. En 1856, ce savant reçut le titre de directeur de l'établissement, succédant à Melloni, mort en 1854, et il fit des travaux de la plus grande valeur. Il y montra les qualités dont je parlais. Lors de

l'éruption de 1872 il recueillit de précieuses observations, en dépit du scepticisme des guides dont parle Joseph de Nittis.

Les gens de Naples ne semblèrent pas, d'abord, cette année-là, avoir une idée nette du danger, car une foule de curieux partirent de la ville, la nuit, et firent l'ascension du cône pour assister au phénomène. Mal leur en prit, car, à trois heures du matin, une explosion extrêmement violente se produisit : deux cratères nouveaux s'ouvrirent à la cime du volcan ; des pierres furent lancées à 1.300 mètres de hauteur et les cendres allèrent pleuvoir jusqu'à Cozensa en Calabre à près de 240 kilomètres de distance. De nombreux spectateurs, surpris par la coulée, furent ensevelis sous la lave...

L'Observatoire fut enserré entre deux bras de feu : mais Palmieri resta à son poste.

Il garda ses fonctions jusqu'en septembre 1896 et fut alors remplacé par Eugène Semnola, auquel succéda le directeur actuel, M. Matteucci.

Quand on fait l'ascension du Vésuve en partant de Résina, on est séduit par la vue de l'élégant édifice scientifique construit à 637 mètres au-dessus du niveau de la mer et qui n'est éloigné du sommet de l'Ottajano que de 2 kilomètres environ. On a eu soin de l'établir dans un repli de l'Atrio del Cavallo qui est désigné sous le nom de Col des Cantoreni et qui lui procure une sorte d'abri contre les projections du cratère. Ce repli, d'ailleurs, a presque été comblé par des coulées de lave dont quelques-unes sont venues s'arrêter au pied du monticule que couronne l'Observatoire.

La visite de l'Observatoire est des plus intéressantes : on y trouve à côté de tout le matériel des établissements météorologiques, la légion des instruments spécialement affectés à l'étude des volcans, des séismographes de tous genres, des microphones, des magnétomètres, des spectroscopes et un outillage

chimique très complet. L'analyse des produits volcaniques est évidemment une des branches les plus nécessaires des recherches qui s'y poursuivent.

On admire aussi la bibliothèque où se sont donné rendez-vous tous les ouvrages publiés sur les volcans en général et sur le Vésuve en particulier et dont le catalogue est maintenant considérable.

Un observatoire analogue a été construit à Catane pour l'Etna; il est bien à désirer que chaque grand volcan soit prochainement pourvu d'un établissement du même genre.

CHAPITRE V

LES DÉTAILS DE L'ÉRUPTION VOLCANIQUE

SOMMAIRE. — *Séismes volcaniques.* La région de l'Etna. Observations du professeur Silvestri, de Catane. Crevasses volcaniques : une montagne qui se fend du haut au bas. — *Détonations volcaniques.* On les entend à d'énormes distances. Les bruits du Stromboli, décrits par Spallanzani. Les bruits de la Montagne Pelée. Etude des bruits à l'aide du microphone. — Conduction des ondes volcaniques par l'atmosphère et par l'eau. L'écroulement et la *titubation* des édifices, d'après un observateur de l'éruption du Vésuve en 1737. Effets de l'explosion d'une poudrière en 1871. Trajet des ondes atmosphériques après les explosions. — *Projection des cendres et des lapilli.* Hauteur de la colonne projetée. Le *Pin.* Un voyageur français sous une pluie de lapilli au Japon (éruption du Kirishima 1890). Les nuées ardentes de la Montagne Pelée. Vitesse et température des nuées ardentes. — Cendres en suspension dans l'atmosphère ; les crépuscules rouges. Eruptions de boue : le mont Kloet (1863). — *L'orage volcanique.* — *Gisement des lapilli et des cendres.* Edification du cône volcanique. Comment Pompéi fut ensevelie. Abondance des cendres. Effets de neige sur le Vésuve dus à la cendre blanche. Action des pluies sur la cendre. Etendues énormes recouvertes par les cendres. Inondations volcaniques. — *Ecoulement des laves.* La lave dans le cratère : Spallanzani l'observe au Stromboli. La lave du Kilauea : mer de feu ; jets immenses ; splendeur du spectacle (Lettres des Rév. Gulik et Titus Coan). Émission de la lave. Abondance de ses coulées en Islande. Courants de lave au Vésuve en 1905-1906. Cascades de lave. Faible conductibilité calorifique de la lave. Bizarreries de certains accidents. Sortie de lave solide formant l'aiguille de la Montagne Pelée. La lave dans la mer ; les ichthyolithes du Monte Bolca. — *Gaz des volcans.* Les flammes et les fumées des cratères. Stromboli et Kilauea. Les gaz des laves. Manière de les recueillir. Leur

composition. La vapeur d'eau. Son aspect et sa pression dans une grande éruption (Vésuve 1822). Calculs sur la force explosive de la vapeur d'eau. Divers types d'explosions volcaniques.

1° **Séismes volcaniques**. — Personne ne conteste que les régions volcaniques soient spécialement exposées aux tremblements de terre, — ce qui ne veut pas dire que les deux phénomènes éruptif et séismique soient *indissolublement liés entre eux*. Il est facile, d'ailleurs, de concevoir, et on aurait prévu, que le sol crevassé par les travaux volcaniques doit subir fréquemment des tassements internes et d'autres déplacements produisant fatalement tous les effets superficiels des séismes *proprement* dits. On a essayé de définir une catégorie de tremblements de terre volcaniques, mais il va sans dire que cette catégorie ne se distingue pas absolument de l'autre (tremblement de terre tectonique) et se soude, en certaines circonstances, très intimement avec elle.

Par exemple, la région de l'Etna est fréquemment secouée de tremblements de terre remarquables avant tout par le peu d'étendue de la surface sur laquelle *ils sévissent*, et l'on reconnaît, avec certitude, que ces séismes sont distribués le long d'une ligne enveloppant le cratère, ou, plus exactement, circonscrivant la vaste région volcanique dont l'Etna est l'élément le plus visible et dont le centre est au voisinage des îles Lipari. Ed. Suess donne d'intéressants détails à ce sujet, qui a été étudié plus récemment par plusieurs observateurs.

Le tromomètre, que nous avons décrit à propos des tremblements de terre, procure, dans le voisinage des volcans, des indications précieuses. Le professeur Silvestri, de l'Observatoire de Catane, a publié, à cet égard, une série de tableaux concernant l'éruption de l'Etna, le 22 mars 1883. On y vit l'ins-

trument en branle plusieurs jours déjà avant le phénomène. Les vibrations microscopiques commencèrent par une espèce de frémissement, puis elles s'accentuèrent et, peu à peu, devinrent presque continues : c'est le moment où l'éruption allait avoir lieu. Ensuite, on constata de temps à autre des paroxysmes et ensuite des périodes toujours courtes de repos apparent. Il faut noter que, pendant l'éruption même, le calme caractérise l'allure du pendule. Mais la cessation du flux de lave se signale par des vibrations qui coïncident avec les dernières poussées gazeuses.

Dans l'Amérique Centrale, un très violent tremblement de terre, éprouvé à partir du 19 décembre 1862, pendant plusieurs semaines successivement, sembla avoir eu pour foyer d'origine une bande très notable du sol portant les volcans célèbres d'Isalco, de Fuego et d'Attitlan[1].

Le géologue américain Dutton a admis la supposition de grandes cavités souterraines, qu'il a qualifiées de *maculas* et dans lesquelles peuvent s'écrouler des fragments parfois volumineux de l'écorce terrestre. Il serait facile de concevoir que le phénomène volcanique lui-même donnât antérieurement naissance à ces vides, justement par la projection au dehors des masses de matériaux qui constituent l'éruption. A cet égard, on pourrait faire état du peu de développement superficiel de ce genre de séismes et de leur échelonnement constaté le long de cassures du sol disposées concentriquement au foyer éruptif. Peut-être est-ce le cas pour le célèbre tremblement de la Calabre en 1783. Parfois, au contraire, les choses se passent comme si la montagne volcanique était traversée par une ou plusieurs géoclases rectilignes et radiales d'où partiraient les secousses, et c'est ainsi

1. SUESS. *La Face de la Terre*, I, p. 123, d'après J.-A. LIZARZABURU ; *Gaceta de Guatemala*, 1862.

que M. Silvestri émit l'hypothèse d'une crevasse recoupant au sud-ouest et au nord-est tout le massif de l'Etna.

Au séisme volcanique peuvent se rattacher les crevasses ouvertes dans le sol par l'éruption elle-même. Le 26 octobre, le mont Saint-Augustin, dans l'île de Cook's Sond (Alaska), se fendit du haut en bas en deux parties. La partie supérieure du fragment septentrional s'abîma dans la mer et donna lieu à une grande vague qui, vingt-cinq minutes plus tard, arriva à Port Graham, situé à l'extrémité sud-est de la baie.

2° **Détonations volcaniques.** — Un des faits les plus constants de la plupart des éruptions volcaniques, c'est la violence des détonations. Ainsi, les explosions du Krakatau (27 août 1883) furent distinctement entendues à Ceylan, en Birmanie, dans le Cambodge, à Doreh, en Nouvelle-Guinée, à Pesth, sur la côte occidentale de l'Australie; en résumé, sur toute la surface d'un cercle décrit de Krakatau comme centre avec un rayon de 30 degrés, soit 3.333 kilomètres.

En mai 1900, le bruit des explosions du Vésuve était tel qu'il a été nettement entendu dans toute la *Campania felice.*

M. Matteucci a écrit : « Je me suis tenu sur le Vésuve pendant trois jours consécutifs, du 11 au 13 mai 1900. Le 13, dans la matinée, on remarquait seulement une violente émission de vapeurs; mais vers midi, les explosions recommencèrent et devinrent bientôt d'une intensité extraordinaire. Du bord du cratère, j'en suivais parfaitement le mécanisme, lorsque je fus surpris par une explosion formidable qui fit pleuvoir, autour de moi, des myriades de blocs et de scories incandescentes auxquels je n'échappai que par miracle. Parmi les phénomènes les plus

importants, j'ai noté l'incandescence complète du cratère et la multitude de bombes explosives qui éclataient en l'air pendant leur course. C'était un spectacle merveilleux[1]. »

M. Albert Brun visitant le Vésuve en septembre 1904, moment d'une éruption grave, écrit : « On distingue très bien l'explosion claire et vibrante de l'inflammation de l'hydrogène ». Et il ajoute : « Lorsque l'inflammation a lieu un peu profondément dans la cheminée le bruit est plus sourd. Il y a, en outre, le bruit de la détente des gaz inertes, vent très violent, continu, faisant rafale et d'une sonorité particulière[2]. »

« Spallanzani, qui a visité le Stromboli en août 1788, en a noté les bruits[3] : « En arrivant dans l'île, j'avais choisi mon logement dans une maisonnette située au nord et à un demi-mille de la mer, à deux du volcan... Les plus fortes explosions ressemblaient à celles d'une grosse mine qui jouerait mal, parce qu'elle aurait été en partie éventée. Chaque coup ébranlait mon habitation, et la secousse était proportionnée au bruit, non que la terre tremblât; mais cette secousse avait sa cause dans la réaction de l'air, rompu subitement par les tourbillons de feu. C'est ainsi qu'un coup de canon fait trembler les fenêtres des maisons voisines et, quelquefois, les maisons elles-mêmes.

« Dans la matinée... la cime de la montagne était couverte d'un chapeau de fumée qui descendait plus bas encore que la veille. Les phénomènes étaient pourtant les mêmes; mais le volcan paraissait plus courroucé ; son murmure était plus continu, plus profond » ; Spallanzani fit ensuite l'ascension de la mon-

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXXXI, p. 964, 1900.

2. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. XVII, nov. 1904, Genève.

3. *Voyage dans les Deux-Siciles*, trad. Toscan. Paris, an VII, t. II, pp. 4 et suiv.

tagne, observa de près le cratère, et constata que les explosions n'avaient point des intermittences régulières, comme on l'avait dit.

On entend aussi, dans les volcans, des grondements sourds, des contre-coups de chocs donnant l'idée de blocs tombant dans des matières molles.

En prêtant une attention plus grande, on saisit des bruissements très faibles, comme une sorte de halètement.

« La sortie d'une nuée ardente, dit M. Lacroix, était accompagnée par un sourd grondement dû à la production dans l'ouverture provisoire par laquelle devait se faire l'émission et l'écoulement des matériaux solides arrachés ainsi à la carapace du dôme. Ce grondement était parfois très nettement perceptible à 10 kilomètres du cratère, au sud-ouest de celui-ci; il était rarement isolé... Ces grondements nous tenaient en éveil à l'Observatoire, et c'est en partie grâce à eux que, pendant nos cinq mois d'observation, nous avons pu nous trouver à point pour assister à la sortie de presque toutes les nuées importantes... »[1]

Dès qu'on eût reçu d'Amérique la description du premier microphone, — c'était en 1878, — le professeur de Rossi transforma le nouvel appareil en un ausculteur endogène et l'appliqua à l'étude des bruits souterrains d'origine séismo-volcanique[2].

Les premières expériences furent disposées dans une grotte souterraine, située à Rocca di Papa et l'auteur nota attentivement les diverses catégories de sons observés. Ces catégories sont au nombre de cinq : roulements, crépitements, frémissements, détonations isolées et sons métalliques dits sons de cloche. Ces trois dernières variétés sont spécialement

1. *La Montagne Pelée et ses éruptions*. 1 vol. in-4°, Paris, 1904.
2. *Il icrofono nella meteorologia endogena*. Rome, 1878.

attribuables aux phénomènes souterrains, tandis que les deux premières doivent avoir des origines superficielles et peuvent être reproduites artificiellement.

Transporté à la solfatare de Pouzzolles, le microphone a donné de forts frémissements accompagnés de détonations (dites coups de mousqueterie), de sifflements, de souffles et de bruits semblables à celui que donne un frein sur les roues d'une voiture. L'auteur a réussi à reproduire tous les bruits entendus à la solfatare en plaçant le microphone sur un vase clos dans lequel on faisait bouillir de l'eau.

En comparant au Vésuve les observations faites simultanément au séismographe et au microphone, M. de Rossi a reconnu que les agitations des deux instruments se correspondent. En outre, à chaque qualité de mouvement séismique correspond un même son microphonique : les secousses verticales correspondent communément aux coups de mousqueterie, les horizontales aux frémissements.

3° **Conduction des ondes volcaniques par l'atmosphère et par l'eau.** — La commotion déterminée par l'éruption volcanique apporte une perturbation profonde dans l'équilibre des fluides (océan et atmosphère) qui en éprouvent le contre-coup.

Par exemple, les détonations volcaniques ont fréquemment déterminé des poussées de vent sous lesquelles les fenêtres et les portes se sont violemment ouvertes et auxquelles, parfois, des constructions n'ont pu résister, de sorte qu'on a attribué la ruine à un tremblement de terre. La preuve la plus nette de leur vraie nature, c'est que le choc d'air parvient en même temps que le bruit.

1. *Histoire du Mont Vésuve avec l'explication des phénomènes qui ont coutume d'accompagner les embrasements de cette montagne*, le tout traduit de l'italien de l'Académie des Sciences de Naples, par M. Duperron de Casterra. Paris, 1741, in-18.

On trouvera une bonne description du phénomène dont il s'agit dans un curieux ouvrage relatif à l'éruption dont le Vésuve fut le théâtre en 1737. « Une chose très remarquable au plus fort de notre dernier incendie, c'est la détonation qu'on entendait assez souvent éclater dans le bassin de la montagne, surtout le Lundy vingtième de May. Alors on voyait crouler les édifices les plus fermes, non seulement dans Naples où leur *titubation* était affreuse, mais encore à la distance de quinze milles et même plus loin. A l'égard de cette *titubation* que l'on pourrait prendre pour l'effet d'un tremblement de Terre, nous devons observer qu'elle n'était causée ni par les secousses de la montagne, ni par les secousses des cantons voisins. C'est une vérité dont nous avons des preuves très sûres. Quelle était donc la cause d'une titubation si formidable? C'était l'air rompu par de nouveaux jets d'un feu très violent qui s'allumait d'heure en heure, comme on voit la poudre à canon s'enflammer et pétiller toujours avec un surcroît d'impétuosité lorsqu'à diverses reprises on en jette dans un brasier bien rouge. L'argument qui prouve que telle était la vraie cause du fait en question, c'est que dans la plus grande fureur de l'incendie, nous avons observé de Naples que la détonation du Vésuve et la secousse des maisons arrivaient toujours au même instant; mais que l'une et l'autre ne suivaient qu'après quelque intervalle ces violents jets de feu dont nous venons de parler et dont nos yeux étaient témoins. »

J'ai pour mon compte assisté en 1871 à des effets qui, bien que dérivant d'une cause artificielle, coïncident avec les précédents et en confirment l'explication. J'étais dans un appartement de la rue de Vaugirard, au coin de la rue Madame, au moment où fit explosion la poudrière du Luxembourg. La poussée du vent fut si violente que la fenêtre s'ouvrit toute grande et qu'une porte, située en face et qui était

condamnée, c'est-à-dire fermée à clef, fut arrachée de ses gonds. En même temps, la maison subit un balancement si accentué que j'eus pendant un moment appréciable la sensation que le plancher s'effondrait.

Dans certains cas, les ondes atmosphériques déterminées par l'explosion volcanique ont fourni un trajet assez long, et lors de l'explosion du Krakatau (Iles de la Sonde), le 27 août 1883, elles firent, et sans doute plusieurs fois, le tour entier du globe terrestre. Aussi les baromètres de tous les pays les signalèrent-ils au passage par de brusques oscillations dont le mouvement a pu faire retrouver, avec une précision absolue, le moment du phénomène. C'est ce que M. Verbeek[1] a parfaitement mis en évidence et ce qui a été repris par plusieurs observateurs[2].

La même transmission s'est effectuée par la masse liquide de la mer, comme M. de Lesseps l'a montré par la comparaison des courbes données par les marégraphes comme ceux de Colon et de Panama[3], — comme aussi de Rochefort, de la Pointe-de-Galles et de Port-Louis. La vitesse de l'onde fut trouvée égale à 275 mètres environ à la seconde. Citons sur le même sujet deux notes d'Errington de la Croix[4] et un travail de M. Boussinesq[5].

Projection des cendres et des lapilli. — Les premières matières rejetées d'un volcan qui commence

1. *Archives Néerlandaises*, XX. 1883.

2. Voir par exemple C. Wolf. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVIII, p. 177. — Baillaud. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. XCVIII, p. 349. — Tacchini. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVIII, p. 616.

3. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. XCVIII, p. 1172.

4. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVII, p. 1575 et XCVIII, p. 1324.

5. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XCVIII, p. 1251.

une éruption sont à l'état fragmentaire, avec les volumes les plus variables, depuis la poussière très fine désignée sous le nom essentiellement impropre de *cendres*, jusqu'à de gros blocs, parfois qualifiés de *bombes volcaniques*, en passant par des pierrailles parfois très abondantes et auxquelles on applique universellement la dénomination italienne de *lapilli* ou de *rapilli*[1].

On peut avoir une idée de la prodigieuse énergie avec laquelle ces matériaux pierreux sont projetés par le volume gigantesque de certains blocs et par la hauteur qu'ils ont atteinte.

Les cendres et les lapilli sont normalement lancés verticalement par le cratère et constituent alors une colonne qui peut avoir un grand nombre de fois la hauteur de la montagne. Parvenue aux altitudes où sa force vive s'est épuisée, la masse cesse de monter et alors elle s'étale (surtout par le temps calme) en un nuage horizontal et qui a tendance à la forme circulaire. Dans cet état, l'ensemble prend un contour qui a, comme on l'a vu, été comparé déjà par Pline à celui du pin et que les Napolitains appellent encore aujourd'hui du nom de cet arbre.

Les *bombes* sont des lopins de roches lancés tout fondus au travers de l'atmosphère et qui se solidifient avant de toucher le sol. De là vient qu'elles ont souvent une surface tordue et comme cordée (fig. 16). Parfois, elles subissent des craquellements superficiels qui leur donnent l'apparence de la croûte du pain (fig. 17).

L'horreur de la pluie de ces matériaux incandescents a été bien éprouvée et bien exprimée par un Français, M. Lelièvre, sous-Commissaire de la Marine, qui conta son aventure dans le Bulletin de la *Société*

1. HUMBOLDT emploie ce dernier mot comme synonyme de cendres : *Cosmos*, IV, 336.

de Géographie commerciale du Havre. Il s'agit d'une éruption, en 1890, du volcan Kirishima, dans l'île de Kiou-Siou au Japon. Notre voyageur, qui en voulait

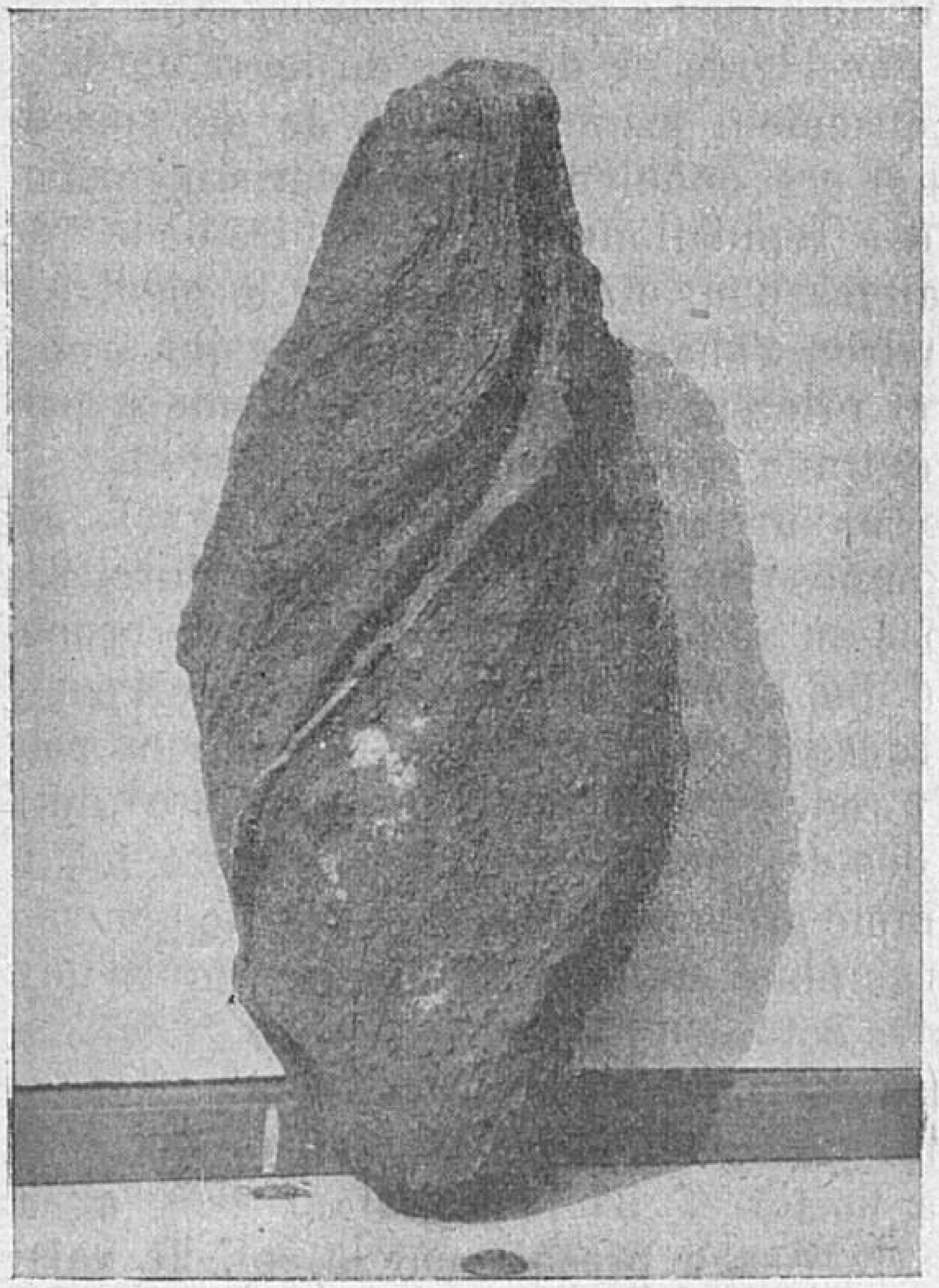


Fig. 16. — Bombe volcanique cordée, du Puy de Lassolas (Puy-de-Dôme), 1/4 de la grandeur naturelle. — Cliché Aug. Robin.

faire l'ascension, partit de Kagoshina et commença à monter à partir de Matsunga :

« Aucun sentier ne mène au cratère. Après entente préalable avec mon guide, je décide de l'aborder par l'ouest; c'est le côté le moins élevé et le vent chasse les vapeurs sur l'autre versant. Je choisis un petit dos d'âne entre deux ravins où la pente me semble moins

raide, et l'ascension commence. Ces ravins, espacés à l'origine d'une cinquantaine de mètres, finissent par se rejoindre au sommet. Ils sont peu profonds, mais dès les premiers pas, je m'aperçois qu'il est prudent de s'en éloigner : à chaque instant, sans cause apparente, une pierre se détache de leurs bords et roule silencieusement jusqu'au fond. Je me suis demandé depuis si ces éboulements mystérieux n'étaient pas dus à des trépidations imperceptibles de la montagne, trop faibles pour être perçues par le pied. A mi-chemin environ, j'abandonne mon guide qui, trop absorbé dans ses prières, marchait trop lentement à mon gré, et je continue rapidement mon ascension.

« Le sol sur lequel je marche est un tuf dur et glissant composé de cendres et de laves durcies. A quelques pas du sommet, la pente devient brusquement si raide que je me demande s'il ne serait pas prudent de rebrousser chemin, car je ne me sens pas sûr de pouvoir redescendre ; mais je suis si près du but que je me décide, malgré tout, à reprendre ma marche. Une simple arête de cendres dures, de quatre ou cinq mètres au plus, me sépare du cratère qui s'ouvre à pic de l'autre côté...

« Jusque-là je n'avais rien senti, rien vu, rien entendu. Le volcan garde le silence, pas un bruit ne sort de la terre. La pente étant très abrupte, je grimpe, le visage presque sur le sol. Je vais arriver au bord du cratère, je le touche... lorsqu'une détonation effroyable se fait entendre. Le bruit est si immense, il emplit tellement l'air que je ne lui assigne, tout d'abord, aucune direction. Mon premier mouvement est de me retourner vers mon guide, qui était resté assis loin derrière moi. Je le vois qui, les bras en l'air, s'enfuit de toute la vitesse de ses jambes. Je regarde alors vers le cratère : une colonne épaisse de vapeurs blanches, de fumée et de cendres grises monte vers le ciel, sillonnée de roches

en ignition, illuminée de lueurs rouges. D'un coup d'œil, je calcule le point extrême où va s'abattre cette pluie de projectiles; aucune illusion n'est possible : il faudrait dix minutes, peut-être plus, pour être hors

Fig. 17. — Bombe volcanique, dite à *croûte de pain*, de la Montagne Pelée. Échantillon au Muséum, 1/3 de la grandeur naturelle.

de danger, et, dans quelques secondes, le sol sera couvert de pierres et de scories en feu. La fuite est inutile; la mort certaine. Je tire ma montre : il est 8 h. 35′; avant une minute, tout sera fini. La colonne monte, s'élève à plus d'un kilomètre; elle se recourbe

en une gerbe grandiose et, de tous côtés, part une fusillade si puissante qu'elle couvre le grondement même du volcan. Ce sont les rochers incandescents qui éclatent dans l'air. La gerbe s'incline et tombe; c'est un moment effroyablement beau; je me trouve au centre d'une sphère de feu : le ciel, la terre disparaissent, et je n'ai plus devant les yeux, au-dessus de ma tête et au-dessous de moi, qu'un immense voile rouge qui se déploie comme le bouquet d'un inépuisable feu d'artifice. Il s'enroule. tourne, crépite. tombe et... je reçois un éclat sur la tête. Je tourne sur moi-même, je m'étale sur le sol, la face contre terre, présentant le flanc droit au volcan. Je reste immobile dans cette position. Pourquoi bouger? Mourir ici ou là, debout ou couché, qu'importe? Une grêle de pierres s'abat sur mon dos qu'elle frappe comme une volée de coups de bâton; une pluie de grains de cendres agglomérées, gros comme des noix, me maintient irrésistiblement cloué à terre. Autour de moi tombent des blocs incandescents qui creusent dans le sol des trous profonds et me couvrent de leurs éclats.

« Quelques-uns de ces projectiles monstrueux ont été cubés à la fin de l'éruption, et ce qui en restait, après éclatement, ne mesurait pas moïns de 200 mètres cubes!

« Mais je ne devais pas mourir lapidé : la crémation m'était réservée. Le cratère se met à dégorger un torrent de cendres brûlantes, de pierres et de roches incandescentes. En quelques secondes, le fleuve est sur moi. Je porte la main à mes yeux pour les préserver et tâcher de mourir avec moins de souffrances. Le torrent de feu passe sur mon corps; je ne respire plus que des vapeurs brûlantes; les rochers s'amassent sur mon flanc droit, qu'ils compriment lentement, j'étouffe... lorsque, tout d'un coup, cet amoncellement, sans doute sous la poussée d'un bloc plus vigoureux, se disperse, saute et rebondit sur ma

hanche gauche, qu'il écrase; des éclats viennent me frapper au talon et à la main gauches qui sont atrocement blessés... et je me trouve debout, je ne sais comment. Puisque la mort a consenti à m'épargner, je vais tenter de fuir. Je laisse mon chapeau fumant à côté de mon parapluie; je ramasse ma montre collée sur ma nuque dans un caillot de sang et je me mets à descendre lentement, péniblement, sous l'averse de pierres qui continue, au milieu des fumées qui m'aveuglent, des cendres et des fragments de roches qui dégringolent en cascades sur les flancs de la montagne et me roulent entre les jambes. Passant près de l'endroit où j'avais aperçu mon guide pour la dernière fois, je lance trois appels; mais moi-même je n'entends pas ma voix et son corps serait étendu à mes pieds que je ne pourrais pas le voir dans ce torrent de poussière et de débris qui me monte jusqu'à mi-jambe. Je descends, mais où me diriger? Avant de me lancer dans l'inconnu, je m'arrête de nouveau pour prendre quelques points de repère, et je recommence ma marche automatique. Encore quelques pas, et je vais me trouver hors de la zone dangereuse. Une détonation immense se fait entendre derrière moi, comme si la montagne entière s'effondrait dans un suprême cataclysme. C'est une deuxième explosion du volcan... Un dernier pas, un regard d'adieu au volcan et je suis hors de ses atteintes.

« J'entre dans la région herbue et broussailleuse qui l'entoure. Elle est toute en feu. La chaleur me suffoque et les flammes s'accrochent à mes vêtements en lambeaux, comme si la montagne faisait un dernier effort pour me ressaisir. Je descends dans un chaos de rochers éboulés, crevassé de profonds ravins et j'arrive enfin à la lisière de la grande forêt que le feu n'a pas entamée. Je trouve là une vague sente, à peine foulée; je la suis, tout en pansant mes plaies avec

mon mouchoir. Je croise plusieurs sentiers mieux tracés que le mien ; mais je ferme les yeux pour ne point les voir. Si je me suis trompé, si je m'égare, c'est la mort, car personne ne viendra me chercher dans le coin de cette forêt déserte où je serai tombé. A chaque pas que je fais, il me semble que c'est le dernier que je puisse faire. De dernier en dernier, je finis par déboucher dans une clairière qu'entoure un groupe de cryptomérias. Un homme qui passe m'aperçoit et m'aide à descendre l'escalier délabré qui conduit au village, pendant que son fils, un enfant, déchire sa ceinture et étanche le sang qui coule à flot de mes blessures. A la première maison, je me laisse aller épuisé sur le *tatami*. Je viens de faire huit kilomètres en deux heures. »

Le malheureux guide avait été tué. Le surlendemain seulement, pendant une accalmie de l'éruption. on put aller chercher le corps.

« La tête, séparée du tronc, avait été projetée à six mètres en avant, ce qui semble indiquer que la mort est venue le surprendre en pleine fuite, sans qu'il ait eu le temps de s'en apercevoir. Sa montre gisait à côté de lui, à moitié fondue. »

Une des particularités de l'éruption de la Montagne Pelée, mais dont il y a d'autres exemples, c'est que la projection des cendres, au lieu d'être verticale, a été fortement oblique à l'horizon. Ce fut là la cause de la destruction de la ville de Saint-Pierre.

M. Lacroix a observé ces *nuées ardentes* de vapeurs et de cendres incandescentes, et il en a donné la description :

« Au moment de son apparition, la nuée avait l'aspect d'une masse compacte de petite dimension, mais immédiatement elle se gonflait, prenait la forme d'un bourgeon mamelonné en forme de choux-fleurs ou de cervelles, creusé de circonvolutions nom-

breuses, à sinuosités profondes, qui allaient sans cesse en grossissant. Quand elle se produisait en pleine lumière, sa couleur était d'un gris roux foncé; elle était noire le soir, parfois incandescente la nuit. Elle était opaque avec un aspect très pierreux.

« A peine sortie, la nuée se précipitait le long du talus du dôme et s'engageait dans la vallée de la Rivière-Blanche pour se diriger vers la mer; son départ était si rapide qu'il nous a donné plusieurs fois l'illusion de la chute de l'aiguille, presque aussitôt d'ailleurs cachée par les vapeurs. La soudaineté de l'apparition, et la rapidité de la marche de ces nuées font comprendre la signification d'une phrase qui se trouve dans tous les récits des grandes éruptions faits par les gens du pays : « La montagne s'ouvre, la mon-« tagne se fend de part en part. »

« La nuée était le siège des mouvements de rotation les plus intenses; ses circonvolutions roulaient sans trêve les unes sur les autres, se dilatant à chaque tour; par suite, le volume de la nuée augmentait à mesure qu'elle progressait plus en avant, et bientôt elle constituait un mur vertical, atteignant parfois 4.000 mètres de hauteur, et s'avançant avec une majesté terrifiante dont on ne peut se rendre compte sans l'avoir vue.

« La vitesse de translation horizontale dépassait toujours celle du mouvement de dilatation, de telle sorte que, dans la vallée de la Rivière-Blanche, le front de la nuée roulait sur le sol, en précédant la partie postérieure toujours de plus en plus élevée.

« D'ordinaire, en touchant la mer, les mouvements de rotation à l'intérieur de la nuée s'accentuaient encore; on voyait les circonvolutions de la partie antérieure devenir plus serrées. Le haut de la nuée prenait souvent une forme en visière, faisant ombre sur la mer...

« Jusqu'alors la direction de la nuée était indépen-

dante du vent ; mais, dès que sa vitesse initiale diminuait, le vent dominant entamait ce mur compacte, désagrégeait les circonvolutions et réduisait cette masse d'abord si dense « en un nuage fibreux de vapeur d'eau et de cendres, s'éclaircissant et se confondant peu à peu avec les nuages atmosphériques. Puis, pendant des heures et des heures, une fine chute de cendres se produisait dans la direction du Prêcheur (direction où poussait le vent dominant), ainsi qu'au large. »

La vitesse des nuées est variable, selon les éruptions. Pour plusieurs, elle a été de 50 mètres à la seconde pendant la partie la plus rapide de leur marche ; pour d'autres, la vitesse moyenne n'était que de 10 mètres. Elles se composaient d'un mélange intime, « une sorte d'émulsion » de matériaux solides, cendres, lapilli et blocs, en suspension dans la vapeur d'eau très abondante et dans des gaz, très difficiles à déterminer. Les apports solides des nuées faisaient des dépôts considérables, surtout de cendres fines et de lapilli. M. Lacroix cite un ravin encaissé par une falaise mesurant plus de 100 mètres de hauteur et qui se trouva presque entièrement comblé.

La température des nuées ardentes est fort élevée, surtout à leur sortie du cratère. Celles qui furent observées, d'octobre 1902 à mars 1903, avaient au maximum 1.100° C. Après un trajet de 6 kilomètres, la température était encore de plus de 200° C. Dans les grandes éruptions, alors que la vitesse des nuées était considérable, la température se maintenait nécessairement plus élevée, et c'est ainsi que s'expliquent tous les phénomènes calorifiques de Saint-Pierre.

Les cendres fines peuvent rester en suspension dans l'air pendant un temps prodigieux. En 1883, à

la suite de l'éruption du Krakatau, ces poussières déterminèrent des effets météorologiques tout à fait remarquables. D'abord, dans la mer des Indes, puis sur une surface de la Terre progressivement croissante, on vit le ciel, lors de l'aurore, comme lors du crépuscule, prendre une couleur rouge d'une intensité inusitée. En même temps, et par un effet de contraste, le disque du Soleil à son lever et à son coucher et le disque de la Lune paraissaient verts. Après quelques mois, ces apparences se sont montrées dans des pays très éloignés du détroit de la Sonde; ils ont été en particulier très visibles à Paris.

M. Plumandon a étudié les crépuscules rouges dont il s'agit et, en octobre 1902, il a signalé des ciels du soir presque aussi brillants qu'en 1883. Même le 21 décembre 1903, vers 5 h. 1/2 du soir, il y avait dans l'atmosphère un éclat de cuivre rouge si brillant qu'on distinguait à peine le croissant de la Lune.

Suivant lui, les crépuscules 1902-1903 étaient les résultats lointains des éruptions de la Montagne Pelée. Ainsi qu'il le remarque, les crépuscules rouges n'ont pour ainsi dire pas cessé de se manifester par intermittences dans toutes les parties du monde, depuis 1883, à cause des nombreuses éruptions volcaniques qui ont alimenté les nuages de poussière.

La présence de cette poussière était d'ailleurs révélée par la formation de l'anneau de Bishop autour du Soleil. On sait qu'il est dû à la diffraction des rayons solaires par les poussières [1].

Une calamité dont les volcans menacent leurs environs, c'est l'éruption de boue, causée ordinairement par le déversement du lac enfermé dans le cratère et véritablement projeté avec les cendres, les lapilli et autres matières obstruant la cheminée. L'éruption du Kloet, à Java, en 1863, fut l'une des

1. *La Nature* du 23 avril 1903, n° 1613, p. 325.

plus extraordinaires de ce genre. Le cratère, fermé depuis 1848, se brisa en partie, répandant tout son contenu.

Alexis Perrey enregistre des rapports très précis sur cet événement, mais sans indiquer les auteurs.

« Vers minuit trois quarts, le mont Kloet commença à vomir un torrent de vase bouillonnante, au milieu d'un bruit de tonnerre, de décharges électriques et d'éclairs qui durèrent jusqu'à trois heures et quelques minutes, tandis que la pluie de cendres ne cessa qu'à quatre heures le lendemain.

« L'éruption et l'émission de boue étaient si violentes, la masse de cette vase bouillante était si grande, qu'au bout d'une heure et demie environ, elle avait atteint Blitar, chef-lieu de la division, situé à 15 kilomètres du volcan ; le courant était si brûlant que le pays était rempli d'une vapeur chaude [1]. »

L'orage volcanique. — Pendant que la colonne de cendres s'élève au-dessus du cratère, elle est le siège de phénomènes variés. L'un des plus souvent observés consiste dans la production de gigantesques éclairs qui témoignent d'une énergique production d'électricité. Celle-ci dérive vraisemblablement des frottements développés entre toutes les particules projetées.

Pline a décrit les éclairs du nuage de cendres s'avançant sur Misène. Lors des dernières éruptions du Vésuve (1905-1906), on vit dans les énormes colonnes qui s'élevaient du cratère avec un bruit assourdissant, des treillis d'incessants éclairs, surtout dans la partie moyenne, et se prolongeant du sommet de la Somma à la crête du Vésuve [2]. Des *étoiles scin-*

1. *Note sur les Tremblements de terre en 1863.* Extrait des *Mémoires de l'Acad. Roy. de Belgique.* Brochure in-8°. Bruxelles, 1865.

2. *L'Éruption du Vésuve en avril 1906.* Extrait de la *Revue Générale des Sciences* des 30 octobre et 15 novembre, p. 83.

tillantes, également des éclairs, étaient fréquentes dans les nuées paroxysmales de la Montagne Pelée. On les observait alors jusque dans les nuages entraînés au-dessus de Fort-de-France, c'est-à-dire à 25 kilomètres du cratère.

On peut ajouter que cette production a fréquemment des contre-coups météorologiques. Bien que les explosions puissent avoir lieu par tous les temps, on remarque cependant qu'elles coïncident souvent avec des perturbations atmosphériques et, d'après ce qui précède, on pourrait croire qu'elles les déterminent.

Suess a appelé l'attention sur des faits de ce genre[1] et l'on remarquera que le récent réveil du Pico de Teyde, à Ténériffe (novembre 1909), a été suivi du déchaînement d'un violent cyclone, causant de grands dégâts sur terre et de graves accidents sur les côtes, entre autres le naufrage d'un grand bateau de pêche jeté sur les rochers et dont tout l'équipage fut noyé. Très fréquemment aussi, l'orage volcanique développé dans la colonne de cendres occasionne des pluies torrentielles et boueuses qui augmentent, et souvent dans d'énormes proportions, les ruines des régions avoisinantes.

Les éruptions volcaniques ont souvent une influence sur l'aiguille aimantée, même à grande distance. C'est ainsi que le 8 mai, au moment de l'éruption de la Martinique, le magnétomètre de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, en Chine, indiqua une augmentation subite de la force magnétique, et pendant huit heures manifesta des signes d'agitation.

Gisement des lapilli et des cendres. — A mesure que la colonne s'élève, elle subit de la part de l'air un triage qui détermine d'abord la chute de ses matériaux les plus gros et successivement de ceux dont le grain est de plus en plus réduit. C'est de cette

1. SUESS. *Das Antlitz des Erde*, t. I.

manière que se constitue autour de l'orifice de sortie, un mamelon annulaire qui est le germe du cône volcanique. Chaque éruption donne naissance à un nouveau cône et nous aurons à revenir un peu plus loin sur les conséquences de cette observation relativement à la structure des montagnes volcaniques et à la distinction qu'on peut faire entre les différents types de volcans.

Les cendres tombent à leur tour plus ou moins loin, et sur le cône même, quand il n'y a pas de vent. Leur chute constitue l'un des périls les plus graves des éruptions volcaniques. Après avoir enveloppé la région de ténèbres impénétrables qui parfois durent plusieurs jours, elles ensevelissent les objets sur le sol environnant, incendiant par leur haute température les matériaux combustibles et tuent les êtres vivants.

Elles se délayent dans la pluie volcanique pour faire des inondations de boue. Ce fut ainsi que périt Pompéi en 79, et ce fut pourquoi, sous cette couche, pour ainsi dire moelleuse, les vestiges de la cité romaine nous ont été si parfaitement conservés.

Les pluies de cendres du Vésuve, en avril 1906, ont reproduit en petit, et partiellement, pour Ottajano et San Giuseppe, la célèbre catastrophe. Ce fut d'abord la chute d'une poussière grossière provenant de la démolition du petit cône, édifié en avril 1905, dans le fond du cratère. Cette poussière noirâtre tomba jusqu'à Naples. La trituration des matériaux projetés puis retombés dans le cratère devenant de plus en plus complète, il ne se répandit plus, au bout de quelques jours, que de la cendre fine variant du rose au gris-blanc.

La teinte rose, selon M. Lacroix, résulte de l'oxydation du fer des minéraux ferrugineux, et elle peut se produire postérieurement à la chute : c'est ainsi qu'il a suivi à la Montagne Pelée la marche d'une modi-

fication de couleur de ce genre; immédiatement après le passage d'une nuée ardente, le sol était couvert d'une couche de poussière fine, d'un blanc éblouissant; mais, d'une façon constante, dès le lendemain, cette surface prenait une teinte rose qui s'accentuait très rapidement.

Les flancs du Vésuve se trouvèrent recouverts d'une couche si profonde de cendre blanche que c'était comme un paysage de neige. Cette cendre, très mobile, dans les premiers jours après sa chute, se modela en dunes sous l'action du vent. Lorsqu'elle a commencé à se tasser sous l'influence de la pesanteur et sous celle de l'humidité absorbée, l'érosion éolienne a produit un effet différent; la surface. devenue immobile, a été alors abrasée, laissant apparaître des courbes de niveau.

Poulett Scrope raconte que les cendres fines de l'éruption du Vésuve, en 1822, qu'il vit balayées le long de la montagne par des pluies torrentielles, se consolidèrent en une roche extrêmement dure et tenace, ne se cassant que sous un coup de marteau très sec; évidemment, les particules en étaient agrégées par une espèce de cohésion comme la prise du mortier ou du ciment. Les couches de tuf durci qui recouvrirent Herculanum à la profondeur de cinquante à cent cinquante pieds furent, sans aucun doute, produites de cette façon par l'éruption de 79[1].

« L'action de légères pluies, dit M. Lacroix [2], suivant immédiatement la chute de la cendre ou l'accompagnant, a produit ce granulage, qui a été signalé déjà au cours de plusieurs éruptions du Vésuve (notamment en 1794 et en 1822). Je n'ai guère ren-

1. *Les Volcans*. Trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 176.
2. *L'Éruption du Vésuve en avril 1906*. Extrait de la *Revue Générale des Sciences* des 30 octobre et 15 novembre 1906, p. 59.

contré que des granules de la grosseur d'un grain de mil et n'en ai jamais trouvé de la dimension d'un gros pois, comme ceux qui étaient fréquents aux Antilles et qui abondent dans les lits de cendres recouvrant les ponces de Pompéi...

« Quand les précipitations atmosphériques étaient extrêmement abondantes, au cours d'une chute de cendres, il se produisait une véritable boue, qui, dans un stade intermédiaire avec le précédent, pouvait même s'agglomérer en petits globules avant d'atteindre le sol. »

En 1906, la cendre fut distribuée au caprice du vent, très irrégulièrement. A Naples, elle eut seulement 3 centimètres d'épaisseur, et causa cependant l'effondrement de la toiture du marché, ce qui fit de nombreuses victimes. Au pied du volcan, à Torre del Greco, il y en eut 20 centimètres; 12 centimètres à Portici, 10 à Résina.

Les cendres qui furent emportées à de grandes hauteurs retombèrent fort loin du Vésuve. J'en ai recueilli à Paris, sur le toit d'une maison du quai Voltaire[1].

L'éruption du Pichincha, en 1534, couvrit de cendres l'armée de Cortez, à une distance de cinquante lieues du volcan. En 1600, au Pérou, celle d'Arequipa ensevelit, sous ses produits, toutes les maisons de trente à quarante lieues à la ronde. En 1797, le Tunguragua, près de Quito, remplit de la boue de son cratère-lac des vallées de plusieurs milles de long, sur une largeur de 1.000 pieds, une hauteur de 600 pieds. Le Timboro, dans l'île de Sumbawa, qui se réveilla en 1815, vomit, pendant quatre ans sans interruption, tant de scories et de cendres que les toits des maisons en furent enfoncés à quarante milles de dis-

1. STANISLAS MEUNIER. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXLII, p. 938, 1906.

tance. La ponce provenant de la même éruption formait, dans la mer, à l'ouest de Sumatra, une masse flottante de plusieurs pieds d'épaisseur et de plusieurs milles d'étendue, à travers laquelle les vaisseaux avaient peine à avancer. A 300 milles de distance, les cendres formaient des nuages dont le ciel était obscurci. Dans l'éruption de Coseguina (Amérique Centrale), en 1835, des cendres furent répandues en couches épaisses encore à une distance de 935 kilomètres. Et dans un rayon de 33 kilomètres, le sol était couvert de fragments sur une épaisseur de dix pieds. En 1842-1843, le Sangay, dans les Cordillères de l'Amérique du Sud, couvrit de cendres noires, sur une épaisseur de trois à quatre cents pieds, une surface ayant 16 kilomètres de rayon.

Les volcans neigeux, qui reçoivent sans cesse pendant les éruptions des pluies de scories rouges et autres matériaux incandescents, produisent des torrents brûlants charriant des débris pierreux et ajoutant encore aux calamités. L'énorme quantité de vapeur d'eau rejetée par le volcan suffit, sans neige, à produire ces inondations terribles.

Humboldt rapporte qu'en 1803, dans une seule nuit, toute la neige, sur l'immense cône du Cotopaxi, fut fondue et s'écoula en torrents d'eau chargée de cendres et de boue. Quelquefois, les lacs qui occupent les cratères nourrissent des poissons. En 1691, le volcan d'Imbambaru en rejeta une telle quantité que leur putréfaction donna la fièvre au voisinage. Quelquefois, la boue provenant de ces cratères contient tant de matière carbonée, provenant aussi des algues et autres plantes d'eau, qu'elle en arrive à s'enflammer.

Il arrive aussi que les cendres tombent dans l'eau, et c'est ainsi que la baie de Naples reçoit souvent celles du Vésuve. Alors elles se stratifient sur le fond inondé où elles peuvent, plus tard, être recouvertes

par les vases ordinaires. Ainsi incluses entre deux lits sédimentaires et pouvant contenir des débris des animaux et des plantes vivant dans la mer ou qui y ont été charriés, elles reproduisent exactement les traits essentiels de ces formations géologiques de tous les âges qui sont qualifiées de *cinérites*. Ces cinérites, pour le dire en passant, ont constitué l'argument sans réplique en faveur de l'existence des volcans à toutes les époques géologiques. On sait que cette existence, aujourd'hui absolument démontrée, avait été dénoncée comme impossible par Elie de Beaumont[1].

Écoulement des laves. — Après que la projection des lapilli et des cendres s'est continuée un certain temps, un autre phénomène se déclare : la sortie de la lave.

Si l'on est monté sur le bord du cratère, on voit, dans la cheminée, osciller de haut en bas et réciproquement, la surface rouge de feu d'un banc de roche fondue. Les oscillations suffisent déjà pour démontrer que cette roche est en association intime avec des matières élastiques formant avec elle une véritable *émulsion*.

De temps en temps, de grosses bulles de vapeur viennent éclater sur le banc dont elles diminuent momentanément l'éclat. Peu à peu, la roche en fusion parvient à la surface du sol. Elle peut même s'élever plus ou moins dans le cratère et elle s'épanche au dehors.

Ou bien, elle s'ouvre dans la masse des lapilli une sorte de tunnel d'où elle surgit à l'état de coulée; ou bien, elle détermine par son poids énorme l'écroulement d'un des côtés du cône.

La coulée offre des allures fort diverses, suivant les

1. *Leçons de géologie pratique professées au Collège de France*, 1 vol. in-8°. Paris, 1845.

cas, étant plus ou moins liquide et se déplaçant sur une pente plus ou moins inclinée.

Donnons quelques exemples de ces faits, pour bien les préciser.

Lors de son étude déjà citée du Stromboli, Spallanzani trouva moyen de s'approcher du bord du cratère, et de s'y tenir, grâce à une petite grotte qui lui offrait un abri contre les pierres enflammées lancées par les explosions. Ce fut ainsi qu'il put voir la lave, pour ainsi dire chez elle :

« Les orles du cratère, amas confus de laves, de scories, de sables, ont une forme arrondie; leur contour est d'environ 340 pieds. Les parois intérieures vont en se rétrécissant depuis le haut jusqu'en bas; elles représentent un cône tronqué et renversé... En plusieurs endroits, elles sont incrustées d'une substance jaune, qui paraît être du muriate d'ammoniaque ou du soufre. Le cratère, jusqu'à une certaine hauteur, est rempli d'une matière embrasée, liquide, semblable au bronze fondu : c'est la lave, elle-même agitée par deux mouvements très distincts, l'un circulaire, tumultueux, interne; l'autre agissant de bas en haut. La matière liquéfiée est soulevée dans le cratère avec plus ou moins de rapidité; parvenue à la distance de 28 ou 30 pieds du bord supérieur, elle éclate comme un coup de tonnerre. En ce moment, une portion de cette matière, déchirée en mille morceaux, est lancée dans les airs avec une vitesse inexprimable et un débordement de fumée, d'étincelles et de sable.

« Quelques instants avant l'explosion, on voit la surface de la lave se gonfler en forme de grosses bulles, dont quelques-unes ont plusieurs mètres de diamètre : ces bulles se rompent, et leur rupture occasionne la détonation et la projection des matières.

« Après l'explosion, la lave s'abaisse, elle fait peu ou point de bruit; quand elle s'élève et se gonfle,

elle produit un murmure semblable à celui que fait un liquide qui bout à gros bouillons.

« Les matières de ces faibles éruptions retombent dans le gouffre, et leur collision avec la lave liquide produit un son semblable à celui que rendraient plusieurs bâtons qui frapperaient à plat la surface de l'eau. Dans les fortes éruptions, le volcan jette toujours, au dehors, une grande quantité de pierres.

« La rougeur des grosses pierres enflammées, qui ne sont que des laves scoriacées, se distingue à travers la lumière du soleil. Plusieurs se brisent en se heurtant, quand elles sont à une certaine hauteur. Plus près de leur point de départ, au lieu de se rompre, elles s'agglutinent quelquefois ensemble, à cause de la liquidité qu'elles conservent encore, et ne font plus qu'un seul corps.

« On peut compter sur quelques moments de repos entre les jets qui s'annoncent avec une extrême violence : les autres n'en accordent presque point. On croirait que les pierres que lancent les premiers tombent du ciel, si on ne savait d'où elles partent. Le bruit qui les accompagne est semblable à celui du tonnerre, et le nuage de fumée, épais et noir, qui plane sur la tête du spectateur, lui présente l'image de la tempête[1]. »

Et maintenant, transportons-nous dans l'hémisphère sud, à Hawaï, où nous verrons les plus gigantesques réservoirs de lave qui soient sur le globe.

Il s'agit du Kilauea, le cratère inférieur du Mauna-Loa, bassin ovalaire, de 4.500 mètres de longueur et de 2.250 mètres de largeur, où la lave fait des lacs ou des mers de feu.

« On monte par des espèces de gradins jusqu'aux bords du cratère. Le spectacle que l'on découvre laisse une impression solennelle de calme et de repos.

1. *Voyage dans les Deux-Siciles*, trad. TOSCAN.

L'approche d'une éruption ne s'annonce pas par des tremblements de terre ou des bruits souterrains, mais par ce signe que la lave s'élève et s'affaisse soudainement, lorsqu'il s'en fallait quelquefois de 300 à 400 pieds qu'elle atteignît le bord supérieur du grand bassin... Si le grand bassin de Kilauea, qui forme le cratère inférieur et secondaire de Manau-Loa, menace quelquefois de déborder, jamais, cependant, il n'a débordé de façon à produire une véritable coulée de lave. Ce qui fait l'effet de coulées, c'est que la lave descend à travers des canaux souterrains et s'échappe par de nouvelles ouvertures éruptives qui se forment à la distance de quatre ou cinq milles géographiques, par conséquent, sur des points beaucoup moins élevés. Le niveau s'abaisse dans le bassin de Kilauea, à la suite de ces éruptions, déterminées par l'énorme pression qu'exerce la lave[1]. »

Et voici un autre récit plus circonstancié, le passage d'une lettre[2] écrite le 25 juillet 1863 par un missionnaire américain, le Rév. Gulik au géologue Dana, qui fit lui-même une étude de cette région :

« Cette fois, nous avons vu le lac tel que les voyageurs le dépeignent depuis plusieurs années. Il n'est cependant pas arrivé souvent, je pense, qu'on l'ait trouvé plus actif. De différentes cavernes, situées de ce côté du lac, s'échappent continuellement, en bouillonnant et en écumant, des flots de matière embrasée qui, comme les vagues de l'Océan, viennent en lames de feu se briser sur les rochers des bords du lac. A des intervalles, tantôt de quelques secondes seulement, et tantôt d'une demi-minute, une immense fontaine jaillissante se fait jour au milieu du lac et soulève autour d'elle une crête de lave rouge qui n'a pas moins de 10 à 12 pieds de hauteur, tandis que de plus petites

1. HUMBOLDT. *Cosmos*, trad. GALUSKY. Paris, 1859, IV, p. 349.
2. Citée par A. PERREY.

masses laviques sont projetées jusqu'à 20 et 30 pieds. Tout le lac, excepté à l'endroit où jaillit l'ébullition, était couvert d'une croûte scoriacée ou d'écume de couleur pâle de plomb, ressemblant assez à celle qui se forme à la surface d'un fourneau rempli de métal en fusion. Cette croûte était dans un mouvement continuel, et de divers points les matières superficielles se dirigeaient vers les centres d'ébullition; à leur arrivée dans ces foyers de plus grande activité ignée, elles étaient consumées en un instant et réduites en lave fondue. Des changements incessants se manifestaient dans les différentes parties de cette croûte, qui flottait à la surface de la matière liquide. De petites pierres qu'on y jetait ne s'y enfonçaient que lentement et partiellement, comme dans la boue.

« ... D'immenses jets de feu, dont nos plus grands feux d'artifice ne peuvent donner une idée, s'élançaient tantôt sur un point, tantôt sur un autre, et souvent sur trois, quatre ou cinq points du lac à la fois. A des intervalles irréguliers d'une ou deux minutes, un petit cône de 12 à 15 pieds de hauteur s'élevait à la distance d'une quarantaine de pieds du lac, avec un fracas qui aurait fait croire à la présence de dix mille démons dans ses entrailles. Ces bruits, comme les jets de matières ignées, semblent dus au dégagement de la vapeur et des gaz.

« Nous restâmes une heure et demie à admirer ce spectacle, puis nous retournâmes à notre station, située à une distance de 4 milles sur le bord de cet immense cratère. »

Dans les grandes éruptions, l'émission de la lave se fait souvent par d'énormes ouvertures ou par un grand nombre de bouches. Ainsi, en 1536, douze cheminées s'ouvrirent successivement sur l'Etna, l'une au-dessous de l'autre, sur le même rayon. En 1669, le flanc de la même montagne fut déchiré depuis le sommet, sur les deux tiers de sa hauteur. Il en jail-

lissait ce torrent de lave qui inonda Catane et s'avança à plus d'un kilomètre en mer. En 1809, du bord du cratère partit une longue fissure, laissant échapper de la lave par de nombreux orifices. Pendant l'éruption de 1811-1813, un témoin oculaire, Gemellaro, observa que « la lave, qui montait toujours, avait presque atteint le sommet de la montagne par l'orifice central; une secousse d'une violence inusitée se fit sentir, et un torrent de lave jaillit du cône à très peu de distance du sommet ». Il s'ouvrit ensuite sept ouvertures, les unes au-dessous des autres, toutes sur la même ligne, du sommet à la base [1].

L'Islande, qui n'est pour ainsi dire qu'un immense volcan, produisit en 1783 une énorme quantité de lave qui jaillit de trois sources ouvertes dans une plaine au pied du cône de Skaptar-Jokul, à la partie orientale de l'île. Ces ouvertures, à des distances presque égales les unes des autres, étaient sur une fissure dont la longueur, entre les sources extrêmes, était au moins de 160 kilomètres. La lave qui en sortit couvrit une étendue de plus de 650 kilomètres carrés. Une quatrième source s'ouvrit dans la mer, sur le prolongement de la même ligne, créant une île bientôt réduite à des bas-fonds.

Lors des dernières éruptions du Vésuve, en 1905-1906, M. Lacroix [2] fit une étude spéciale de l'allure de la lave à sa sortie du volcan et pendant son refroidissement.

« Ce n'était point la fissure elle-même, mais un tunnel de lave, situé un peu au-dessous. L'ouverture avait un peu plus d'un mètre carré. Le magma incandescent en sortait rapidement, avec une vitesse de

1. POULETT SCROPE. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 162.

2. *L'Éruption du Vésuve en avril 1906*. Extrait de la *Revue Générale des Sciences* des 30 octobre et 15 novembre 1906, pp. 22, 27 et suiv.

6 mètres à la minute et avec une pression suffisante pour former un bombement très marqué au-dessus de la bouche d'émission. Il constituait un ruisseau rectiligne, descendant sur la pente très raide du cône. Pendant les 25 premiers mètres environ, sa surface était étirée dans le sens de l'écoulement. La fluidité était assez grande pour qu'il fût possible d'enfoncer facilement un bâton dans la lave en marche; mais de gros blocs de roches lancés sur cette masse en mouvement ne s'y enfonçaient pas : ils s'y soudaient seulement d'une façon assez solide pour être entraînés par le courant et s'y maintenir malgré l'inclinaison de la pente. Au delà des 25 premiers mètres, on voyait apparaître à la surface des scories solidifiées, aussitôt entraînées vers les bords, où elles formaient une moraine; celle-ci augmentait rapidement d'épaisseur, limitant de plus en plus la partie centrale, libre de scories, qui, à une centaine de mètres du point de départ, était entièrement cachée; la surface de la coulée était alors uniformément couverte par un train de scories incandescentes et fumantes. La lave s'écoulait sans projection, sans effort, d'une façon continue; mais, à un moment donné, nous vîmes sortir de l'orifice un énorme caillot qui émergea d'abord à moitié, puis, entraîné par le courant, s'enfonça à nouveau dans le magma en marche, laissant derrière lui un bourrelet qui, de circulaire, ne tarda pas à se déformer et à se confondre peu à peu avec les scories d'étirement de la lave ambiante; c'était là une grosse enclave de lave antérieure, une pseudo-bombe. Cette coulée descendait vers le Colle Umberto, au pied duquel elle s'étalait en un lac de feu. C'était un spectacle admirable que celui de ce torrent incandescent et des projections stromboliennes, dont les gerbes embrasées d'un rouge vif s'élevaient du cratère au-dessus de nos têtes... »

Le moindre obstacle ralentit la marche du courant

de la lave. Celle-ci alors s'élève et s'accumule sur elle-même jusqu'à ce qu'elle puisse tourner ou surmonter l'obstacle.

« C'est pour cela, dit Poulett Scrope, qu'en Auvergne, qu'au Vivarais, et que dans les autres districts volcaniques où des gorges étroites et sinueuses ont été obstruées par des courants descendants de lave, sur une étendue assez considérable, chaque coude concave se trouve rempli d'une masse volumineuse de basalte, pendant que les sections intermédiaires n'offrent que des bandes comparativement étroites et peu profondes. C'est aussi pour la même raison que si l'obstacle est d'une grande hauteur, et tel qu'il ne puisse pas être tourné, mais doive être surmonté par le courant, l'accumulation nécessaire atteindra souvent à ce point un niveau plus haut que la surface du courant en arrière, de façon à faire croire que le courant a coulé en *montant*. La cause en est que la croûte durcie agit comme un canal couvert, dans lequel le liquide s'élève vers le niveau de son point de départ, comme l'eau dans un tuyau[1]. »

Quand la lave s'écoule en cascade, elle est très brillante, flamboyante, d'éclat changeant comme un brasier, à cause des crevasses qui s'ouvrent dans la pellicule extérieure.

A la surface, très rapidement durcie, à cause de l'immédiate expansion et du dégagement abondant de la vapeur d'eau, il se produit des fissures, d'où souvent jaillit de la lave encore incandescente qui à son tour se solidifie puis se craquelle superficiellement, de façon que la vapeur continue de s'échapper. Il y a des frictions considérables et la surface des laves continuant de s'épaissir, elle se brise en croûtes grossières, en dalles scoriformes, irrégulières, semblables pour la forme aux glaçons des cours d'eau

1. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 86.

gelés ou des mers boréales. Des masses incohérentes de lave peuvent ainsi s'élever de 10 à 15 mètres au-dessus du niveau. De là ces noms de Serres, Cheires ou Sciaras, pour désigner ce hérissement en forme de scie des grands courants de lave.

La conductibilité calorifique est faible. De là mille effets en apparence bizarres.

Parfois, des arbres entourés par la lave, à peine carbonisés à leur base, peuvent quelque temps demeurer verts.

Mais, le plus souvent, les arbres sont complètement incendiés et produisent des flammes que de loin on peut prendre pour celles de la lave elle-même. Cependant si les troncs sont rapidement enveloppés par la lave, les branches seules flambent, le tronc se carbonise, laissant parfois, quand il est postérieurement enlevé, un tube cylindrique dans la lave solidifiée. Le Muséum d'histoire naturelle possède un de ces tubes, provenant d'un palmier consumé dans une lave de Bourbon. Dana, qui vit des forêts d'Hawaï traversées par des laves vitreuses du Kilauea, constata de nombreuses stalactites d'osidiennes suspendues à des branches sur lesquelles on voyait à peine des traces de la chaleur.

Toujours par suite de sa faible conductibilité, l'intérieur d'un courant de lave retient souvent une très haute température longtemps après son émission, ainsi que l'indique la vapeur qui se dégage par les crevasses. Plus la masse est épaisse, plus l'intérieur se solidifie et se refroidit lentement. Au bout de plusieurs années, la chaleur est parfois assez forte pour que s'embrase un bâton introduit dans les crevasses les plus profondes. Là où, comme en Islande, il y a des courants d'une profondeur de 2.000 mètres[1], des siècles peuvent s'écouler avant que le refroidisse-

1. *Les Volcans*, trad. PIÉRAGGI. Paris, 1864, pp. 85 et 86.

ment soit complet. Aussi la partie inférieure d'une puissante coulée, ayant mis beaucoup de temps et de régularité à se solidifier, se montre, lorsqu'il y a eu dénudation, plus uniformément divisée par des fissures de retrait que ne l'est la partie supérieure : d'où la structure prismatique des *colonnades basaltiques*, que l'on observe, par exemple, en Auvergne et dans le Vivarais.

Demeurant liquide, la lave peut rester longtemps en mouvement à sa partie inférieure. Poulett Scrope en fit l'observation sur un courant de lave dont l'émission avait cessé depuis neuf ou dix mois.

Au cours de l'éruption de la montagne Pelée en 1902, un très remarquable dôme d'andésite se trouva édifié dans la caldera de l'étang sec. Sa formation fut étudiée par M. Lacroix.

« J'ai eu la chance, dit-il, de pouvoir, d'octobre 1902 à mars 1903, assister aux stades successifs et décisifs de ce phénomène, de pouvoir les décrire et en donner une explication rationnelle. L'évolution de ce dôme a continué depuis lors sans modifications capitales et continue encore. »

Le point culminant de la montagne s'en trouva complètement changé et prit les formes les plus diverses, surtout lorsqu'une aiguille commença de s'y former grandissant par moments à vue d'œil. D'après l'auteur, l'aiguille a commencé son ascension dans la nuit du 3 au 4 novembre, par la localisation de la poussée dans la région la plus méridionale de l'arête en voie d'évolution ; ce point avait alors une altitude d'environ 1.343 mètres. L'ascension a été extrêmement rapide, car le 24 novembre, le sommet atteignait une altitude de 1.575 mètres, ce qui correspond à une montée moyenne de plus de 10 mètres par vingt-quatre heures, mais avec des accentuations très marquées ; c'est ainsi que du 9 au 12 l'ascension a été de 60 mètres.

Après l'élévation maximum atteinte le 24 novembre 1902, il y eut des écroulements alternant avec des remontées brusques ne compensant pas les pertes. Le 6 février au soir, l'altitude de l'aiguille n'était plus que de 1.424 mètres. A partir du 7 février, nouvelle phase d'ascension, — toujours avec des chutes, — aboutissant au maximum de 1.608 mètres atteint le 6 juillet. Ensuite une série d'écroulements ramenait le sommet de l'aiguille à 1.380 mètres (10 août 1903). Les écroulements continuèrent; la montagne se modifia, encore une nouvelle aiguille s'érigeant, des bourgeonnements se produisant en de nombreux points du sommet du dôme.

On peut calculer, selon M. Lacroix, que si l'aiguille n'avait subi aucun écroulement depuis le 3 novembre 1902 jusqu'au 4 juillet 1903, jour de sa plus grande hauteur, elle eût atteint à cette dernière date une altitude d'au moins 2.200 mètres de hauteur; la hauteur de la colonne d'andésite qui a fait extrusion a donc été d'environ 850 mètres. En admettant que cette aiguille ait eu une forme parfaitement cylindrique avec 150 mètres de diamètre, on voit que le volume des roches écroulées dans la Rivière Blanche ou enlevées par les nuées ardentes pendant cette période à la seule aiguille n'a pas été inférieur à quinze millions de mètres cubes.

Au dire de Lyell [1], on a trouvé de la glace solide sous la lave de l'Etna. Cette glace avait été sans doute protégée contre la lave par une couche de sable et de scories; peut-être aussi étant en masse puissante, avait-elle déterminé une solidification rapide de la lave en contact avec elle, produisant ainsi une cloison mauvaise conductrice de la chaleur.

Lorsqu'un courant de lave descend dans la mer, il n'y a point d'explosions violentes, comme on pourrait

1. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 94.

se le figurer. L'eau qui rencontre la lave incandescente est bien vaporisée, mais il se produit aussitôt une solidification superficielle qui adoucit les contacts, malgré les gerçures de la croûte solidifiée émettant encore des torrents de vapeur, jusqu'à refroidissement complet. Cependant l'eau de la mer s'échauffe et ses habitants s'en trouvent fort mal. C'est ainsi que l'on voit sur les plages des échouements considérables de poissons morts. Des auteurs ont émis l'avis que les ichtyolithes du Monte-Bolca ont une telle origine. Le calcaire tertiaire dans lequel les poissons sont conservés est, en effet, recouvert d'une couche de basalte et de pepérino calcaire. Il y eut là une éruption sous-marine, mais rien ne prouve qu'elle ne soit pas postérieure à l'enfouissement des poissons dans la vase.

Gaz des Volcans. Vapeur d'eau. — Nous avons vu que la lave, pendant son ascension dans la cheminée du volcan, se signale d'après son aspect comme constituant une association intime, une sorte d'émulsion avec des matières élastiques qui s'échappent déjà dans le cratère en bulles énormes.

Il faut donc insister sur le rôle des gaz et des vapeurs dans le phénomène volcanique. Dans les régions à volcans, le sol laisse échapper de toutes parts des jets gazeux et on a même constaté que les diverses phases traversées par une même éruption pourraient être caractérisées par la prédominance de tel ou tel fluide élastique.

Vu de loin, un volcan en activité apparaît bien comme une source de gaz plus ou moins enflammés. Voici sous quel aspect le Stromboli se présenta d'abord à Spallanzani :

« Etant parti de Naples pour me rendre en Sicile, le 24 août 1788, et ayant dépassé à l'entrée de la nuit les bouches de Capri, je commençai à découvrir

ce phénomène, bien que j'en fusse encore éloigné de cent milles. Il apparaissait comme une légère bouffée de flamme qui, à l'improviste, frappait mais faiblement les yeux, durait deux ou trois secondes, et disparaissait tout d'un coup. Au bout de dix ou douze minutes, la flamme reparaissait, puis s'éteignait... Les matelots regardaient ces feux avec plaisir; ils me disaient que, sans leur secours, ils courraient souvent risque, dans les nuits obscures et orageuses, ou de faire naufrage en pleine mer, ou de se briser sur les côtes voisines de Calabre.

« Quand le jour fut venu, je me trouvai très près de l'île volcanique. La vive lumière du soleil avait fait disparaître la lumière du volcan ; je ne voyais plus à la place de ses flammes que des fumées qui suivaient, dans leur apparition intermittente, les mêmes intervalles de temps...

« Les fumées épaisses, abondantes, qui correspondent pour l'ordinaire avec des éruptions plus violentes et plus fréquentes, n'accompagnent pas seulement les vents de sud-ouest, de sud-est, ou de sud, mais elles les devancent de quelques jours. C'est par leur apparition que les habitants de l'île annoncent les temps favorables ou contraires à la navigation... Au reste, ces présages vrais ou faux ne sont pas le résultat des observations modernes des insulaires : on les retrouve dans l'antiquité la plus reculée[1]. »

Une coulée de lave récemment sortie du sol fume abondamment. Quand la coulée est refroidie, on peut y retrouver facilement des témoignages de la présence des gaz et du rôle qu'ils y ont joué en remarquant l'existence en divers points de cavités sphéroïdales qui ne sont que le moulage de bulles n'ayant pu se dégager de la roche déjà devenue trop pâteuse. Ces

1. *Voyage dans les Deux-Siciles*, trad. TOSCAN. Paris an VIII, t. II, p. 4.

cavités ont la même origine en somme que celles de la mie de pain auxquelles elles ressemblent d'une manière intime.

« Ces ampoules démontrent fort bien, dit un vieux livre[1], non seulement que la matière qui les cache fut autrefois liquide, mais encore que la même matière bouillonnait dans son état de fusion, et qu'en bouillonnant, elle s'endurcit peu à peu jusqu'au point de garder pour jamais dans son cœur les marques de son effervescence. »

Ce qui confirme cette notion, c'est qu'une coupe entière de la coulée montrerait que toutes les cavités sont réunies dans la partie supérieure, le poids de la roche ayant suffi pour chasser les gaz des parties basses qui ont été comprimées pendant le cours du refroidissement.

Les observateurs se sont préoccupés depuis longtemps de déterminer la composition des matières gazeuses émises par les volcans et qu'on a souvent réunies sous la dénomination de fumerolles.

Il a fallu avant tout imaginer des méthodes et des appareils propres à la récolte et à la conservation de ces substances et on doit citer d'une manière spéciale les travaux dans cette voie de Fouqué[2] et plus récemment de M. A. Gautier[3].

Il est facile de constater que les émanations gazeuses des volcans sont loin d'avoir la même composition. Il y en a qui se signalent par leur odeur : dans le nombre, on reconnaît tout de suite le gaz chlorhydrique et le gaz sulfhydrique. D'autres sont combustibles. C'est pourquoi l'on a pu voir ces flammes sortant non seulement des cratères, mais

1. *Histoire du Mont-Vésuve par les Académiciens de Naples*, in-18, p. 189. Paris, 1741.

2. *Santorin et ses Éruptions*. 1 vol. in-4°. Paris, 1878.

3. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXLIX, p. 245, 21 juillet 1909.

encore des fissures : il en sortit, par exemple, des crevasses du sol, lorsque s'érigea, le 19 novembre 1867, le volcan nouveau étudié par Dikerson. Il s'en est présenté bien des fois au Vésuve. En septembre 1904, on a remarqué que la coulée de lave qui s'échappait de ce volcan pétillait et laissait échapper de la fumée[1].

Nous aurons à revenir plus loin sur la composition et sur les propriétés de ces dégagements dont la considération sera tout à fait nécessaire pour l'établissement de la théorie volcanique. Pour le moment, il suffira de dire que leur volume est parfois gigantesque. On ne peut pas attacher une idée de précision absolue aux chiffres donnés. Cependant Fouqué calcula qu'en 1865, le cratère de l'Etna a dû rejeter une quantité de vapeur d'eau correspondant à 2.000 mètres cubes de liquide.

M. le capitaine Vernier, dans un travail relatif à la destruction de Saint-Pierre, développe une formule qui lui permet de calculer la température à laquelle il faut porter l'eau pour avoir le même potentiel qu'un explosif connu[2]. Si on choisit le potentiel de l'acide picrique, on trouve que la température doit être portée à 767 degrés, ce qui n'a rien d'inacceptable, étant donnée la température des roches des volcans. « Dans ces conditions, dit l'auteur, si toute la chaleur était transformée en travail, 1 kilogramme d'eau pourrait, comme 1 kilogramme d'acide picrique, produire 319 tonneaux-mètres, c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour soulever à 1 kilomètre de hauteur un poids de 319 kilogrammes. Un mètre cube d'eau produirait le travail nécessaire pour élever plus de 30 tonnes à 10 kilomètres de hauteur. Ajoutons que

1. ALBERT BRUN. *Archives des Sciences physiques*, novembre 1904. (Genève).

2. On sait qu'on entend par potentiel d'un explosif le travail maximum d'un kilogramme de cet explosif.

le potentiel ne dépend que de la température et que si le travail maximum reste le même, les manifestations extérieures peuvent cependant être très différentes suivant le volume de l'enceinte (cheminée volcanique, par exemple) dans laquelle a lieu l'explosion. Plus ce volume est petit, plus la pression est considérable ; théoriquement celle-ci serait *infiniment grande*, si l'eau était vaporisée dans son propre volume[1]. »

M. Matteucci a fait des calculs analogues[2].

La plus grande hauteur atteinte par les bombes et les scories a été de 537 mètres, à partir du fond du cratère, — lors de l'éruption de 1900 au Vésuve. Le plus grand des blocs lancé le 9 mai mesurait environ 22 mètres cubes, avec un poids approximatif de 30 tonnes. Ce bloc a mis 17 secondes pour parcourir sa trajectoire entière, tombant sur le sol avec une vitesse d'au plus 80 mètres à la seconde.

La force vive des vapeurs qui l'ont projeté peut être évaluée à 45.599.635 kilogrammètres, soit 607.995 chevaux-vapeur.

Les géologues ont distingué plusieurs types d'explosions volcaniques, déterminés par l'état physique du magma, c'est-à-dire par son plus ou moins de fluidité ou de viscosité au moment de l'éruption.

Le magma le plus fluide que l'on connaisse, car il coule presque comme de l'eau, est le magma basaltique des volcans d'Hawaï ; il est émis sans explosion violente, comme un jet de fontaine, avec accompagnement de vapeurs légères; c'est un liquide opaque, à couleur orangée en plein jour. Il fournit un type d'explosions que MM. Friedlander et Aguillar ont désigné sous le nom d'*hawaïen*.

1. *Note au sujet des circonstances de la destruction de la ville de Saint-Pierre le 8 mai 1902;* brochure in-8° sans lieu ni date.

2. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CXXXI, p. 963, 1900.

Moindre est la fluidité du magma basaltique de Stromboli. « Des dégagements gazeux, dit M. Lacroix, déterminent de violentes explosions, lançant dans l'air des portions de magma pâteux, qui tantôt retombent sur les bords du cratère, imparfaitement consolidées, et s'y aplatissent comme de la bouse de vache, tantôt planent dans l'air et retombent sous forme de scories, qui, quelles que soient leurs dimensions (blocs ou fines poussières), sont limitées par des surfaces fondues. Les fragments de roches déjà consolidées, englobés par le magma, servent de centre à ces bombes de structure pyriforme, données dans tous les traités de géologie comme type des bombes volcaniques alors qu'en réalité elles ne constituent qu'un cas particulier de celles-ci. Je désigne avec M. Mercalli ce type d'explosions sous le nom de *strombolien*. »

La vapeur d'eau est souvent à peine apparente sur les projections stromboliennes; elle y fait tout au plus des volutes blanches peu épaisses.

M. Mercalli appelle *vulcanien*, du nom de l'île de Vulcano, le type d'explosion où le magma est très visqueux, ou totalement consolidé, donnant lieu, dans le premier cas, aux bombes à structure en *croûte de pain* (v. la figure de la page 177) avec centre ponceux et périphérie vitreuse; dans le second cas, les bombes sont formées par des blocs anguleux. Il y a des nuées très denses, à contours très nets, formant d'épaisses volutes, grises ou noires, souvent sillonnées d'éclairs. Elles transportent des fragments ou de la poussière de roche entièrement consolidés. Ces nuées vulcaniennes ont été observées à Vulcano, à la Montagne Pelée, au Vésuve, etc.

CHAPITRE VI

FORME ET STRUCTURE GÉNÉRALE DES VOLCANS

Sommaire. — Différents types de cônes : le Monte-Nuovo et les volcans d'Auvergne, l'Etna et le Plomb du Cantal, le Vésuve et le Stromboli. Cratère moderne inclus dans le cratère ancien. — Parties essentielles du volcan. — Renseignements fournis par l'érosion des volcans. — Allure des masses éruptives : dykes et nappes. — Les laccolithes. — Conditions générales de formation des laccolithes : les Monts Henry et le Caucase.

Malgré des variantes très nombreuses et qui s'expliquent toujours par des circonstances particulières, la forme des volcans est typiquement celle d'un cône. Elle est, d'ailleurs, réalisée dans un certain nombre de cas, comme au Cotopaxi, sur le plateau de Quito et à l'Orizaba, au Mexique. Le plus souvent, elle s'est compliquée en raison de phénomènes nombreux qu'on peut répartir en deux groupes principaux : la succession d'éruptions dans une même région, chacune modifiant les résultats précédemment obtenus et l'intervention des causes extérieures qui altèrent et détruisent peu à peu la forme primitive.

Au point de vue de la structure générale, on peut faire trois types parmi les volcans, quitte à admettre entre eux des dispositions mixtes qui effacent les degrés tranchés dans une série continue.

Le plus simple de ces types est celui que nous pré-

sente le Monte-Nuovo et dont nous retrouvons tant d'exemples encore assez bien conservés pour servir à une étude précise, dans les cinquante petits cônes, tronqués à leur sommet et renfermant un cratère, qui font deux séries régulières sur le plateau dominant Clermont-Ferrand. Dans ce cas, la « montagne » est le produit d'une seule éruption; elle consiste en un bourrelet annulaire de lapilli et de cendres, cimenté plus ou moins, par places, par des épanchements laviques et souvent aussi par des refusions de matéraux réchauffés après leur accumulation. Des circonstances favorables permettent parfois de pénétrer dans l'intimité de semblables cônes et, par exemple, l'exploitation industrielle des matériaux dont ils sont formés. C'est ce qui se présente dans le volcan de Gravenoire, à Royat, où des carrières de « pouzzolane » placées diversement, mettent en évidence la structure « en chevrons » des pierrailles accumulées.

Rien de plus facile que d'interpréter une pareille disposition et l'expérience vient, à cet égard, au cours de l'observation : d'après ce qu'on a vu précédemment, le cône résulte de l'accumulation, autour du point éruptif, de matériaux projetés verticalement par les vapeurs souterraines et qui retombent sous l'action de la pesanteur. Il est facile d'imiter ces conditions en lançant par un trou percé au milieu d'une table, un jet ascendant d'air chargé de poussière. On obtient très rapidement un tas annulaire enveloppant un cône creux et renversé, au fond duquel, en faisant varier, pendant l'expérience, la grosseur ou la couleur des petits grains pierreux projetés, on produit dans le tas des alternances de structure qui se traduisent par une stratification *en chevrons* tout à fait caractéristique de ce genre de formations[1].

1. STANISLAS MEUNIER. *La Géologie générale*, 2e édition. p. 150. Paris, 1909, vol. in-8°.

D'ailleurs, chacun des cônes d'Auvergne ne peut guère être considéré comme un volcan complet, et l'on sait que les « puys » sont alignés sur de longues cassures plus ou moins voisines des méridiens et par conséquent rectilignes. La comparaison avec les faits procurés par des observations concernant des productions plus anciennes, conduisent à faire supposer que ces cassures ont donné passage à des plaques de roches éruptives qui n'ont trouvé qu'en certains points les facilités nécessaires pour parvenir au jour et pour y développer la série des phénomènes de projection dont le cône est le résultat. Il est permis de supposer aussi que chacune des crevasses d'éruption s'est propagée avec le temps, de façon à transporter dans une direction plus ou moins continue le point d'activité superficielle : ce transport étant un caractère à chaque instant reproduit de ces énergies originaires des profondeurs.

Il y a déjà longtemps qu'on a signalé l'inégalité d'âge de cratères voisins, conclue de l'état de leur altération intempérique. En particulier, Poulett Scrope a développé, à cet égard, des considérations qui ont été exceptionnellement fécondes au point de vue de la Géologie générale.

L'Etna peut nous servir d'exemple d'un second mode de structure du volcan facilement rattachable, d'ailleurs, au premier. Un coup d'œil suffit pour montrer que chacune de ses éruptions affecte un siège particulier et donne naissance à un cône rigoureusement construit sur le type précédent. La différence est dans la proximité relative des points d'éruption et dans leur grand nombre. Quand l'un d'eux se déclare, il apporte ses matériaux au milieu des productions antérieures qui s'y sont déjà enchevêtrées les unes dans les autres. La carte de l'Etna est éloquente pour faire apprécier le rôle des « cônes parasites » dans l'anatomie de la montagne gigantesque.

Les coupes naturelles dues à diverses causes et avant tout à l'érosion pluviaire, montrent des alternances innombrables sur une même verticale de dépôts éoliens de lapilli et de cendres, et d'épanchements laviques. La masse de ce véritable édifice, bâti à coups d'éruptions successives, atteint maintenant des milliers de mètres d'épaisseur; elle a protégé de l'érosion intempérique les assises sous-jacentes de terrains non volcaniques au travers desquels se sont ouvert leur chemin les premières manifestations éruptives, et c'est ainsi que le colosse sicilien a acquis progressivement sa hauteur en même temps que son extraordinaire complication.

A l'égard de cette dimension, on est autorisé, comme l'a fait naguère Rames [1], à en voir comme un autre exemplaire dans les restes d'un autre Etna, quaternaire celui-là, et profondément démantelé, et qui n'est autre que le Plomb du Cantal. Cette fois, la plupart des cônes ont disparu, mais on peut par la pensée couronner chaque dyke d'un cratère et rétablir un profil analogue à celui du volcan d'aujourd'hui.

Comme type de la troisième catégorie de volcans, c'est le Vésuve que nous choisirons; il participe des caractères des deux précédents en les associant d'une manière très particulière. En somme, on pourrait dire que le Vésuve est un Etna dans lequel le type morphologique du Monte-Nuovo manifeste une tendance à se conserver par la reproduction de l'éruption au même point. Quand on a fait l'ascension de l'Ottojano et qu'on plonge le regard dans l'entonnoir éruptif, on y aperçoit le cône parasite provenant de la dernière manifestation volcanique. Auprès de lui subsistent des vestiges plus ou moins distincts des cônes précédents, altérés et presque détruits par les projections postérieures.

1. *Topographie raisonnée du Cantal*, 1 vol. in-18. Aurillac, 1879, p. 5 et suiv.

Au Stromboli, comme au Vésuve, le cratère moderne est *inclus* dans le cratère ancien. Celui-ci est d'ailleurs réduit à un demi-cercle, toujours comme au Vésuve, une partie de son contour, celle qui est située à l'ouest, ayant été crevée pour faire place au cratère actuel. Il s'est fait, au cours des temps, un déplacement lent vers l'ouest des bouches explosives.

Parties essentielles de l'appareil volcanique. — En résumé, et quel que soit le type considéré, un volcan comprend plusieurs parties essentielles :

1° Dans une région convenablement profonde de la croûte terrestre, un réservoir contenant une provision de matière foisonnante, c'est-à-dire jouissant de la propension à jaillir vers la surface du sol, par un accroissement de son volume initial;

2° Une fissure (géoclase) mettant en relation ce laboratoire souterrain et des régions supérieures à pression notablement moindre et qui, en conséquence, devient le réceptacle des roches émises de la profondeur, et la voie par laquelle cheminent les matériaux de toute nature, gazeux, liquides et solides, qui composent tout le cortège des déjections volcaniques.

Après refroidissement du volcan, on y retrouve le moulage des régions souterraines par les laves, sous la forme d'*amas*, de *typhons*, de *culots*, etc., de *dykes*, de *laccolithes*, de *lits de cinérites*, parfois fossilifères, enfin de *gîtes stannifères* ou fumarolliens (pouvant d'ailleurs contenir, à la place de l'étain, ou associées avec lui, toutes les substances capables de dériver du processus imaginé et mis en œuvre par Gay-Lussac).

On y retrouvera aussi des régions solfatariformes et enfin des zones périphériques plus ou moins métallisées et modifiées par le métamorphisme de contact ou par le contact des émanations de tous genres.

Ces diverses parties seront, suivant les cas, agencées ensemble de façons fort diverses et certaines d'entre elles pourront manquer dans des localités particulières en raison de l'intensité de la destruction par érosion.

Renseignements fournis par l'érosion des volcans anciens. — Il convient d'ajouter que nos connaissances sur la structure des volcans ne se se bornent pas à leurs parties les plus externes. Dans une foule de cas, les intempéries ont réalisé, dans la masse de ceux qui sont suffisamment anciens, une véritable dissection et par la réunion de documents de ce genre dans des localités très diverses, on arrive à reconstituer complètement le volcan théorique. Nous reviendrons sur ce sujet à propos de la nature des matériaux associés; pour le moment, il y a lieu seulement de nous arrêter au point de vue morphologique.

En premier lieu, les murailles souterraines de roches éruptives nous laissent pénétrer le détail de leur allure, de leur dimension et de leurs associations.

Les masses éruptives se rencontrent, soit en *dykes* (ou filons), soit en *nappes*, les unes interstratifiées dans les sédiments, les autres, épanchées à la surface du sol; soit enfin en *laccolithes*, c'est-à-dire en amas arrêtés au-dessous de la surface du sol.

Les dykes (fig. 18) ont des dimensions extrêmement variables qui dépendent de celles des géoclases et des fissures de tous ordres dans lesquelles ils se sont solidifiés et dont ils représentent comme le moulage. Ce sont des sortes de murailles souterraines dont quelques points seulement (parfois un seul) se trouvent en rapport avec l'extérieur par une cheminée volcanique. Dans celle-ci, la roche éruptive prend la forme d'une colonne plus ou moins cylindrique et c'est ce que montre le résultat de la véritable dissection que

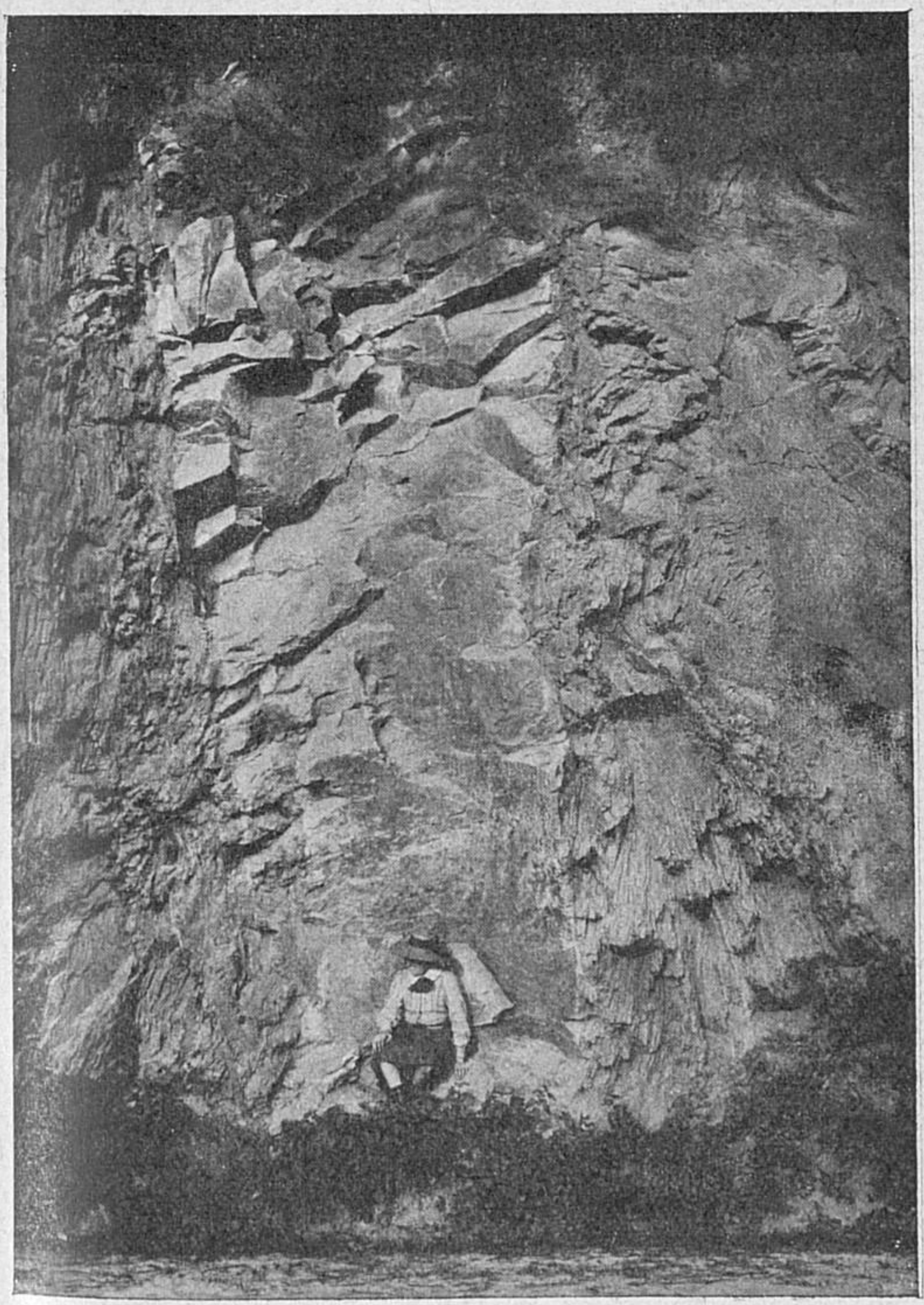


Fig. 18. — Dyke, ou filon de granulite dans les schistes, à Morlaix (Finistère).
Cliché Aug. Robin.

de très vieux volcans ont subi de la part des agents de l'intempérisme. Ces colonnes, auxquelles les géologues anglais ont appliqué la dénomination de *necks* (cous), sont admirablement représentées par la magnifique « roche rouge » des environs de Brives et que Faujas de Saint-Fond, qui l'a découverte, a si bien représentée dans son luxueux ouvrage sur l'Auvergne [1].

Les nappes tantôt se sont épanchées à la surface du sol (v. plus loin la fig. 21) et tantôt se sont fait jour dans les diastromes ou plans de contact mutuel des assises sédimentaires superposées. Il est des cas où elles sont prodigieusement nombreuses, par exemple, dans le terrain houiller de l'Angleterre, où les niveaux de *trapp* sont rigoureusement parallèles aux couches de schiste, de grès et de combustible. Ce fut même un argument longtemps mis en avant par les élèves de Werner pour appuyer la doctrine neptuniste d'une prétendue origine sédimentaire des basaltes.

Ces nappes ne sont pas toujours, à beaucoup près, aussi simples dans leurs contours et on a attiré l'attention sur une singulière disposition qu'elles affectent en divers pays et qui leur a valu la dénomination de laccolithes[2]. (V. les fig. 19 et 20).

Cette forme de gisement a été d'abord signalée par M. A.-C. Peale pour certaines régions de l'État de Colorado [3]; mais M. G.-K. Gilbert lui a donné une importance tout à fait considérable par sa description des Monts Henry [4] qui sont situés dans l'Utah méridional, entre le « Dirty Devil » et l' « Escalante », deux tributaires du fleuve Colorado. Cet habile

1. *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*, un vol. in-folio. Paris et Grenoble, 1778, p. 364.

2. Cette dénomination avait été précédée de celles de *culots* et de *typhons* à une époque où les formes dont il s'agit n'avaient point été suffisamment étudiées.

3. *Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the territories*, III, p. 551, 1877.

4. *Report of the Henry Mountains*, in-4°. Washington, 1877.

géologue décrit l'accident qui nous occupe d'une manière intéressante :

« Il est ordinaire, dit-il, pour une roche ignée de s'élever jusqu'à la surface de la terre et, arrivée là, de s'écouler au dehors et de construire des montagnes et des collines par une succession d'éruptions. La matière fondue provenant de quelque région de profondeur inconnue passe au travers de toutes les roches superposées et s'accumule elle-même par-dessus le lit supérieur. Les laves laccolithes des Monts Henry se comportent différemment. Au lieu de jaillir au travers des couches de la croûte terrestre, elles s'arrêtent à un horizon souterrain, s'insinuent entre deux couches et s'ouvrent une place suffisante en soulevant tout d'une pièce les lits superposés. Dans cette sorte de chambre, elles se solidifient, formant un corps massif de trapp. Pour ce corps, le nom de laccolithe (λακκος citerne et λίθος pierre) doit être employé. Le laccolithe est l'élément dominant de la structure dont les Monts Henry nous fournissent l'exemple classique. »

L'étude de ces accidents a été rendue particulièrement facile par ce fait que l'érosion s'étant attaquée à eux de façon très inégale, suivant les conditions de chacun, on a tous les éléments pour restaurer le laccolithe type. D'une façon générale, les laccolithes sont de forme ramassée ; la base est plane, sauf quand la strate sous-jacente est arquée ; et, quand on a pu la voir, on a trouvé que cette base est ovale avec deux axes dont le rapport n'excède pas 3:2. Le profil est une courbe simple, convexe par en haut et rarement à surface ondulée. L'épaisseur ne dépasse pas le tiers de la largeur ; mais elle est fréquemment moindre et le rapport moyen entre ces deux dimensions est de 1:7. En somme, la forme de l'amas est celle d'un demi-sphéroïde de révolution.

La roche ordinaire de ces laccolithes est un tra-

chyte porphyritique, habituellement dépourvu de la structure prismatique ou ne la manifestant qu'à un faible degré. Dans divers cas, les laccolithes ont exercé une action métamorphique sur les sédiments

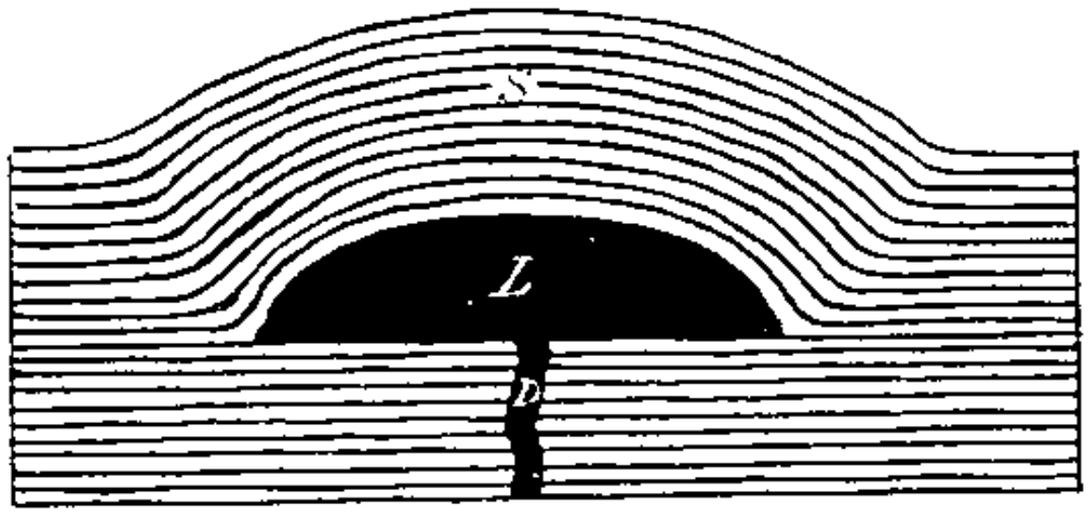


FIG. 19. — Un laccolithe.

au contact desquels ils se sont solidifiés. A cet égard, le sommet des amas s'est montré plus efficace que les côtés. Les grès sont moins affectés que les schistes

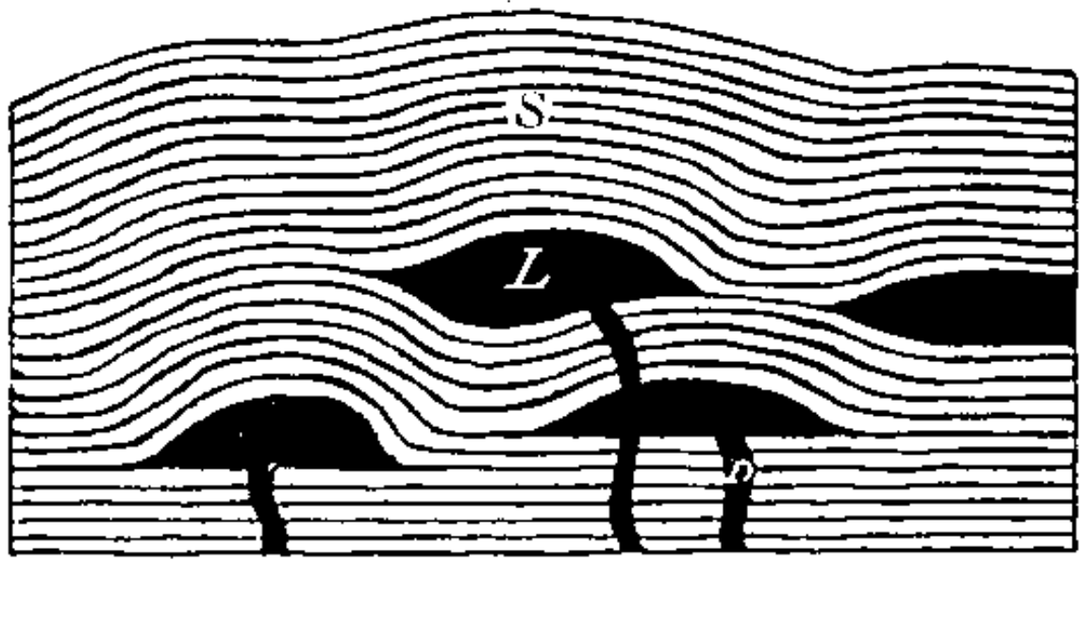


FIG. 20. — Divers types de laccolithes.

qui souvent sont endurcis au point de faire feu au briquet et où le microscope découvre de très petits cristaux de feldspath de formation secondaire.

Tout naturellement, on a cherché à déterminer la cause d'où dérivent les laccolithes, c'est-à-dire à savoir pourquoi les roches éruptives produisent tantôt des volcans, tantôt des laccolithes. On n'a pas ici à étudier de nouveau le problème volcanique, mais seulement à préciser les circonstances qui déterminent l'arrêt de la roche ascendante au-dessous de la surface

du globe. A ce sujet, le capitaine Dutton [1] s'est livré à des considérations qu'on peut résumer ici en quelques mots, bien que leur caractère essentiellement théorique doive les rendre d'application peu facile à la réalité. En supposant que la roche fondue obéisse seulement aux lois de l'hydrostatique, et qu'elle s'arrête dans le point que lui procure la situation la plus basse, au centre de gravité de l'ensemble du terrain à la fois stratifié et éruptif, l'auteur conclut :

1° Que, si le fluide est moins dense que le solide, il passera à travers celui-ci jusqu'à la surface du sol et édifiera une montagne subaérienne ;

2° Que, si la portion supérieure de la roche solide est moins dense que le fluide, tandis que la portion inférieure est plus dense, le fluide n'arrivera pas à la surface, mais passera entre les solides lourds et légers et soulèvera ces derniers;

3° Que, si la croûte est formée de lits horizontaux de densités diverses et alternatives, le fluide choisira pour s'y arrêter un niveau tellement conditionné qu'aucun groupe supérieur de lits successifs comprenant le lit immédiatement au-dessus de lui, ne puisse avoir une densité moyenne plus grande que la sienne, et qu'aucun groupe inférieur de lits successifs comprenant le lit immédiatement au-dessous, ne puisse avoir une densité moyenne plus petite que la sienne.

Inversement, on pourra dire qu'une série de strates de densités diverses et alternatives étant donnée, une lave très légère les traversera jusqu'au sommet et sera extravasée ; une plus lourde s'intercalera à quelque niveau bas et des laves dissemblables choisiront un nombre égal au leur de niveaux différents.

1. *Report on the geology of the Henry Mountains*, par G. K. GILBERT, 1 vol. in-4°. Washington, 1877. — Voir à la page 61 de ce *Report* le chapitre intitulé : *Report on the lithological caracters of the Henry Mountains intrusives*, par le capitaine C. E. DUTTON.

Il est facile d'imaginer une combinaison de conditions telles qu'un léger changement dans la lave détermine un grand changement dans un niveau d'intrusion.

Mais il ne faut pas oublier que, dans quelque phase que ce soit du volcanisme, la rigidité et la cohésion ne sauraient manquer. Il en résulte des résistances pour la libre circulation des laves, qui doivent modifier leur observance aux lois de l'hydrostatique. Si la résistance augmente pour les intrusions latérales, il en résulte des conditions favorables à la formation du volcan; si, au contraire, c'est la pénétration supérieure qui est gênée, la tendance aux intercalations latérales est augmentée, c'est-à-dire la formation des laccolithes. Dans chaque cas, l'intervention des lois d'hydrostatique est modifiée; mais il n'en résulte jamais qu'une simple modification.

En résumé, suivant l'auteur, tant que les laves sont fluides, elles sont soumises aux lois de l'équilibre des liquides et leur manière d'être est déterminée par le rapport de leur densité à la densité des solides dans lesquels elles pénètrent. Lorsque ces derniers solides sont rigides et cohérents, de nouvelles conditions sont introduites par la résistance qu'ils opposent à la pénétration. Si la résistance est la même dans toutes les directions, alors le rapport des densités détermine l'arrêt ou le jaillissement des laves; mais si les résistances verticale et latérale sont inégales, le rapport entre ces résistances détermine la condition finale.

Il faut rapprocher des laccolithes américaines les accidents stratigraphiques tout à fait comparables qui ont été très savamment étudiés par Mlle Vera de Derwies [1], aux environs de Piatigorsk (Térek), sur le versant nord de la chaîne du Caucase.

1. *Recherches géologiques et pétrographiques sur les laccolithes des environs de Piatigorsk* (*Caucase du Nord*), 1 vol. in-4° avec 12 fig. et 3 planches. Genève, 1905.

Un exemple typique de ce mode de gisement des roches volcaniques se présente dans la masse du Machonk, qui domine la ville et où le noyau éruptif est recouvert entièrement par une enveloppe sédimentaire. Tout le sommet est constitué par des assises sénoniennes, recouvertes de lambeaux éocènes plongeant dans tous les sens, c'est-à-dire ayant la forme de calottes superposées les unes aux autres. Il s'est d'ailleurs produit sur le flanc sud-est de la montagne un effondrement en forme d'entonnoir, dit le Grand Proval et dont le fond présente un petit lac déterminé par le jaillissement d'une puissante source thermale et sulfureuse, témoignage de l'activité récente de la région. Le sol est traversé de géoclases dont l'une longe l'arête de la Montagne Chaude (Goratchaïa Gora), et qui livrent passage aux eaux minérales actuellement si fréquentées par les baigneurs, à Piatigorsk même[1].

Un autre exemple se présente à quelques kilomètres, au nord-ouest du précédent, dans la montagne de Lisaïa. Cette fois encore, il s'agit de porphyrite quartzifère recouvert de couches en calottes de calcaires sénoniens. D'énormes amas de travertins anciens recouvrent les pentes orientales de la montagne.

Plusieurs autres points sont étudiés de même par Mlle V. de Derwies, et le doute ne saurait subsister quant à l'identité parfaite de ces poussées de roches volcaniques n'ayant pas atteint la surface du sol, avec les laccolithes classiques de l'Amérique du Nord[2].

1. Voy. à cet égard la note sur *La Géologie et l'Hydrologie de la région de Beschtaou*, de M. L. Dru, B. S. G. F., 3e série, t. XII.

2. A propos de cet intéressant sujet, on peut voir aussi : Cohen. *Contactter Scheinungen an den Liparit-Lakkoliten des Gegend von Pjatigorsk in nordlichen Kaukasus* (Mittheilungen des Naturwisenschafftlichen Vereins für Neuverpommern und Rugen), année 1890.

CHAPITRE VII

LES ANNEXES DES VOLCANS

Sommaire. — Manifestations post-éruptives des volcans. — Les étuves : Étuve de Néron. — Les solfatares. — Les mofettes : la Grotte du Chien.

Il serait impossible d'avoir une conception juste et complète de l'appareil et du mécanisme volcaniques, si l'on n'avait en vue que les volcans proprement dits et répondant exactement aux descriptions précédentes. La Nature nous procure en outre toute une série de faits véritablement complémentaires et dont il y aura lieu de tenir le plus grand compte lors de l'établissement de la théorie générale. On les observe en des points qu'il est impossible de méconnaître comme de véritables volcans auxquels il manque cependant le trait essentiel de ceux-ci, qui est de faire éruption. Ils en sont seulement des émanations gazeuses, tantôt chaudes encore et tantôt froides et dont la composition varie suivant les cas.

Étuves volcaniques. — Parfois le produit exhalé consiste simplement en vapeur d'eau, et il s'agit alors des *étuves* naturelles. La plus célèbre se rencontre dans les Champs Phlégréens, auprès de Naples, et est connue sous l'appellation d'Étuves de Néron. Les Romains y prenaient des bains de vapeur. Cette vapeur s'échappe d'une source très chaude située dans les profondeurs de la montagne. Après avoir traversé

des salles où les malades venaient respirer à la sortie de l'étuve, on s'engage dans un couloir de deux mètres de haut et d'un mètre de large. Au bout d'une quarantaine de mètres, d'un trajet fort pénible, à cause de la chaleur, 43 degrés en haut et 37 degrés en bas, le couloir change de direction, se rétrécit et sa température augmente encore. Il descend en pente très rapide. Le Dr Constantin James, qui a fait le voyage dans la grotte jusqu'au bout, en a bien décrit les difficultés :

« A chaque instant, je m'arrête épuisé... Le courant supérieur indique 48 degrés, l'inférieur 45 degrés. Nous sommes enveloppés d'une vapeur telle que la flamme de la torche, d'où s'exhale une fumée fétide, n'apparaît que comme un point brillant au milieu d'un anneau lumineux.

« Nous descendons toujours. L'atmosphère est de plus en plus étouffante. Cependant le terrain se redresse. Un léger bouillonnement indique que nous sommes près de la source. Mais la vapeur est si épaisse qu'il faut que le gardien promène sa torche au-dessus des objets pour les éclairer.

« Je me traîne vers la source, tenant mon thermomètre à la main; mais j'avoue qu'à ce moment les forces me manquèrent. Le mercure indiquait 50 degrés sans différence entre les couches supérieures et les couches inférieures. Mon pouls battait tellement fort que je ne pouvais plus en compter les pulsations... Ce fut le gardien qui plongea mon thermomètre dans la source. La température de l'eau est de 85 degrés[1]. »

Bien entendu, les malades n'allaient jamais jusqu'au fond de la grotte pour prendre leur bain de vapeur.

Spallanzani[2] mentionne des points analogues à la

1. *Annuaire des Eaux de la France*, t. I.
2. *Voyage dans les Deux-Siciles*, I, p. 200.

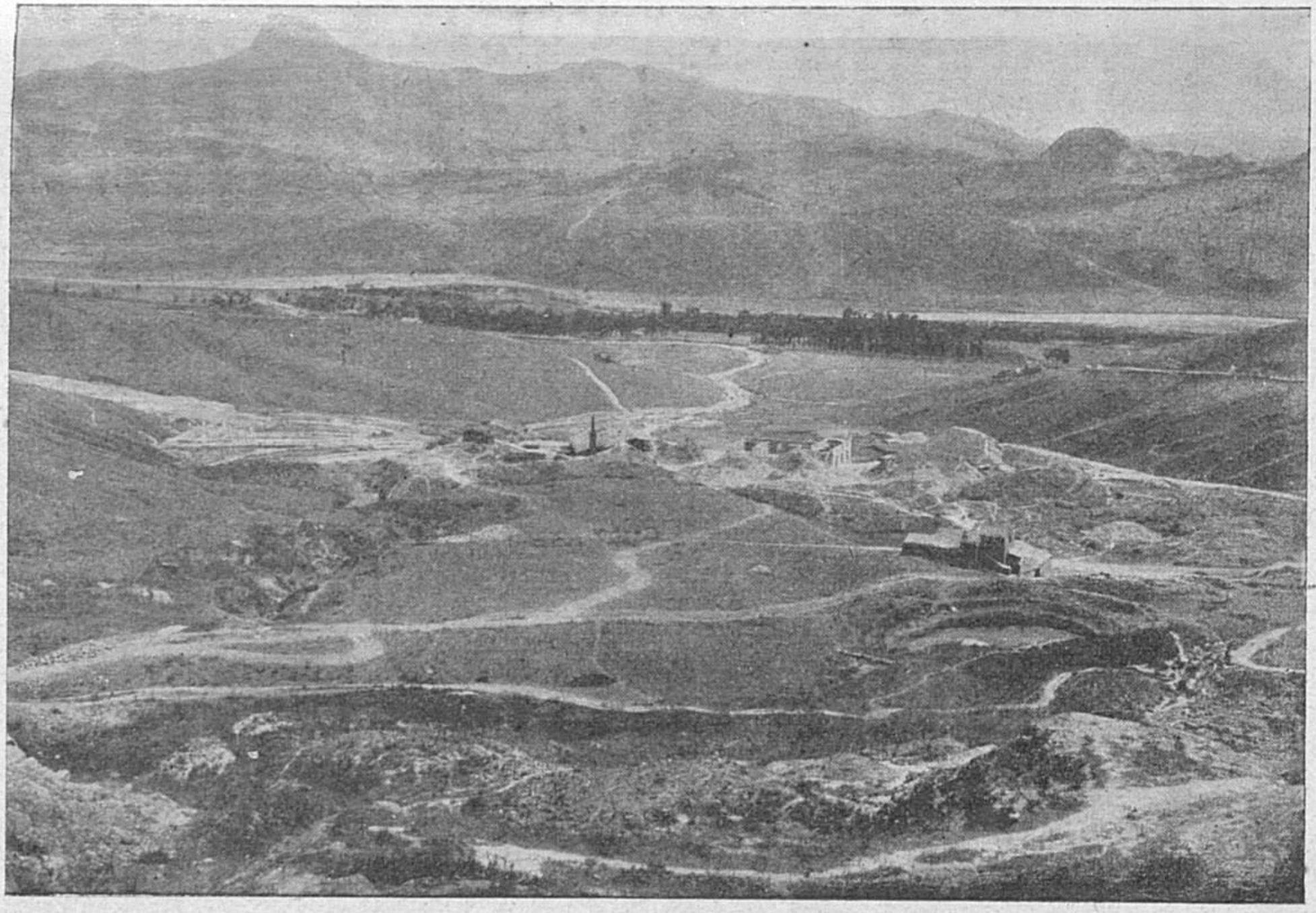


Fig. 21. — La mine de soufre de Campo-Franco, près de Casteltermini (Sicile). — Cliché Aug. Robin.

source volcanique des Champs Phlégréens, dans l'île d'Ischia. On en connaît de même dans une foule d'autres pays volcaniques.

Solfatares. — Ailleurs, c'est le sol qui dégage une matière gazeuse, de l'hydrogène sulfuré, ordinairement mélangé de vapeur d'eau, et l'on constate alors que le gaz sulfhydrique éprouve au contact de l'air une combustion partielle, à la suite de laquelle le soufre débarrassé de l'hydrogène auquel il était uni et qui s'est transformé en eau, se dépose à l'état de liberté. Les localités de ce genre sont connues sous le nom de *solfatares ;* la plus célèbre est encore dans ces Champs Phlégréens, si riches en accidents géologiques, tout au voisinage de Pouzzoles. C'est, à n'en pas douter, un vaste cratère encore très chaud, mais dont la cheminée est évidemment fermée, au moins actuellement, le cratère d'un volcan, parvenu à une phase de l'évolution volcanique très postérieure à celles qui caractérisent les éruptions proprement dites, et que les spécialistes qualifient de phase solfatarienne. On connaît des solfatares à la Guadeloupe, à Bourbon, et diverses régions plus ou moins anciennes en ont conservé des vestiges, comme le Val d'Enfer, au pied du Sancy, en Auvergne. Quelquefois, le soufre déposé reste en amas énorme. A Campo-Franco près de Casteltermini, en Sicile, le soufre d'origine solfatarienne alimente une exploitation productive (fig. 21).

White-Island, à deux milles du littoral de la Nouvelle-Zélande, en face de la baie de Plenty, est un gigantesque rocher formé principalement de soufre mêlé de gypse et de quelques autres matières minérales. Au centre se trouve une sorte de cratère de 22 hectares, rempli de vase en ébullition constante. Toute la surface de l'île est en outre percée de 300 à 400 ouvertures beaucoup plus petites, qui émettent

jour et nuit des jets brûlants de vapeur et des fumées sulfureuses. Ces éruptions, très bruyantes, sont accompagnées de tremblements de terre aussi violents que prolongés[1].

Mofettes. — Enfin les *mofettes* constituent une phase encore plus avancée de l'évolution des volcans qui ont dépassé leur période d'activité. Elles sont caractérisées par la sortie de gaz carbonique provenant des profondeurs souterraines. La Grotte du Chien des environs de Pouzzoles est à citer comme le type de ce genre de localités, à cause de son antique célébrité. C'est une sorte de caverne dont l'atmosphère se charge de gaz poussés vers le jour au travers d'une fissure du sol. Dans ces dernières années, et par une application de l'ionisation des gaz, on a imaginé de rendre l'anhydrite carbonique visible aux yeux en y jetant une fusée enflammée qui y mélange sa fumée sans qu'elle puisse pénétrer dans l'atmosphère superposée. Il en résulte qu'on voit le gaz comme on verrait de l'eau et qu'on apprécie la hauteur exacte de son niveau.

Nous avons comme une réduction *del Grotto del Cane* à Royat, tout près de Clermont, et dans une foule d'autres points de l'Auvergne, à Saint-Nectaire par exemple, où le gaz exsude du sol d'une manière continue.

Java est célèbre par une gigantesque mofette sur laquelle on cite force anecdotes plus ou moins exactes.

1. *La Nature* du 5 février 1900, nº 1393, p. 166.

CHAPITRE VIII

LES ROCHES VOLCANIQUES

Sommaire. — Procédés spéciaux de l'étude des roches. — Roches modernes et roches anciennes. — Rôle des cendres ou cinérites dans la comparaison de ces deux groupes. — Le trachyte et le basalte. — Les magmas et la communauté d'origine des divers types de roches. — La composition chimique et la composition minéralogique comparées. — Roches acides, roches neutres, roches basiques. — Rôle comparé des différents feldspaths. — Les roches vitreuses : obsidienne, ponce. — Les cendres : leur mode de formation. — Cendres cristallines et cendres vitreuses. — Émanations gazeuses : fumerolles.

Caractères généraux des roches volcaniques. — Les volcans sont, avant tout, des laboratoires dans lesquels s'élaborent de très nombreuses substances minérales. Il en résulte que les roches volcaniques constituent comme un groupe défini parmi toutes les roches et dont l'étude est aussi attachante qu'elle est compliquée, depuis qu'il a fallu reconnaître que toutes les roches éruptives considérées précédemment comme distinctes sont en réalité des roches volcaniques de divers âges.

Cette étude des roches conduit à des conséquences très importantes au point de vue de la connaissance du phénomène volcanique, en même temps qu'en ce qui concerne les problèmes les plus larges de la lithologie.

Pour concevoir le vaste ensemble qu'elles composent, il faut d'abord noter que les divers volcans ne donnent pas, nécessairement, les mêmes roches;

il y a toujours, des uns aux autres, d'intimes liens de composition, de structure et de gisement; mais chaque groupe de volcans imprime ses caractères particuliers aux matières qu'il a rejetées, de sorte que, dans une certaine mesure, on peut reconnaître le point d'origine de tel ou tel échantillon (sauf pour certains types fréquemment reproduits).

Un deuxième point à remarquer, c'est que les volcans anciens ne nous procurent que d'une manière très exceptionnelle des spécimens comparables à ceux qui abondent dans les volcans actuellement actifs. Cette différence est si accentuée, qu'étant donné le point de vue primitif des anciens géologues, on n'a pas manqué d'en conclure une différence dans le mode de sortie des roches et dans leur condition de formation aux différentes époques. Encore très récemment, les auteurs soulignaient les contrastes entre les deux genres de formations[1], bien que déjà, et depuis nombre d'années, on en eût affirmé l'identité[2].

Le trait d'union entre ces deux groupes, considérés d'abord comme si distincts, a été établi par la présence, des deux parts, de lits formés de matériaux de projection : *cendres* pour l'époque actuelle, *cinérites* pour les temps antérieurs. Et, à cette occasion, on ne saurait trop admirer l'intuition véritablement géniale de Murchison qui, déjà en 1831, qualifiait de cendres volcaniques certains lits subordonnés au terrain du Snowdon, dans le pays de Galles[3]. Beaucoup plus récemment, divers géologues ont reconstitué des volcans paléozoïques de l'Écosse et d'autres pays.

Aussi, la conclusion à laquelle tout le monde s'est

1. Voir DE LAPPARENT. *Traité de Géologie*, 2e édition, p. 1292, 1885.

2. V. par exemple : STANISLAS MEUNIER. *Les Causes actuelles en Géologie*, pp. 88 et 89, 1 vol. in-8°. Paris, 1879.

3. *Siluria. The history of the oldest fossiliferous rocks and their foundations*, 1 vol. in-8°. Londres, 1854 (la 3e et dernière édition est de 1859).

rallié aujourd'hui est-elle que les deux séries, moderne et ancienne, se font suite et se complètent l'une l'autre. La série ancienne représente les parties profondes ou racines des volcans actuels, inaccessibles à cause de leur gisement souterrain; pendant que les roches actuelles représentent les portions superficielles des anciens appareils, maintenant inétudiables directement, parce que les agents toujours à l'œuvre de l'intempérisme les ont démantelés et éparpillés depuis longtemps. Grâce à ce rapprochement, nous pouvons réaliser la synthèse du volcan complet avec autant de certitude que s'il était loisible de faire de l'Etna ou du Vésuve une coupe verticale poussée jusqu'à la base, d'où les produits éjectés sont originaires.

Une fois à ce point de vue, on constate facilement que la masse éruptive poussée des profondeurs dans la cheminée qui s'ouvre à la surface se modifie très progressivement avec la hauteur. Le *magma*, comme on dit, s'est différencié en conséquence des conditions régnant en chaque point.

Dans son travail sur la *Gran Canaria*[1], M. Salvador Calderon insiste sur l'antériorité des sorties de trachyte relativement aux éruptions de basalte. A cette occasion, il signale la confirmation qui en résulte pour l'hypothèse émise par Poulett Scrope, quant à l'influence de la densité sur la séparation des minéraux renfermés dans le magma souterrain[2]. Il remarque que les minéraux les plus abondants dans les basaltes possèdent un poids spécifique supérieur à celui des minéraux trachytiques et il conclut qu'en profondeur, le triage consécutif détermine la sortie des minéraux feldspathiques avant l'éruption des minéraux ferro-magnésiens.

1. *Annales de la Sociedad espanola de Historia natural*, t. IV. Madrid, 1876, p. 24 du tiré à part.

2. *Geological transactions of the royal Society of London*, 2e séric, t. II.

Orville Derby appliqua ce principe, d'abord énoncé par Iddings, à l'étude des localités brésiliennes, et il reconnut des relations génétiques entre elles. En 1887 il constata que le centre de Pocos de Caldos au Brésil est volcanique dans le sens le plus exact du mot et représente un volcan carbonifère, dans lequel la foyaïte et la phonolite se présentent comme des phases diverses de l'évolution d'un même magma.

Des faits analogues furent bientôt mis en évidence à Ipanema, dans l'État de Saint-Paul, au Brésil et dans plusieurs autres localités. Partout les preuves surabondent de la communauté d'origine. Pour la foyaïte et la phonolite, ces preuves consistent surtout dans une intime association sans surfaces limitées pour chaque type. On voit, sur les marges, un passage progressif de la foyaïte à la phonolite. On observe aussi des inclusions de phonolite dans la foyaïte et tout auprès des inclusions de foyaïte dans la phonolite. C'est d'une manière presque aussi nette qu'on découvre la preuve de la *consanguinité* entre la syénite augitique et la néphélinite. A Jacupiranga, un passage direct par suppression de la néphéline, de la foyaïte à une phase de la syénite augitique, peut être précisé.

Composition minéralogique. — Il faut avoir cet ensemble de faits présent à l'esprit pour classer les divers types que l'analyse permet de distinguer dans la colonne volcanique. Ces types diffèrent beaucoup les uns des autres par leur aspect et les différences sont en relation avec les variations de la *composition minéralogique*, c'est-à-dire selon la présence, la proportion, ou l'absence de tel ou tel minéral.

On sait, en effet, que les diverses roches éruptives diffèrent fort peu les unes des autres par leur composition chimique. Les mêmes éléments se retrouvent dans toutes : silice, alumine, potasse, soude, chaux, magnésie, oxyde de fer, etc. Ce qui varie, c'est la pro-

portion, dans chacune d'elles, de minéraux parfaitement définis au double point de vue de la formule chimique et de la forme cristalline : quartz, feldspaths, leucite, pyroxène, amphibole, fer oxydulé, etc. Aussi, c'est d'après la coexistence de certaines de ces espèces minérales, en même temps que d'après l'absence de certaines autres, qu'on caractérise les types lithologiques différents : granit, porphyre, granulite, diabase, labradorite, basalte, diorite, syénite, péridotite, serpentine, ophite, leucitite (amphigénite), trachyte, rhyolite, andésite, porphyrite, mélaphyre, gabbro, néphélinite, etc.

Roches acides, roches neutres et roches basiques. — Suivant la quantité relative des minéraux constituants, chaque roche présente des caractères généraux qui permettent d'établir de grands groupes dans la série lithologique. Les plus utiles à considérer ici, où nous n'avons nullement la prétention de faire un traité des roches, sont qualifiées couramment de roches acides, roches neutres et roches basiques. Les premières renferment une proportion telle de silice et de bases que ces dernières, après leur saturation, laissent un excès de quartz libre, en grains, plus ou moins fragmentaires; le feldspath orthose, l'anorthose, l'albite, la sanidine, le microcline, les caractérisent ; le granit, la granulite, le porphyre sont des types de ce genre de formation.

Les secondes, c'est-à-dire les roches neutres, renferment une proportion telle de silice et de bases que la saturation est à peu près exacte. Le type principal est fourni par le groupe des Andésites dont le feldspath essentiel est l'oligoklase.

Enfin, dans le groupe des roches basiques, la quantité de silice est insuffisante pour réaliser la saturation complète de toutes les bases et on y rencontre des protosilicates comme le péridot ou olivine. Les

feldspaths caractéristiques sont le labrador et l'anorthite.

En rapprochant ces données des précédentes, on arrive à concevoir que, dans l'ensemble d'une poussée éruptive traversant la croûte terrestre sous une certaine épaisseur et abandonnée au refroidissement et à la consolidation spontanée, il se réalise une sorte de liquation ou de départ, qui concentre, à d'inégales hauteurs, les diverses espèces minérales auxquelles la cristallisation du magma général peut donner naissance. De la sorte, la base de la colonne tend à se former de certains types riches en minéraux les moins fusibles, comme le quartz et l'orthose dans le granit et la diorite quartzifère, comme le pyroxène dans les diabases. Dans le milieu tendent à s'accumuler les cristaux d'oligoklase, comme en présentent les porphyrites de l'Estérel (dacite), qui sont d'âge secondaire tout à fait inférieur. Enfin, vers le haut, se présentent surtout les roches basiques du type basalte (roches à labrador et à anorthite), auxquelles, d'ailleurs, s'associent des trachytes (domite à sanidine, etc.). Bien entendu, toutes les transitions peuvent trouver place dans ces séries qui sont modifiées ici ou là, d'après des circonstances accessoires très variées. Dans les Andes, par exemple, les roches à oligoklase sont venues faire de grands cônes sur le sol à l'époque tertiaire et nous avons, en Europe. beaucoup de représentants synchroniques de ces mêmes roches neutres. A la Martinique, des andésites ont fait éruption en 1902 et elles correspondent, en particulier, à cette aiguille si remarquable par son mode de surrection et par ses modifications successives.

Roches vitreuses. — Il est indispensable d'ajouter à la série précédente des roches volcaniques plus ou moins cristallines, un ensemble beaucoup moins nom-

breux de matières vitreuses. C'est l'occasion de remarquer que l'état vitreux se signale par son caractère d'exception ; l'état cristallin apparaissant comme étant évidemment beaucoup plus stable.

Le type lithologique vitreux le plus abondant est représenté par l'obsidienne. C'est une roche très foncée, noire, brune ou rouge, quand elle est en masse, mais apparaissant avec une nuance grise et parfois jaunâtre, plus rarement rougeâtre quand elle est en éclats peu épais. Sa composition chimique est peu différente de celle du feldspath. Elle offre cependant ce trait remarquable de contenir, à l'état occlus, un grand nombre de fois son volume de corps élastiques qui s'en dégagent à la chaleur rouge. Il en résulte qu'on ne peut chauffer cette roche sans la faire mousser énormément. Nous reviendrons sur ces curieux phénomènes à l'occasion des théories volcaniques.

L'obsidienne est fragile et sa fracture produit des éclats aussi tranchants que ceux du verre à bouteilles. Les Mexicains se servent encore de ces lames comme de rasoirs et en ceci ils ne font que suivre des traditions qui remontent aux temps préhistoriques.

Les îles Lipari sont remarquables par l'abondance des obsidiennes qui s'y rencontrent en plusieurs variétés dont les unes sont uniformes, tandis que d'autres sont veinées et rubanées et même quelquefois porphyroïdes par suite de la dissémination dans leur substance générale de noyaux ou de grains opaques qualifiés de *lithophyses* et qui nous offriront plus loin de l'intérêt.

La ponce, ou pierre ponce, se rapproche beaucoup de l'obsidienne par sa composition chimique ; mais elle en diffère par son apparence et par ses propriétés physiques. Tout le monde sait qu'elle est essentiellement bulleuse et parfois si légère qu'elle flotte sur l'eau. Elle constitue en certains endroits des amas volumineux, comme aux îles Ponza et dans

d'autres localités où elle figure au nombre des lapilli. On l'exploite comme substance propre à polir et à doucir un certain nombre d'objets dont la dureté n'est pas trop considérable. Ce n'est en somme qu'une variété spécialement pure dans la longue série des scories volcaniques si abondantes dans la plupart des cratères. L'île éphémère de Julia, subitement apparue en 1831 sur la côte S.-O. de la Sicile, était presque entièrement formée de scories à peu près exclusivement vitreuses, de couleur noire.

Cendres volcaniques. — Un savant belge, M. l'abbé Renard, a fait une étude des *cendres* rejetées par l'éruption du Krakatau, le 27 août 1883. Les échantillons qu'il a examinés avaient été recueillis à Batavia, à une distance d'environ 250 kilomètres du Krakatau, et sur le navire de guerre allemand *Elisabeth*, stationnant à 300 milles géographiques du même volcan.

L'auteur commence par cette remarque que les matières éruptives incohérentes ne présentent pas une composition absolument identique à celle des lapilli, bombes volcaniques, scories projetées à une petite distance du foyer, non plus qu'à celle des masses ignées qui s'épanchent du cratère.

« En admettant qu'il existe, au sortir du cratère, entre les laves et les matières pulvérulentes d'une même éruption, une identité chimique et minéralogique parfaite, et que les cendres ne soient que le produit de la trituration des laves, on comprend que celles-là, portées au loin par les vents, doivent subir dans leur trajet au travers de l'atmosphère un véritable triage suivant le volume et le poids spécifique des éléments amorphes ou cristallins constitutifs. Il en résulte que suivant les points où elles sont recueillies, des cendres volcaniques peuvent, tout en appartenant à la même éruption, présenter des

différences qui ne portent pas seulement sur la dimension des grains, mais encore sur la nature des minéraux qui les constituent[1]. »

Les cendres tombées à Batavia et sur l'*Elisabeth* avaient de grandes analogies d'aspect et de composition. Formées d'une matière pulvérulente gris-verdâtre à grains mesurant en moyenne 0,1 millimètre de diamètre, elles consistent en fragments vitreux criblés de bulles.

Nous ne suivrons pas M. l'abbé Renard dans son examen microscopique des cendres; nous donnerons seulement ses conclusions.

« On sait, dit-il, qu'autrefois Cordier, et avec lui un grand nombre de géologues, avaient admis que les matières volcaniques sont produites par la trituration des laves déjà figées dans le cratère. On ne peut nier qu'il existe au point de vue de la composition chimique une identité entre celle-ci et les cendres; mais le microscope montre que ces deux variétés de produits éruptifs présentent des différences de structure et de composition minéralogique qui ne permettent pas d'admettre l'hypothèse que je viens de rappeler.

« Quand on compare au microscope des lames minces de laves et des préparations de cendres, on constate que, dans ces dernières, les matières vitreuses jouent un rôle incomparablement plus important que dans les premières. On retouve dans les cendres ces particules vitreuses sous la forme d'éclats, d'enduits recouvrant les minéraux, ou comme enclaves dans les espèces qui leur sont associées. En outre, on remarque, en très grand nombre, dans les cendres, des formes embryonnaires de cristaux arrêtés dans leur développement normal par un refroidissement

1. *Les Cendres volcaniques de l'éruption du Krakatau, tombées à Batavia le 27 août 1883.* Extrait du *Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. VI, n° 11, 1883.

brusque; souvent on y découvre des globules et des filaments vitreux dont la structure et la forme indiquent de même qu'ils se sont figés très rapidement. C'est ce que nous montre aussi la fine dentelure ou l'enduit craquelé de matière vitreuse qui recouvre les contours des cendres; toutes ces formes délicates qu'affecte l'élément vitreux des cendres ne se concilient pas avec la trituration de la roche déjà solidifiée. Ce qui ne caractérise pas moins les cendres, c'est le nombre prodigieux de bulles gazeuses que renferment les éclats de verre des poussières volcaniques. Il n'est pas nécessaire d'insister sur ces particularités pour faire voir que l'interprétation la plus naturelle de la formation des cendres revient à admettre qu'elles sont produites par la pulvérisation d'une masse fluide, cette pulvérisation étant provoquée par l'expansion des gaz qui déterminent l'éruption. Cette poussière vitreuse se refroidit rapidement dans son trajet au travers de l'atmosphère et ces conditions de formation expliquent les formes particulières qu'elle affecte. Le nombre prodigieux de bulles gazeuses renfermées dans les particules vitreuses nous donne une idée de l'action des gaz dans les phénomènes éruptifs; ces pores accumulés dans un seul fragment, indiquent à leur tour que le refroidissement a dû se faire avec une grande rapidité, sinon ils se seraient fondus en une seule vacuole. D'un autre côté, l'examen microscopique montre que la pression des gaz emprisonnés était considérable; on peut en juger par les phénomènes optiques de tension que l'on remarque sur le pourtour des bulles et par leur déchirement que l'on constate en certains cas. »

M. Renard ajoute :

« Quoique l'on ne puisse nier le rôle important de la vapeur d'eau dans les phénomènes volcaniques, l'examen des cendres ne montre rien qui indique direc-

tement cette action ; on n'y retrouve pas d'enclaves liquides et ces inclusions sont extrêmement rares dans les roches volcaniques récentes. »

On reconnaît aisément qu'une certaine quantité de cendres sont entièrement vitreuses. Elles ressemblent exactement au microscope et pour les propriétés physiques à la substance pulvérulente dans laquelle se réduisent les *larmes bataviques* qui font explosion.

Enfin nous mentionnerons comme variété remarquable de cendre vitreuse les filaments de lave, si abondants au Mauna Loa (où on les connaît sous le nom de *Cheveux de Pélé*), mais qu'on a recueillis quelquefois au Vésuve et dans plusieurs autres volcans. Ils résultent de l'action du vent sur les laves en fusion. Au microscope, on reconnaît que ces filaments contiennent par places de petits cristaux bien formés et spécialement du pyroxène.

Émanations gazeuses. — On réunit toutes les substances gazéiformes qui se dégagent des volcans en pleine activité, sous le nom de *fumerolles*, et d'après la température qui règne dans le point où elles apparaissent, on les a distinguées en quatre groupes principaux :

1° Les fumerolles sèches, dont la température est supérieure à 500 degrés et qui ne procurent point d'eau quand on les condense, même en faisant intervenir un froid de 15 degrés au-dessous de zéro. Les chlorures anhydres les constituent presque complètement et tout spécialement ceux de sodium (sel marin), de potassium, de fer, de manganèse, de cuivre et de plomb. Des sulfates, de fer, de potassium, de magnésium leur sont souvent mélangés.

2° Les fumerolles acides, dont la température varie de 300 à 500 degrés. Elles se dégagent un peu plus loin du cratère que les précédentes et sont caractérisées par un énorme excès de vapeur d'eau et par

une proportion variable d'acide chlorhydrique et d'acide sulfureux auxquels est mélangée souvent une quantité sensible de perchlorure de fer en vapeur. Dans les localités d'émergence de ces fumerolles, on constate très fréquemment sur les scories le dépôt de lamelles de fer oligiste admirablement cristallisé. Cette circonstance a procuré à Gay-Lussac la raison de faire des recherches qui doivent compter parmi les contributions les plus précieuses que la chimie ait jamais accordées à la géologie. De ce travail capital est résultée la notion que les gîtes métallifères qualifiés ensemble de *stannifères* et qui forment le fer oligiste (comme à l'île d'Elbe), la cassitérite ou minerai d'étain, comme dans les Cornouailles, le fer magnétique, comme en Scandinavie, le platine natif comme dans l'Oural, etc., sont des produits fumarolliens provenant de volcans d'âge très divers et parfois extrêmement anciens.

3° Les fumerolles alcalines, dont la température est comprise entre 100 et 300 degrés et qui ne contiennent guère que de l'acide sulfhydrique associé à un excès de vapeur d'eau, mais où l'on décèle encore la présence de l'ammoniaque libre, du sel ammoniac, du carbonate d'ammoniaque. Ces fumerolles donnent naissance à des dépôts cristallins de soufre natif; elles caractérisent la phase évolutive des volcans, qui est qualifiée de solfatarienne.

4° Enfin, les fumerolles froides, dont la température ne dépasse pas 100 degrés et qui sont constituées de vapeur d'eau accompagnée suivant les cas d'acide sulfhydrique, de gaz carbonique, d'hydrocarbures.

CHAPITRE IX

GÉOGRAPHIE VOLCANIQUE

Sommaire. — Nombre des volcans actifs. — Leur répartition en des bandes coïncidant avec celles des tremblements de terre.

La statistique apprend que les volcans actuellement actifs, — plus exactement ceux dont on a constaté l'activité, — sont au nombre de plus de 300. Leur répartition à la surface de la Terre est très éloignée d'être uniforme, et il est intéressant de constater qu'elle ressemble de la façon la plus frappante à la distribution géographique des régions à macroséismes.

On peut, en effet, les décrire à peu près tous, exception faite pour l'Islande et les volcans antarctiques, en suivant les deux grandes bandes à tremblements de terre. L'une de ces bandes longe tout le littoral méridional de l'Eurasie avec prolongement, à l'ouest dans l'Atlantique, pour les Canaries, les îles du Cap-Vert, les Antilles, et, vers le sud, dans l'Afrique continentale, puis dans les îles de l'Océanie.

L'autre, longe le littoral occidental des Amériques, depuis les Aléoutiennes jusqu'à la Terre de Feu.

De même que les bandes à macroséismes sont accompagnées de bandes grossièrement parallèles où se continuent, à mesure qu'on s'éloigne de la ligne initiale, des tremblements de terre de moins en moins intenses, — de même, les bandes à volcans actuels se

redoublent de bandes où les volcans ont laissé des vestiges de moins en moins distincts, à mesure qu'on se trouve de plus en plus loin du début.

§ 1. — Bande de Volcans actifs de l'Eurasie avec ses prolongements.

Sommaire. — Chaîne volcanique des Petites Antilles. Éruption de la Montagne Pelée (1902). — La Soufrière de la Guadeloupe. Le Mont-Misère. Sainte-Lucie. Saint-Vincent en 1902. — Les volcans des îles du Cap Vert. — Les Canaries : le pic de Teyde et son dernier réveil ; l'île de Lancerote. — Les Açores : l'île de Terceira et son cratère double ; Pico, San Jorje, Fayal. — Les Champs Phlégréens. Solfatare de Pouzzoles. Éruption du Monte-Nuovo. Ischia et le Mont Épomeo. — Description du Vésuve par Strabon. Date de ses principales éruptions. — Le Stromboli, Lipari et Hiera (Vulcano) décrits par Strabon. Nombreuses éruptions de Vulcano. — L'Etna, sa forme, son cratère, ses paroxysmes. — L'île Julia. — Un volcan aujourd'hui éteint (Méthone) décrit par Strabon. — Les Cyclades et le volcan de Santorin. Naissance d'une île. — Les volcans de l'Asie Occidentale : l'Ararat. — Les volcans en éruption de l'Abyssinie et de l'État libre du Congo. — L'île Bourbon. Description de son volcan et du Grand Pays brûlé. — Région volcanique de l'Arabie se prolongeant jusqu'en Syrie. — Les volcans de l'Inde et de l'Asie Centrale. — Le Kamtchatka, l'une des régions les plus volcaniques du globe. Son plus haut volcan, le Kliutschewskaja (5.000 mètres d'altitude), a des éruptions fréquentes. Le Grand Tolbatscha, le Grand Semætschick, le Jupanowna, l'Asatscha, etc. — Dix volcans actifs dans les Kouriles. — Le Japon aussi bouleversé par les volcans que par les tremblements de terre. Éruption du Bandaï qui fait sauter le pic Central. Éruption désastreuse de l'Asama-Yama (1783). Le Fusi-Yama, le Kirishima, le Wunsen. Petites îles japonaises souvent en éruption et en voie de formation. — Volcans sous-marins sur les côtes de Formose. — Les *Volcanes*. — Terribles éruptions à Manille : le Cagua, le Mayon. — Dix volcans dans la presqu'île de Camarines. — Continuation du phénomène volcanique des Philippines à Célèbes : l'île Sanguir. — Les onze volcans actifs de Célèbes. — Un volcan du XVIIe siècle dans l'île de Gilolo. — Le Gama-Lama, dans

l'île de Ternate. — Volcans entourés de récifs de corail. — Les volcans d'Amboine. Le Gunnung-Api, le Pic de Timor. — L'île de Florès et ses trois volcans actifs. — Terrible éruption de Timboro en 1815. A Java, 46 grands volcans dont 20 en activité. Description des principaux : le Mérapi, le Merbabou, le Slamat, le Salak, le Tankouban-Prahou, le Gountour, le Bromo, le Lamongang, le Semirou, point culminant de l'île, l'Ijen-Raun. Le détroit de la Sonde et l'explosion du Krakatau (1883). — Les volcans de Sumatra. — Les îles Salomon, de Santa-Cruz, des Nouvelles-Hébrides et leurs volcans. Le Rocher de Mathieu. — L'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande. En 1886, réveil formidable du Mont Tarawera. — Le pic Tafoua et l'Amargoura dans l'archipel de Tonga. — Le Mauna-Mu dans le groupe de Samoa. — Les Galapagos. — Les volcans d'Hawaï. Le Mauna-Loa, le plus prodigieux volcan de la terre et son cratère inférieur, le Kilauea, le plus grand bassin volcanique. Les cheveux de Pélé.

Chaîne volcanique des Petites Antilles. — Les Petites Antilles, qui croisent sensiblement à angle droit la chaîne des Grandes Antilles, sont presque entièrement d'origine volcanique et plusieurs contiennent des volcans en activité, dont l'un des plus terriblement célèbres, la Montagne Pelée, haute naguère de 1.351 mètres, s'élève à l'extrémité nord de la Martinique.

C'est en 1792 que la Montagne Pelée, par un réveil d'anciennes fumerolles, se révéla comme un volcan encore actif. Elle eut une grande éruption en 1851-1852. M. Lacroix a fait de la catastrophe du 8 mai 1902 un récit qui va nous servir de guide [1].

Le volcan émettait, depuis 1889, de petites fumerolles sulfhydriquées, qui s'accentuèrent en 1900 et 1901. En février 1902, les habitants du Prêcheur commencèrent à être incommodés de ces émanations. Le 22 avril, le câble de Fort-de-France à la Guadeloupe se rompit, et, le lendemain, le sol était légèrement secoué au Prêcheur. Le 24 avril, une colonne noire

1. *La Montagne Pelée et ses éruptions*, 1 vol. in-4°. Paris. 1904.

de vapeurs et de cendres s'élève de l'Étang Sec, avec une hauteur de 500 à 600 mètres. Le 25, le bourg du Prêcheur est couvert par un nuage de cendres fines qui tombent lentement sur les maisons. Le 26, le phénomène semble s'apaiser et les habitants de Saint-Pierre « vont, en partie de plaisir, voir le lac d'eau noire qui s'est formé dans l'Étang Sec et d'où s'échappent des vapeurs, par un petit cône de cendre en voie d'édification.

« Le 28, de forts grondements se font entendre, la colonne de vapeurs augmente ; le débit de la Rivière Blanche, qui prend sa source au pied de l'Étang Sec, triple. Le 29 et le 30 sont calmes, la colonne de vapeurs est à peine distincte ; de petites secousses de tremblement de terre sont cependant ressenties à Saint-Pierre. »

La cendre recommence à tomber, la montagne gronde. « Le 2 mai, à 4 heures du soir, la colonne qui s'élève du cratère est d'un noir foncé, elle est sillonnée d'éclairs ; la quantité de cendres s'accroît et à 11 heures du soir, pour la première fois, elle tombe à Saint-Pierre et dans ses environs. Le 3 au matin, l'obscurité est presque complète au Prêcheur ; les sources sont taries et de Saint-Pierre on doit ravitailler le bourg... Le jour suivant (4 mai), la chute de cendres continue, mais moins dense... Jusqu'alors, l'éruption présentait les mêmes caractères que celle de 1851, dont le souvenir était rappelé dans les journaux de Saint-Pierre, mais il allait bientôt se produire quelque chose de plus. Dans la nuit du 4 au 5 mai, la Rivière Blanche déborde. La montagne était calme à 9 heures ; à 10 heures, des détonations se font entendre, la Rivière Blanche devient un torrent furieux ; les habitants de Saint-Pierre accourent à son embouchure pour voir ses ravages, quand, vers midi 45′, se produit au cratère une violente éruption boueuse ; le barrage de l'Etang Sec est rompu, une masse énorme

et fumante de boue épaisse et de gros blocs de rochers fait une trouée dans la végétation qui recouvre les pentes de la montagne, dévale dans la haute vallée de la Rivière Blanche et vient s'étaler sur son ancien delta torrentiel, en détruisant l'usine Guérin et en faisant les 25 premières victimes de l'éruption. A 7 h. 47′ du matin, le câble de Fort-de-France à Puerto-Plata s'était rompu par le travers de la Rivière Blanche, à 16 milles du cratère. Pendant toute la nuit du 5 au 6, la Rivière Blanche continue à rouler un torrent de boue... La cendre tombait toujours. Le 6, à 8 heures du soir, pour la première fois, des phénomènes lumineux sont constatés au cratère. Dans la soirée, à 6 h. 45′, les communications par câble entre Saint-Pierre et Sainte-Lucie avaient été interrompues. Le 7 mai, la chute des cendres devient de plus en plus épaisse. Les maisons et les arbres, au Prêcheur, commencent à s'effondrer ou à se briser sous le poids des cendres ; la nuit venue, plusieurs observateurs signalent dans le cratère des lueurs, des projections de blocs incandescents, des écroulements de ses parois. Dans la nuit du 7 au 8, une pluie torrentielle, accompagnée d'éclairs et de tonnerre, tombe sur la montagne ; à 3 heures du matin, une grande crue boueuse dévaste les bourgs de Grande Rivière, Macouba, Basse-Pointe ; à 5 heures, une semblable crue emporte une partie du bourg du Prêcheur. Dans la matinée du 8 mai, le ciel était clair ; du cratère s'élevait un haut panache vertical de vapeurs d'une admirable régularité, quand subitement, à 8 h. 2′, s'est produit le phénomène terrifiant qui, en quelques minutes et peut-être moins, a anéanti Saint-Pierre et ses 28.000 habitants. Quelques témoins ont entendu de violentes détonations, puis ils ont vu arriver sur la ville, avec une rapidité foudroyante, une nuée noire sillonnée d'éclairs, roulant sur le sol. Après avoir dépassé Saint-Pierre, elle s'arrêta brusquement au nord du bourg du Carbet.

Quand un violent vent de retour l'eut refoulée, les quelques rares survivants à bord des bateaux en rade, qui n'avaient pas été coulés, et ceux qui étaient cramponnés à des épaves flottant sur la mer, ne virent plus de la ville qu'un monceau de ruines que dévorait l'incendie. En outre, la végétation, les habitations de toute la partie de la montagne comprise entre le cratère, le Morne Folie et la Petite Anse du Carbet, avaient disparu, recouvertes d'un épais linceul de cendre grise. La surface de la partie de la Montagne Pelée dévastée par cette éruption n'a pas moins de 58 kilomètres carrés. Aussitôt que la nuée eut atteint la ville, des lapilli, de la boue chaude, puis de la cendre fine et sèche s'étaient mis à tomber. Peu après l'éruption de ce que j'appellerai désormais la *nuée ardente*, un immense nuage de cendres couvrait l'île tout entière, la saupoudrant d'une mince couche de débris volcaniques. Un raz de marée était en même temps constaté sur toute la côte ouest. »

Les nuées ardentes devaient se reproduire. Il y en eut encore de formidables, dont l'une, du 20 mai, passant sur Saint-Pierre, y aurait anéanti toute vie, si tout déjà n'avait été tué, achevant la destruction du peu d'édifices demeurés debout. Un nuage de cendres qui la suivit s'étendit jusque sur Fort-de-France, frappant les habitants d'une terreur qui n'était que trop justifiée. Un autre paroxysme eut lieu le 26 mai, la nuée suivant la Rivière Blanche, la cendre couvrant encore une partie de l'île. Puis il y eut une période de calme relatif, suivie d'une recrudescence terrible, qui commença par un tremblement de terre ressenti dans toute l'île, le 24 août, et se continua par des phénomènes électriques effrayants, des détonations incessantes. Enfin, le 30 août, au soir, une nuée ardente qui, cette fois se dirige sur les versants est, sud-est et sud de la montagne, détruit complètement le bourg du Morne-Rouge, en partie celui de l'Ajoupa-

Bouillon, fait encore un millier de victimes et augmente la surface de dévastation de 56 kilomètres carrés.

La Guadeloupe, dont la Grande Terre n'est pas d'origine volcanique, comprend une autre île, plus grande, qui contient des cratères éteints, et ce cône fameux appelé Soufrière de la Guadeloupe, dont le sommet est à 1.500 mètres d'altitude. Les éruptions y furent rares jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Il y en eut une très violente en 1797, avec émission considérable de cendres, de ponces, de vapeurs sulfureuses. En 1836, il s'en déclara une autre sur le flanc oriental de la montagne. Quelques mois après, il y eut au nord-ouest un déluge de boue provenant de l'écoulement soudain d'un cratère-lac, ébréché par un tremblement de terre[1]. Le volcan est déchiré du nord au sud par la *grande fente*, d'où s'échappent les vapeurs sulfureuses donnant lieu, ainsi que celles du sommet, aux dépôts de soufre. Le dégagement des vapeurs sulfureuses est à peu près constant.

Montserrat a aussi un volcan à l'état de soufrière.

Le Mont-Misère, qui est dans l'île de Saint-Christophe, eut une éruption en 1692. Ses flancs sont sillonnés de fumerolles.

Sainte-Lucie, au sud de la Martinique, a le Qualibou, dont la hauteur est de 600 mètres environ. Le cratère se compose de plusieurs petits bassins que remplissent des sources intermittentes d'eau bouillante. Il y aurait eu une éruption en 1766.

Le Morne-Garou, dans l'île de Saint-Vincent, est un puissant volcan, d'une altitude de 1.580 mètres, qui, longtemps demeuré à l'état de solfatare, a eu une violente éruption en 1718, et une plus formidable en

1. POULETT SCROPE. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. 1 vol. in-8°. Paris, 1864, p. 443.

1812. Il y eut alors une énorme émission de cendres, de ponces, mêlées de débris organiques, provenant sans doute d'un cratère-lac. Les secousses des explosions furent ressenties jusque dans les îles voisines et la Barbade en reçut des cendres. Un torrent de lave sortit du sommet de la montagne et ne mit que quatre heures pour atteindre la mer. En 1902, une catastrophe dont le souvenir est dans toutes les mémoires, fit 2.000 victimes.

Volcans d'Afrique occidentale. — Les îles du Cap-Vert forment un groupe de 200 kilomètres de longueur, essentiellement volcanique. San-Antao, San-Vincente, San-Nicolao, Sal, Santiago n'ont que des cratères éteints. Mais il y a Fogo, dont le *Pic*, ou *Pic de Fuego*, est un magnifique volcan actif de 2.830 mètres d'altitude. Le cône s'élève d'un cratère semi-circulaire, analogue à la Somma vésuvienne. La plus ancienne éruption dont on ait conservé la mémoire est celle de 1564. On en a compté une quinzaine depuis.

Plus au sud, dans le golfe du Bénin, l'île de Fernando-Po a un volcan, le Clarence Peack, dont le grand cratère laisse échapper parfois des cendres et des vapeurs rouges. Sur la terre ferme, en Guinée, la chaîne de Cameron a, comme point culminant, un volcan, qui eut une éruption assez récente : c'est le Mongo-ma-Lobah.

Les îles Canaries occupent une place importante dans la géographie volcanique. Elles sont toutes nées d'éruptions, et plusieurs ont des cônes encore en pleine activité. La plus célèbre, à ce point de vue, est Ténériffe. Le point culminant, le Pic de Teyde, — qui a eu encore en 1910 une éruption, — s'élève du milieu d'un cirque considérable, le Grand Cratère, à une hauteur de 3.800 mètres. Le cratère de ce Pic a 553 mètres de diamètre. De nombreux cônes, dont chacun a donné lieu à une coulée de lave, parsèment

les flancs. Il y a aussi d'autres cônes en différents points de l'île; par exemple, le Monte-Uredo, qui a émis de grandes quantités de lave. La première éruption historique du Pic de Teyde est de 1430. En 1798, le Grand Cratère donna une éruption extrêmement violente.

La Montaña de Fuego, autre volcan actif, s'élève à 450 mètres seulement, dans l'île de Lancerote. La longue éruption de 1730 à 1736 a déterminé une fissure dans presque toute la longueur de l'île, sur laquelle s'ouvraient successivement de nombreux orifices laissant échapper des déluges de lave. La Montagne de Feu est précisément le plus élevé de ces cônes modernes.

C'est dans l'île de Palma que Léopold de Buch a étudié les prétendus cratères de soulèvement. On peut la considérer comme un volcan, au sommet tronqué par le cratère central ou Caldera, dont le fond est à 400 mètres d'altitude, tandis que les montagnes qui l'entourent ont de 2.000 à 2.700 mètres de hauteur. Il y a à l'extrémité sud de l'île un grand nombre de cônes récents. C'est de ce côté que se fit, en 1677, la dernière éruption.

Les Açores sont entièrement volcaniques. La plus grande, San-Miguel, est traversée de l'est à l'ouest par une chaîne de cônes, d'une hauteur de 300 à 600 mètres. Ils sont formés de cendres et plusieurs ont encore de larges cratères occupés par un lac. Il en est qui se touchent par la base. De tous côtés se rencontrent des sources thermales. Depuis les temps historiques, il y a eu quelques éruptions, notamment en 1444, 1563, 1652, toutes dans la partie occidentale. Près de Villafranca se trouve une soufrière. En 1811, jaillit de la mer, à peu de distance de la terre, une petite île de cendres et de scories qui ne vécut que quelques semaines. Le même fait se reproduisit en 1867.

L'île de Terceira présente un dôme haut de 1.200 mètres, avec le grand cratère double, appelé Caldeira San Barbara. Il y a de nombreux cônes de scories. dont l'un, le Bagacina Pic, donna, avec émission abondante de lave, la seule éruption qui soit connue (1761).

L'île de Pico semble un volcan unique, d'une altitude de 2.400 mètres. Il offre un grand cratère à l'intérieur duquel est le cône éruptif. De la neige qui en couvre le sommet s'échappe toujours de la fumée. Il y eut des éruptions en 1572, 1718, 1720.

San Jorje eut de violentes éruptions en 1580, 1757, 1808, 1812, avec d'abondantes coulées de lave.

L'île de Fayal, en forme de dôme, contient une grande caldera centrale. Elle est entièrement recouverte de lave parmi laquelle la coulée de 1672 est bien visible.

Volcans des Champs Phlégréens et le Vésuve. — Au voisinage de Naples s'étend une région de 20 kilomètres sur 15, que les anciens désignaient sous le nom de Champs Phlégréens, qu'elle a gardé. On y voit les restes d'une trentaine de cônes avec cratères bien nets. La Solfatare de Pouzzoles est le plus important de ces anciens volcans, qu'il est imprudent de considérer comme éteints. La Solfatare, en effet, eut une éruption en 1198. Le Lago d'Agnano, à 2 kilomètres de la Solfatare, est un cratère de plus de 3 kilomètres de circonférence dégageant des gaz abondants. A son voisinage est la célèbre grotte du Chien. Le volcan d'Astroni a un cratère absolument circulaire de 4 kilomètres de tour, au milieu duquel s'élève un cône de trachyte. Sur les bords du célèbre lac Averne se dresse le Monte-Nuovo, cône de scories, de 143 mètres de haut, avec un cratère profond de 110 mètres, et à sa base une petite coulée de lave. Il fut édifié en deux jours par la terrible éruption de

septembre 1538 qui ravagea tout le pays environnant. « Les pierres et les cendres, dit un témoin oculaire, cité par Poulett Scrope[1], étaient expulsées avec un bruit semblable à des décharges de grosse artillerie, en quantités qui semblaient devoir couvrir le globe, et en quatre jours leur chute avait formé une montagne dans la vallée entre le Monte-Barbaro et le lac Averne, d'au moins 3 milles de circonférence et presque aussi élevée que Barbaro lui-même : et c'est une chose incroyable, pour ceux qui ne l'ont pas vue, que la formation d'une montagne dans un temps aussi court. »

Les îles de Procida, de Vivarra, d'Ischia, sont le prolongement des Champs Phlégréens. Le Mont Epomeo, le volcan d'Ischia, occupe le centre de l'île avec une altitude de 794 mètres. Les éruptions connues se sont faites à sa base, y produisant une douzaine de cônes. Comme les tremblements de terre, elles sont innombrables dans cette île enchanteresse d'où plusieurs fois durent fuir ses colonies.

Le Vésuve, à chaque instant cité ici, avec la description de plusieurs de ses éruptions, est la merveille du golfe de Naples. Les anciens le connaissaient pour ce qu'il était. La description qu'en donne Strabon est un modèle :

« Les villes que nous venons de nommer sont toutes situées au pied du Vésuve, montagne élevée dont toute la superficie, à l'exception du sommet, est couverte de riches cultures. Quant au sommet, qui offre en général une surface plane et unie, il est partout également stérile, le sol y a l'aspect de la cendre et laisse voir par endroits la roche même, percée, criblée de mille trous, toute noircie, et qui plus est, comme rongée par le feu, ce qui porte à croire naturellement que la montagne est un ancien volcan

1. *Les Volcans*, trad. Pieraggi. 1. vol. in-octavo, Paris, 1864 p. 324.

dont les feux, après avoir fait éruption par ces ouvertures comme par autant de cratères, se seront éteints faute d'aliment. On peut croire aussi, par analogie, que la fertilité incomparable des terres environnantes est due à cette même cause, puisque l'excellence des vignobles de Catane est généralement attribuée à ce phénomène qu'une partie des terres qui entourent cette ville a été couverte de cendres provenant de la décomposition de la lave vomie par l'Etna. La lave, en effet, contient une sorte d'engrais qui, pénétrant le sol, commence par le brûler, mais y active ensuite la végétation [1]. »

Cette description s'applique à la Somma, car le cône actuellement actif ne fut évidemment formé que par les éruptions de 79 et les suivantes.

On sait que c'est en 79 que furent détruites et ensevelies Herculanum, Pompéï et Stabies. Il y eut ensuite, jusqu'en 203, une période de calme. La troisième éruption eut lieu en 472 et couvrit, dit Procope, l'Europe tout entière de cendres. Puis ce furent encore des paroxysmes en 512, 685, 993, 1036, cette dernière éruption remarquable par l'abondance de la lave qui atteignit la mer. A partir de 1139, jusqu'en 1306, repos complet. Éruption en 1500, puis sommeil durant cent trente ans. L'Atrio del Cavallo, vallée semi-circulaire entre le Vésuve et la Somma, avait alors des forêts, de petits lacs; le cratère du Vésuve contenait aussi une eau profonde. L'éruption de 1631 fit de ces lacs des torrents d'eau bouillante qui causèrent autant de mal que des cascades de lave. Les grandes éruptions sont ensuite celles de 1680, 1682, 1685, 1689, 1694, 1696-1698, 1701, 1707, 1712, 1732, 1737, 1751, 1754, 1760, 1763, 1771, 1778, 1779, 1784-1786, 1790, 1802, 1804, 1806, 1809-1810, 1812, 1822, 1832, 1839, 1848, 1858, 1851, 1866, 1872, 1885, 1891, 1895, 1900 et celle de 1906 décrite plus haut.

1 *Géographie*, trad. TARDIEU, Liv. V, p. 41.

Volcans des îles Éoliennes — Les îles Éoliennes, aujourd'hui appelées îles Lipari, du nom de la plus importante d'entre elles, sont situées entre Naples et la Sicile. C'est parmi elles qu'on trouve le magnifique Stromboli, dont nous avons déjà parlé.

Dans l'antiquité, Stromboli s'appelait Strongyle, du nom de sa forme arrondie, comme le remarque Strabon. « Elle est aussi, dit-il, de nature volcanique, mais ses éruptions, très inférieures à celles des deux autres îles en intensité, l'emportent beaucoup par l'éclat et la splendeur des feux. Aussi les mythographes en avaient-ils fait la demeure même d'Éole[1]. »

Les deux autres îles à éruption, dont parle Strabon sont Lipara et Vulcano. Lipara a, dit-il, un volcan en activité. Elle renferme trois grands cônes, aujourd'hui en repos, mais dont l'un, le Monte-Angelo, eut, au dire de Dolomieu, des éruptions jusqu'au VIe siècle.

Quant à Vulcano, l'île sacrée dédiée à Vulcain, et que du temps de Strabon on appelait Hiera, « on y voit le feu jaillir par trois orifices, autrement dit par trois cratères. Le plus grand ne vomit pas seulement des flammes, mais aussi des masses ou blocs ignés qui ont déjà comblé une bonne partie du détroit... Polybe trouva l'un de ces trois cratères affaissé déjà en partie sur lui-même, mais les deux autres encore intacts. Le plus grand avait cinq stades à sa marge extérieure, puis allait se rétrécissant peu à peu jusqu'à ne plus avoir qu'un diamètre de 50 pieds à un stade au-dessus du niveau de la mer. »

Vulcano est encore en activité aujourd'hui (fig. 22). Elle eut de fréquentes éruptions, notamment en 1444, 1693, 1739, 1771, 1786, 1873-1874, 1888. Le cratère principal, qui a un kilomètre de diamètre et une profondeur de 200 mètres, est une véritable solfatare.

1. *Géographie*, Liv. VI, pp. 460 et suiv.

Vulcanello, reliée à Vulcano par une bande de terre, est le produit d'une éruption, qui eut lieu 200 ans av. J.-C.

Volcan de Sicile : l'Etna. — Le sommet de l'Etna s'élève à une hauteur de 3.470 mètres. Ce volcan est donc l'un des plus grands de la terre, d'autant qu'il part du niveau de la mer. C'est un cône tronqué par une surface presque plane, légèrement bombée, le Piano del Lago, qui sert de support à un autre cône ébréché par le cratère principal, variant souvent de grandeur et de forme, selon les éruptions. Il a souvent donné d'abondantes coulées de lave ; mais celle-ci sort le plus souvent par des ouvertures sur les flancs du volcan, où l'on compte plus de deux cents petits cônes de scories. Plusieurs de ces bouches se sont ouvertes dans le Val del Bove, grande fissure sur le versant oriental et qui fut transformé en caldera au cours de quelque éruption.

Il est souvent question des paroxysmes de l'Etna dans les historiens et les poètes de l'antiquité. Mais il semble avoir été en repos relatif durant les dix premiers siècles de l'ère chrétienne. Depuis, il y a eu un grand nombre d'éruptions, dont beaucoup très violentes : en 1537, 1643, 1669, 1763, 1766, 1792, 1805, 1809, 1819, 1831, 1852, 1863, 1878-1879, 1883, 1886, 1892, 1908. La lave qui, lorsqu'elle s'élève jusqu'au cratère terminal, forme une colonne de plus de 3.300 mètres de hauteur, s'est souvent répandue avec une abondance prodigieuse. Cette masse exerçant une pression constante sur les parois internes, y détermine des fissures par où elle s'échappe pour former les cônes secondaires. En 1634, commença une coulée qui dura un an. En 1669, l'éruption s'annonça, ainsi que le cas est fréquent dans l'Etna, par des tremblements de terre qui causèrent une énorme fente commençant à Nicolosi, atteignant la base du cône supérieur et remplie jusqu'au bord par de la lave. Le Monte-

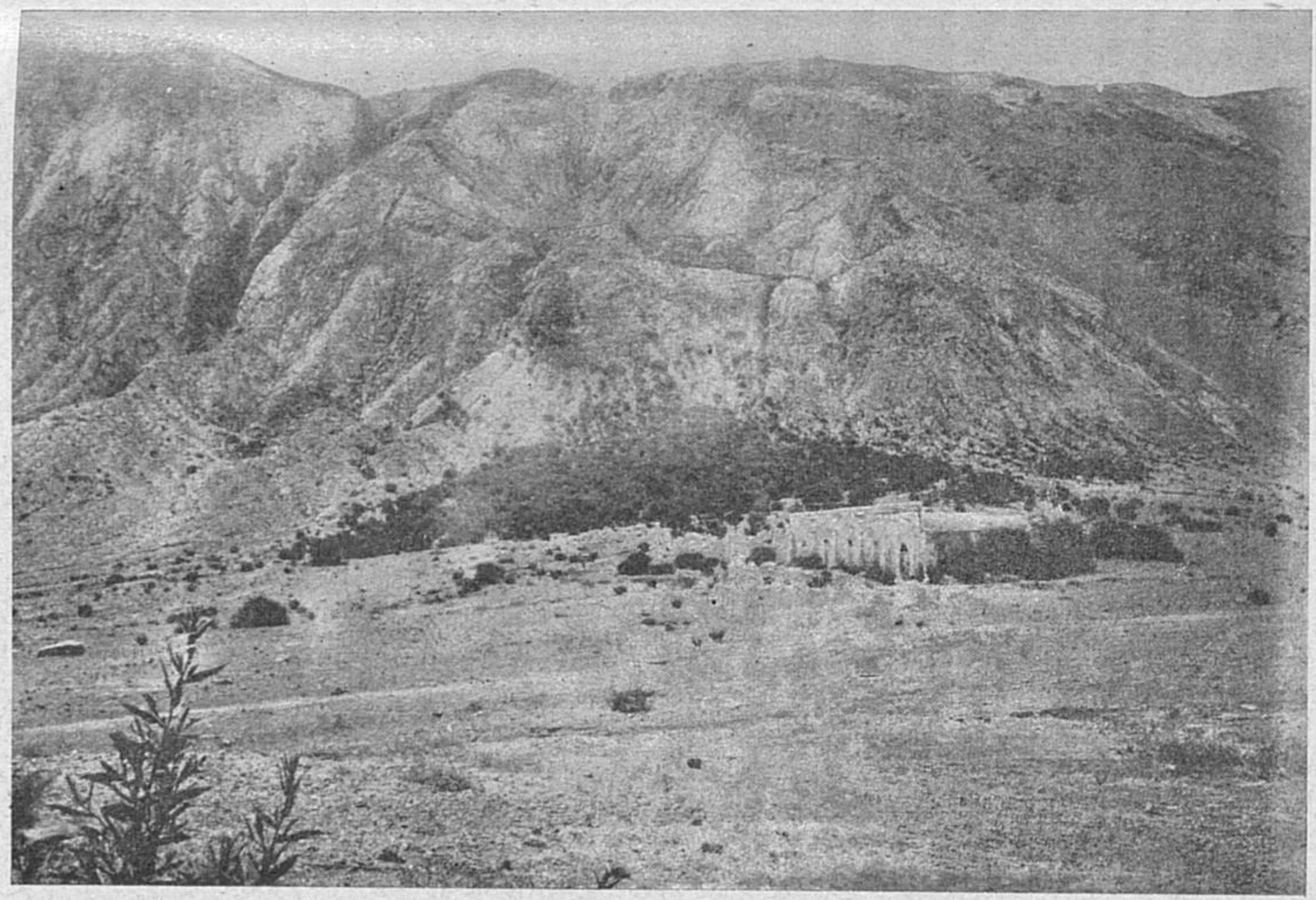


FIG. 22. — Forgia Vecchia, ou vieux cratère de Vulcano, dans les îles Éoliennes.
au nord de la Sicile. — Cliché Aug. Robin.

Rosso, cône secondaire à cratère, sortit de cette coulée qui détruisit sur son passage quatorze villes ou villages, atteignit Catane, en venant faire contre ses murs une énorme accumulation. En 1755, il s'épancha dans le Val del Bove un courant de lave de 20 kilomètres. La lave de 1763 forma le cône de Montagnuola. En 1792, deux courants s'établirent, dont l'un s'écoula dans le Val del Bove. L'éruption du 21 août 1852, très étudiée par Lyell, donna d'abord des projections de scories par le cratère principal ; le jour suivant, dix-sept ouvertures, vomissant de la fumée et des laves, se firent sur une fissure allant depuis le sommet jusqu'à la base du grand bassin qui forme l'entrée du Val del Bove. Puis deux nouvelles bouches s'ouvrirent dans le Val, l'une émettant des scories, l'autre de la lave, et devenant des cônes volumineux. Celui d'où sortait la lave atteignit 500 pieds de hauteur. Le courant qui s'en échappa et qui fit du Val del Bove un fleuve de feu s'étendit sur 10 kilomètres de longueur et sur 3 de largeur. La profondeur moyenne était de 4 à 5 mètres ; mais il y eut des accumulations de 50 mètres.

Entre l'île volcanique, mais qui semble éteinte, de Pantellaria et le point le plus rapproché de la Sicile, surgit d'une éruption sous-marine, en 1831, l'île Julia dite aussi île de Graham, qui disparut, au bout de quelques mois, sous l'action des flots. Une nouvelle éruption, en 1863, donna naissance, sur le même point, à une petite île de cendres, avec cratère actif, qui fut de même emportée. En octobre 1891, le volcan sous-marin se fit entendre et l'on vit des blocs de scories sur la mer. Il est donc possible que de nouvelles éruptions finissent par donner lieu à une formation permanente.

Volcans de la Grèce. — Dans la Grèce continentale, on n'a à citer que le volcan de la presqu'île

de Méthana, dont Strabon [1] mentionne l'éruption.

« Une montagne de sept stades de hauteur surgit brusquement à la suite d'une éruption ignée : inaccessible tout le jour à cause de son extrême chaleur et de l'odeur de soufre qu'elle exhalait, elle répandait, au contraire, la nuit, une odeur agréable, et, avec de vives clartés qui rayonnaient au loin, une chaleur tellement intense que la mer, jusqu'à une distance de cinq stades, bouillait à gros bouillons, et qu'à vingt stades ses eaux étaient encore troublées et agitées, sans compter que tout cet espace intermédiaire demeura comme comblé de rochers aussi hauts que des tours. »

On assigne à cette éruption la date de 385 ans avant J.-C. Le volcan n'a pas donné depuis signe d'activité. Il a actuellement une altitude de 418 mètres, et un cratère profond de 70 à 80 mètres; il a donné lieu à un important épanchement de lave.

C'est dans les Cyclades que l'activité volcanique s'est manifestée, en Grèce, d'une manière qui nous intéresse tout particulièrement, puisqu'elle a donné lieu à des résultats qui nous sont contemporains. Santorin, la plus méridionale des Cyclades, faisait partie, avec les îles de Therasia et d'Aspronisi, d'un énorme volcan effondré antérieurement. Therasia ne fut séparée de Théra, — Santorin, — qu'en l'an 236 avant J.-C., à la suite de violents tremblements de terre. Et le canal entre les deux îles a maintenant deux kilomètres de largeur.

L'île de Santorin a une forme semi-lunaire. Son golfe n'est autre chose que l'ancien cratère, limité ailleurs par Therasia et Aspronisi. Les éruptions s'y manifestent par l'apparition des kaïménis ou îles brûlées. C'est ainsi que naquit, l'an 194 avant J.-C., Hiéra, aujourd'hui Paléo ou Mégalo-Kaïméni, au milieu de

1. *Géographie*, trad. TARDIEU, Liv. 1er, p. 100.

grands tremblements de terre. Les géographes anciens ont donné des détails sur l'événement, de même que sur Thia, la Divine, qui, l'an 19 de notre ère, surgit à deux stades (environ 250 mètres) de Iliéra, qui se réunit à elle. En 1573, à trois kilomètres au nord-est de Hiéra, surgit, au milieu des convulsions du sol, Mikro-Kaïméni, qui n'a guère que 3 kilomètres de tour, avec une hauteur de 67 mètres au-dessus de la mer. Néo-Kaïméni se forma de 1707 à 1712, entre Paléo et Mikro-Kaïméni. En 1866 un îlot surgit des flots, grandit progressivement et constitue maintenant l'île de Georgios, où ne se voit d'ailleurs aucun cratère.

L'Asie Mineure. — L'Asie Mineure est une région très volcanique, mais où l'activité paraît éteinte. Le Taurus, le Caucase offrent de grands volcans également éteints. Le Tendourek ou Sinderlik-Dagh, entre les bassins de l'Euphrate et de l'Araxe, a une hauteur de 3.832 mètres et un cratère de 700 mètres de diamètre qui fume constamment.

On ne peut pas dire de l'Ararat (5.211 mètres) qu'il soit éteint, puisqu'une éruption de boue brûlante détruisit, en 1840, le village d'Arkouri et e monastère de Saint-Jacques, et fit 2.000 victimes humaines. Son activité était restée évidente jusqu'au xve siècle. L'Alagheuz (OEil d'Allah), qui s'élève à 4.100 mètres sur le grand Plateau arménien, est actuellement à l'état d'activité solfatarique.

L'Abyssinie. — Parmi les volcans très nombreux d'Abyssinie, il faut citer le Dschebbel-Dubbel, entre Massouah et Bab-el-Mandeb, qui a des éruptions grandioses, bien décrites dans un récit donné au *Tour du Monde*[1] par un voyageur anglais qui compta sur la montagne 19 cratères, dont 18 fumant le jour et

1. N° 96.

éclairant la nuit, « comme des phares gigantesques. Le dix-neuvième cratère, très vaste, long de 100 brasses et large de 50, brille nuit et jour, et lance des pierres qui s'élèvent assez haut dans le ciel pour s'effacer à la vue. Elles retombent alors dans le gouffre d'où elles sont parties. Le feu et les pierres, quand le volcan les projette, font un fracas semblable à celui du canon. »

L'éruption de 1862, à laquelle se rapportent ces lignes, fut meurtrière. Il y eut des villages brûlés et plus d'une centaine de morts.

Volcans de l'Afrique équatoriale. — Au sud du lac Albert-Edouard, dans l'État libre du Congo, s'étend un massif volcanique, de 5 ou 6 pics, déjà vu, en 1890-1892, par Émin Pacha et son compagnon, le naturaliste Stuhlman, et dans lequel le comte von Goetzen a découvert, en juin 1894, un volcan en pleine éruption, le Kironga, qu'Émin et Stuhlmann avaient appelé Virungo-Vyagongo. Les récits des indigènes étaient formels à ce sujet : explosions, flammes, détonations. Le comte von Goetzen en fit l'ascension et vit le cratère : un gouffre de 1 kilomètre et demi de diamètre et de 30 mètres de profondeur, dont le fond présente deux puits, aussi réguliers que s'ils avaient été maçonnés. « Du puits septentrional, qui peut avoir un diamètre de 100 à 150 mètres, sort avec un grondement semblable à celui du tonnerre, une fumée rougeâtre. Je crois que nous nous trouvons en présence d'un lac de lave[1]. » Le Kirongo est à l'ouest de la chaîne volcanique. Il a une hauteur de 3.420 mètres.

Volcans de l'Afrique orientale. — Parmi les volcans actifs ou éteints de l'Afrique orientale, on cite :

1. Lettre du comte von Goetzen, citée par M. HENRI DEHÉRAIN dans *La Nature* du 12 janvier 1895.

Igruivi, Doenje Ngaï, Kénia, Kilimandjaro. Ce dernier, la plus haute montagne de l'Afrique, est un volcan, très étudié par le Dr Hans Meyer qui, en 1887, en atteignit l'extrême cime, à 6.010 mètres d'altitude. C'est un dôme surmonté de deux pointes, dont l'une, le Kibo, est un cône ayant au sommet un cratère de 1.600 mètres de diamètre, au centre duquel se dresse un petit cône d'éruption actuellement éteint. L'autre cime, le Mawenzi, est la portion occidentale d'un cône, dont le centre et l'est ont été emportés par quelque explosion.

Dans les îles Comores, deux volcans actifs, dont l'un, le Ngazia, eut des éruptions violentes en 1830, 1855, 1858.

Quatre volcans actifs, au nord-ouest de Madagascar.

L'île Bourbon se compose de deux parties, toutes deux volcaniques. La partie ouest n'est, en quelque sorte, qu'un grand volcan ancien, dont le sommet principal, le Gros-Morne, a une altitude de 3.330 mètres. La partie sud-orientale, appelée le Grand Pays Brûlé, contient l'un des volcans les plus actifs du monde, dont M. Ch. Vélain [1] a donné une très importante description. Ce volcan s'élève sur une suite de grands plateaux limités par de hautes murailles à pic, s'ouvrant largement vers l'est en forme de fer à cheval. C'est au centre du dernier de ces remparts, appelé les Enclos, que s'érige le volcan composé de deux pitons coniques, terminés par des cratères, dont l'un, à 2.650 mètres, est aujourd'hui inactif, tandis que l'autre, le Piton de la Fournaise, à 2.528 mètres, répand sur le Grand-Brûlé une quantité prodigieuse de lave. Pendant les repos, cette lave jaillit fréquemment par des orifices au sommet du

1. *Description géologique de la presqu'île d'Aden, de l'île de la Réunion, des îles Saint-Paul et Amsterdam*, in-4°, p. 55. Paris, 1878.

cône, donnant ainsi naissance à une infinité de petits cônes, de 25 à 50 mètres de hauteur. Bory de Saint-Vincent, qui l'a spécialement étudié[1], de 1785 à 1801, dit que, pendant ce laps de temps, des coulées de lave sortirent de ses flancs, au moins deux fois par an. Nous avons parlé ailleurs des qualités particulières de cette lave. En 1860, il y eut une violente éruption. avec un courant de lave qui coupa toutes les communications entre les régions nord-est et sud-est de l'île. Les explosions des cratères, rarement violentes, consistent surtout en projections de fils fins, comme du verre filé, de lave vitreuse (cheveux de Pélée). En dehors du grand volcan, il y a plusieurs cônes à cratère.

Très volcanique, l'île Maurice a un volcan considérable, le Piton du Milieu, actuellement éteint.

Volcans d'Arabie et de Syrie. — Revenant au continent du Vieux Monde, nous rencontrons, au sud-ouest de l'Arabie, la ville d'Aden occupant le fond d'un cratère ébréché, dont la tradition rapporte des éruptions. Bir-Bahuct ou Albir-Hul, sur la côte sud-est, est un volcan actif; sur la côte ouest, au milieu de vastes territoires volcaniques qui se prolongent jusqu'en Palestine, où, dans la vallée du Jourdain et de la Mer Morte, on trouve beaucoup de traces de l'activité souterraine. Il y a des cratères dans la chaîne du Sinaï. D'anciennes chroniques mentionnent, d'après Burckhardt, des éruptions volcaniques près de Médine, en 1254 et 1276. « L'île volcanique de Djebel-Tair, dans laquelle Vincent a reconnu l'île éteinte du *Periplus Maris Erythrei*, est encore active, d'après le rapport de Botta, d'accord avec les renseignements recueillis par Ehrenberg et Russeger[2]. »

1. *Voyage aux îles d'Afrique*, t. I, p. 264; t. II, p. 372; t. III, p. 147.

2. A. DE HUMBOLDT. *Cosmos*, trad. GALUSKY, t. IV, p. 392. Paris, 1859.

Volcans de l'Inde. — Dans l'Inde, la province de Koutch, au sud du delta de l'Indus, renferme un volcan qui serait encore actif, le Dendour, dont on cite une éruption en 1819. Près de Pondichéry, en 1755, une éruption sous-marine forma une petite île de scories, bientôt emportée par les flots.

L'existence de volcans dans l'Asie Centrale a été bien constatée; mais l'étude n'en a pas été faite La grande chaîne est et ouest du Tiantschan ou Monts Célestes, qui traverse l'Asie de l'est à l'ouest, entre l'Altaï et le Kouen-len, renferme le volcan Peschan, au nord de la ville de Koutsch. Il a eu des éruptions de lave depuis l'an 89 de notre ère jusqu'au commencement du VIIe siècle. A l'extrémité orientale du Tiantschan, le volcan d'Hotscheou, ou volcan de Turfan, émet continuellement de la fumée et des flammes, d'après un annaliste chinois, et aussi, d'après des pèlerins de la Mecque, répondant en 1835 à un interrogatoire officiel. A 30 milles de ce volcan, la grande solfatare d'Oroumtsi aurait, au dire d'un historien chinois, qui vivait dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, rejeté des « cendres volantes ».

Volcans du Kamtchatka et des îles Kouriles. — Le Kamtchatka est une des régions les plus volcaniques du monde. On a compté, dans la chaîne la plus orientale, trente-huit volcans, dont douze sont encore actifs.

Ce sont, depuis le 56e degré de latitude nord, jusqu'à l'extrémité sud de la presqu'île, le Schewelutsh (56° 4′ de latitude nord), d'une altitude de 3.274 mètres. Il eut une éruption en 1854.

Le Kliutschewskaja est le volcan le plus haut du Kamtchatka et même du monde entier, puisqu'il a une hauteur absolue de plus de 5.000 mètres. Cette hauteur varie, du reste, après les grandes éruptions, qui sont extrêmement fréquentes. On cite celles de 1727 à 1731, de 1767, 1797, 1825; celle de 1829, étudiée par

Erman qui fit alors l'ascension du volcan[1]; 1841, 1854. Le cratère, sous les neiges, a plus de 500 mètres de diamètre.

Le Grand Tolbatscha, de 2.600 mètres d'altitude, a un immense cratère répandant toujours de la fumée et souvent des flammes. Eruption violente en 1749.

Le Kisimen, l'Uson, le Kichpinitsch.

Le Grand Semaetschick, près du fleuve du même nom, après un effondrement complet, a recommencé à émettre de la cendre.

Le Petit Semaetschick eut une éruption de cendre en 1854.

Le Jupanowna est un cône tronqué vomissant continuellement de la fumée.

L'Awatscha, haut de 2.670 mètres, est un cône situé dans l'enceinte d'un ancien cratère. Eruptions violentes en 1737, en 1827, en 1855.

Une grande éruption, en 1828, causa la chute du sommet de l'Asatscha.

L'Opalinskoja, juste au-dessus du cap Lopatka, extrémité méridionale de la péninsule, fut très actif jusqu'à la fin du XVIIIe siècle.

Au sud du cap Lopatka, les Kouriles se rattachent à la chaîne volcanique du Kamtchatka et s'étendent jusqu'à l'île japonaise de Yéso, sur une ligne de 1.333 kilomètres de longueur. Elles renferment une vingtaine de volcans, dont 10 encore actifs.

Le plus important, l'Alaïd, célèbre par ses éruptions de 1770 et de 1793, mesure 3.300 mètres de hauteur. Citons aussi l'Itoroup et le Kounachir.

Volcans du Japon. — Nous avons déjà parlé du Japon, aussi bien pour ses désastres séismiques que pour ses volcans. Il n'est point, en effet, de pays plus bouleversé. Ses trois grandes îles, Yéso, Nippon

1. HUMBOLDT. *Cosmos*, trad. GALUSKY, t. IV, p. 402. Paris, 1859.

et Kiou-Siou, ainsi que beaucoup de petites îles, contiennent des volcans. Cependant, les anciens historiens japonais ne mentionnent que six volcans actifs, deux dans l'île Nippon et quatre dans l'île Kiou-Siou. On en connaît aujourd'hui davantage, et il reste encore beaucoup de découvertes à faire dans l'étendue de la chaîne.

Le Pic de l'Angle est un cône de 1.600 mètres s'élevant dans la mer au nord-est de Yéso. Dans cette grande île, sur dix-sept volcans, on n'en compte guère que deux en activité, l'Ousouga-Take ou Mortier, ainsi appelé à cause de son profond cratère, et le Kajo-Hori.

Dans l'île de Nippon, les cartes actuelles indiquent un assez grand nombre de volcans actifs. Le Bandaï, situé au nord du lac Inawashiro, à 241 kilomètres au nord de Tokio. Cette montagne composée de trois pics, d'une altitude moyenne de 1.500 mètres. eut, le 15 juillet 1888, une éruption formidable dans laquelle la force explosive de la vapeur d'eau fit sauter toute la partie médiane de la montagne, y compris le pic central. La projection fut latérale, en sorte que les débris furent lancés d'un seul côté, comblant des vallées et recouvrant une étendue de 60 kilomètres carrés, avec une épaisseur variant de 3 à 30 mètres et atteignant en certains endroits 300 mètres. Il se fit une obscurité complète causée par les cendres brûlantes. Des torrents de boue balayèrent tout sur leur passage jusqu'à 15 kilomètres du cratère, ensevelissant trois hameaux avec leurs habitants.

L'Asama-Jama, dans la province de Shinano, eut une éruption désastreuse en 1783.

Au sud de Tokio, le Fusi-Yama, le plus haut et le plus célèbre des volcans japonais, est un objet de vénération et de fréquents pèlerinages. Sa hauteur, variable, comme celle de la plupart des volcans, est d'environ 4.000 mètres. C'était encore récemment un cône

d'une parfaite régularité, tronqué seulement à son sommet. Mais le grand tremblement de terre de 1891 a modifié quelque peu la forme de la cime. Ce volcan, d'après les chroniques, aurait été formé en l'an 286 de notre ère par une violente éruption. Les autres éruptions connues sont celles de 799, 863, 937, 1032. 1707. Depuis cette époque, la montagne est en repos. Cependant, Milne, qui la gravit en 1880, y vit de la fumée. Le cratère actuel mesure 600 mètres de longueur sur 180 de largeur, avec 350 mètres de profondeur.

Le Sirama-Jama, dans la partie occidentale de l'île, a eu des éruptions en 1529 et 1854.

L'île de Kiou-Siou est essentiellement d'origine volcanique. Les volcans, dont un grand nombre sont en pleine activité, s'étendent du nord au sud sur une longueur de 300 kilomètres.

Le point culminant de cette chaîne centrale, à laquelle se rattachent d'autres montagnes volcaniques, se trouve dans le massif du Kirishima, à 1.839 mètres d'altitude : c'est le Nishi Kirishima. Un peu moins élevé, le Higashi Kirishima est cependant plus imposant à cause de sa position avancée et presque isolée. La légende fait descendre sur son sommet le dieu Isanagi Isanami, petit-fils du soleil et grand-père de Jimmu Tenno, le premier mikado, qui fonda la nation japonaise. On y voit encore son épée, dit-on, scellée dans le roc.

On compte au Kirishima cinq cratères alignés du nord-ouest au sud-est, sur une longueur de moins de 20 kilomètres. Trois de ces cratères sont remplis par des lacs. Nous avons raconté plus haut une éruption de ce volcan. Dans la même île, on rencontre le Wunsen, d'une altitude de 1.200 mètres, qui eut en 1793 une éruption où périrent, dit-on, 50.000 personnes. Son sommet fut emporté par les explosions. Dans l'Aso-Jama, à l'est-sud-est de Nagasaki, on récolte du soufre et de l'alun.

Signalons aussi le Mitake, dans la baie de Kagosima.

Il faut citer encore diverses îles, avec des cratères fumants : par exemple, Ohoshima (éruption en 1877), dans la baie de Wodwara, qui fait partie de la province d'Idsou, dans l'île de Nippon. C'est, selon Humboldt[1], le point de départ d'une rangée d'îlots volcaniques, groupés dans la direction du sud jusqu'à Fatri-Sjo, par 33°6′ de latitude nord, dont l'axe se prolonge jusqu'aux îles Bonin, situées elles-mêmes par 26°30′ de latitude nord et 139°45′ de longitude est. Il y eut dans ces parages, du 14 novembre 1904 au 2 janvier 1905, formation d'une île nouvelle, au milieu d'explosions violentes et continues, dégagement de fumée et de vapeur blanche s'élevant de la mer. L'île prit 5 kilomètres de tour et 160 mètres d'élévation. Un lac d'eau bouillante se fit dans la partie nord.

Vers la même époque, dans l'île de Torishima[2], eut lieu une violente éruption qui fit périr presque toute sa petite population de pêcheurs.

Iwoshima ou l'île de Soufre, au sud de Kiou-Siou, dans le détroit de Diémen, a été mentionnée dès l'année 1596 par un navigateur hollandais qui l'appelait une montagne de soufre et de feu. Elle émet souvent de la fumée. La hauteur du cône serait de 715 mètres.

Sur la côte de Corée, dans une île, le volcan de Tsimmara se serait érigé en 1007.

La chaîne volcanique des Kouriles et du Japon se prolonge à travers les îles Liou-Tchéou, où il y a des volcans encore actifs, jusqu'à la grande île Formose, sur les côtes de laquelle sont plusieurs volcans sous-marins, et qui elle-même en contient encore trois actifs : Liou-huang-schan, Hoschan, Phy-nan-my-schan.

1. *Cosmos*, trad. GALUSKY, IV. p. 417. Paris, 1859.
2. *La Nature* du 24 juin 1905, p. 62.

Entre Formose et les Philippines se trouvent de petites îles coniques que, dans le pays, on appelle *volcanes* et dont plusieurs ont été vues en éruption. Dans les îles Bajuban, le Camiguin, toujours lumineux, sert de phare. Le Didica commençait à s'élever en 1856, et en quatre ans, il avait pris une hauteur de 230 mètres.

Volcans des Philippines et de Célèbes. — Luçon ou Manille, la plus septentrionale des Philippines, et de beaucoup la plus grande, renferme plusieurs volcans actifs : le Cagua d'où sort constamment de la fumée, à la suite duquel se trouvent des volcans éteints qui rattachent la chaîne au Taal, situé dans un grand lac peuplé de crocodiles. Ce volcan a lui-même un lac dans son cratère dont les parois ont une hauteur abrupte de plus de 300 mètres. Poulett Scrope rapporte que Lopez vit des millions de jets de gaz hydrogène enflammé sortir de ses crevasses [1]. Les eaux du cratère sont saturées d'acide sulfurique. Ce volcan, peu élevé — il n'a pas 300 mètres — a eu des éruptions terribles, surtout en 1754. On entendit le bruit des explosions jusqu'à 1.200 kilomètres. Le paroxysme dura dix jours, pendant lesquels l'air fut obscurci de cendres. « Dans le voisinage immédiat de la montagne, des rochers de dimensions énormes roulèrent au milieu des rivières de soufre et de bitume qui inondèrent le district de Bongbong ». Il va sans dire que les alligators et les poissons du lac et des rivières n'y survécurent pas. Le Mayon ou Albay, le plus grand volcan de Luçon, est d'une forme conique très régulière. Il émet constamment de la vapeur et très souvent des flammes. En 1767, il eut un paroxysme de dix jours et pendant deux mois des émissions de lave, avec des déluges d'eau et de boue.

1. *Les Volcans*, trad PIERAGGI. Paris, 1864. p. 473.

Ses autres éruptions désastreuses furent en 1800, 1814, 1854, 1871, 1897, 1900.

L'étroite presqu'île de Camarines, au sud-est de Luçon, contient dix volcans, dont le plus méridional, le Bulusan, est très élevé, et en activité comme les précédents.

La petite île de Mindoro, qui fait suite à Luçon, contient un volcan en activité.

Poulett Scrope remarque que la grande île de Mindano, en quelque sorte fourchue et projetant deux promontoires, semble présenter une bifurcation de la grande chaîne ou fissure volcanique, que nous voyons se prolonger depuis le Kamtchatka, à travers les îles, « la branche sud-ouest, enfilant la chaîne de Soolo jusqu'à Bornéo, et la branche sud traversant celle de Saugir et de Sivao, à travers le détroit de Banka, jusqu'à l'extrémité nord-est de Célèbes. Le Bukayan, dans cette île de Mindano, disparut en 1640 dans une éruption qui dispersa ses débris à une énorme distance, les cendres se répandant jusque sur les Moluques et sur Bornéo... Il n'en resta qu'un cratère-lac.

La longue file des Soolo ou Soulou, qui contient au moins une centaine d'îles rattachant Mindano à Bornéo, se compose de formations en partie coralligènes, en partie volcaniques, appelées par les Espagnols *volcanes*.

« Si, dit Humboldt, prenant pour guide le grand travail du docteur Junghuhn, on fait un dénombrement exact de tous les éléments volcaniques compris à partir de l'extrémité méridionale des Philippines ou du cinquième degré de latitude boréale, entre le méridien des îles Nicobares et celui qui traverse la côte occidentale de la Nouvelle-Guinée, c'est-à-dire dans l'espace occupé par les grandes et petites îles de la Sonde et par les Moluques, on trouve que dans cette guirlande d'îles qui entourent l'île presque continen-

tale de Bornéo il existe 109 montagnes ignivomes et 10 volcans de boue ; et ce n'est pas là une évaluation approximative, c'est le résultat d'un calcul rigoureux[1] ».

Entre les Philippines et Célèbes, l'île Sanguir renferme le volcan de Gunung-Awu, dont il faut citer les éruptions de 1711 et de 1856 ; l'île Sivao possède le Gunnung-Api, en activité permanente depuis 1712.

La grande île Célèbes, » qui étend ses longs bras de tous côtés », a onze volcans en activité, réunis au nord-est dans l'étroite presqu'île de Menado : Kemas, qui date de 1694, Klabat, d'une altitude de 2.000 mètres et que l'éruption de 1680 détruisit en partie, Lokan, Saputang, Empang, etc. Près de ces volcans jaillissent des sources sulfureuses bouillantes auxquelles se brûla mortellement le voyageur piémontais, Carlo Vidua, ami de Humboldt.

Volcans des Moluques. — Dans les Moluques, l'île de Gilolo renferme le volcan Gamanacore, formé en 1693.

A l'ouest de Gilolo, l'île de Ternate renferme le Gama-lama, volcan des plus actifs, haut de 1.380 mètres. Il eut de grandes éruptions en 1608, 1635, 1653, 1673, 1839, 1868. Cette dernière dura plusieurs mois.

Il faut citer encore trois volcans, entourés de récifs de corail : Tidor, Motir et Machian. Les éruptions de celui-ci sont particulièrement violentes. En 1861, sa forme s'en trouva modifiée.

Volcans des îles de la Sonde. — Amboine eut en 1694 et en 1820 de terribles éruptions. Son volcan est aujourd'hui à l'état de solfatare. On connaît dans l'archipel de Banda un volcan toujours fumant.

Le Gunnung-Legelal, dans l'île de Siroa ou Sorea,

1. *Cosmos*, trad. GALUSKY. Paris, 1859, IV, p. 422.

la ravagea en 1697, par une éruption qui détruisit en partie la montagne, la recouvrant d'un lac de lave.

La petite île de Banda a un volcan appelé Gunnung-Api, nom que nous avons déjà rencontré pour une autre localité et qui a une hauteur de 540 mètres. Il fut en éruption constante de 1586 à 1824.

Le pic de Timor, visible autrefois à une distance de 450 kilomètres, eut en 1638 son sommet emporté et remplacé par un grand lac. Il est depuis lors en repos.

Les îles de Lombten et de Komba possèdent chacune un volcan actif. La dernière en 1850, répandait jusque dans la mer ses laves incandescentes.

Six volcans dont au moins trois actifs sont dans l'île de Florès : l'Ombu-Riombo, d'une hauteur d'environ 2.820 mètres ; le Jedja, qui eut des éruptions en 1867-1868, et le Lobetobi également en éruption en 1868.

Le Timboro, dans l'île de Subawa, est célèbre par l'épouvantable éruption de 1815, qui coûta la vie à 12.000 habitants. Le bruit des explosions fut pris à Sumatra, c'est-à-dire à 1.500 kilomètres en ligne droite, pour des décharges d'artillerie. Trois colonnes distinctes de flammes s'élancèrent du cratère à des hauteurs prodigieuses. A Bima (nous l'avons vu), c'est-à-dire à 65 kilomètres du volcan, les toitures furent enfoncées sous le poids des cendres de l'éruption. Des quartiers de roches étaient aussi lancés à des distances énormes. En effet, la montagne perdit 1.500 mètres de sa hauteur, qui est encore de 2.800 mètres. Le vide laissé par cet arrachement a laissé un cratère colossal.

Viennent ensuite l'île de Lombok dont le volcan le Rindjani a 3.800 mètres de hauteur et l'île Bali dont on cite une éruption en 1803.

Java compte plus de volcans actifs que toute l'Amérique du Sud qui a une longueur sept fois égale. Sur une superficie qui est à peine le quart de celle de la France, on compte quarante-six volcans importants

dont une vingtaine en pleine activité. Quant aux autres, il ne faut pas trop se fier à leur sommeil : le Krakatau était couvert de végétation de la base au sommet quand il fit explosion[1].

Une chaîne volcanique s'étend parallèlement à la côte dans le centre de l'île. Six volcans se détachent nettement : le Djeng, le Sindoro, le Soumbing, l'Ounarang, le Mérapi, le Merbabou ; puis, ce sont dans la direction de Batavia : le Slamat, le Tjerimai. Le Sindoro est soudé jusqu'à une hauteur de 1.412 mètres avec le Soumbing qui, ayant 3.336 mètres, le dépasse de 216 mètres. Le Mérapi et le Merbabou, joints par un col profondément crevassé, forment également un double volcan. Le Merbabou, d'une altitude de 3.116 mètres, est un cône tronqué couvert de côtes. Sa dernière éruption date de 1560. Le Mérapi est célèbre pour la régularité de ses formes. Son cratère est à l'altitude de 2.866 mètres. Il contient un cumulo-volcan dépassant ses bords et qui dégageait d'énormes colonnes de fumée, lorsque Cotteau en fit l'ascension. Un cône éruptif situé sur le flanc ouest de la montagne eut des éruptions en 1863 et 1872.

Le Slamat a plus de 3.000 mètres de hauteur. Un cratère circulaire couronne la cime peu étendue de son cône régulier. On cite ses éruptions de 1772, 1825, 1835, 1840. Le Tjerimai, près de Chéribon, est aussi très élevé. Il eut des éruptions en 1772 et 1805. Son cratère est actuellement une solfatare.

Le Salak fait partie de la chaîne de montagnes qui borde la plaine de Batavia. Ce volcan, qui n'a pas eu d'éruptions depuis le XVIIIe siècle, est dominé de beaucoup par son voisin le Ghédé, cône colossal dont l'immense cratère contient deux autres cônes, l'un éteint,

1. EDMOND COTTEAU. *Voyage aux Volcans de Java*. Extrait de l'*Annuaire du Club Alpin*, 12e vol., 1885.

l'autre actif, qui est le Ghédé proprement dit et qui s'élève à une hauteur de 3.800 mètres, tandis que le cratère éteint, le Pangerango, atteint la hauteur de 3.108 mètres. Le Ghédé a eu des éruptions en 1853 et 1864.

Le Tankouban-Prahou, ou *bateau renversé*, parce qu'en effet le sommet ressemble assez bien à la quille retournée d'un navire, s'élève à une altitude de 2.072 mètres. Son sommet est formé de deux cratères jumeaux, séparés par une arête étroite taillée à pic et dominant des abîmes larges de plus de 1 kilomètre, et d'une hauteur de 150 mètres.

Le Gountour fut un des volcans les plus actifs de Java. On connaît cinq grandes coulées de lave qui se sont répandues du sommet jusqu'au bas de la montagne. La dernière éruption date de 1800 et détruisit tout aux environs. Quand Cotteau visita la région, la nature, aidée par le travail de l'homme, avait effacé toute trace de dévastation.

Le Bromo est l'un des plus remarquables volcans du monde. D'une altitude de 2.500 mètres, il eut des éruptions en 1804, 1822-1823, 1829, 1830, 1842, 1843, 1858, 1862, 1869. « Sa base couvre une surface immense; il s'élève d'abord en pentes douces et régulières, puis se redresse en terrasses successives. Vu à distance, son sommet est moins conique que celui des autres volcans; sa hauteur varie, selon les divers points observés, de 2.100 à 2.500 mètres. Enfin son cratère présente cette particularité qu'il se trouve à 300 mètres au-dessous du point culminant. »

Le Semirou, à 3.672 mètres d'altitude, est le point culminant de Java.

Le Lawou a 3.236 mètres. C'est un cône régulier entouré de sources chaudes. On cite son éruption de 1752.

L'Ijen-Raun est un groupe de deux volcans. Le premier a un cratère-lac d'un blanc de lait entouré

de parois de soufre. Le Raun, d'une hauteur de 3.339 mètres, a peut-être le cratère le plus profond que l'on connaisse, et dont Humboldt dit qu'on l'évalue à plus de 2.250 pieds (?). Éruptions en 1586, 1638, 1730, 1788, 1808, 1812, 1815.

A citer encore le Kloët, dont nous avons raconté l'éruption de boue et qui eut une autre crise en 1875.

Nous arrivons à l'un des points les plus célèbres de la géographie volcanique, au détroit de la Sonde, à ce Krakatau, qui fait partie d'une série d'îles volcaniques, alignées et disposées suivant une ligne qui aboutit vers le nord au volcan de Radja-Bassa dans l'île de Sumatra, et au sud au mont Pajoeng, isolé dans la partie sud-ouest de Sumatra. Le volcan, dont le nom indigène est Rakata, était environné de coulées de lave que la mer avait réduites en trois îlots. Il n'avait pas donné signe d'activité depuis 1680. En juillet 1883, il commença à s'agiter. Le 26 août de la même année, le soir, une épaisse pluie de cendres se mit à tomber. Et le lendemain, vers 10 heures, l'éruption atteignait son paroxysme, rejetant d'énormes quantités de matériaux incohérents qui s'accumulèrent sur les côtes et même à l'intérieur de Java et de Sumatra. Il y eut de violents tremblements de terre et surtout un mouvement énorme de la mer qui dépassa de 30 mètres son niveau normal. Cette irruption des flots, cause des plus grands désastres, avait été précédée d'un recul de l'eau qui s'abaissa d'environ 3 mètres. La topographie du détroit de la Sonde se trouva considérablement modifiée; du Krakatau, il ne resta que des débris, et, par contre, on constata l'apparition de nouvelles formations volcaniqus.

Il y eut 40.000 victimes humaines.

Les cendres projetées à des hauteurs extrêmes restèrent longtemps en suspension dans l'atmosphère et se répandirent, on peut le dire, par toute la terre, et,

comme nous l'avons vu, en modifiant pendant longtemps les couleurs du ciel.

On compte à Sumatra 19 volcans, dont 6 au moins en activité : le Gunnung-Indrapoura, haut de 2.600 mètres; le Gunnung-Pasaman, nommé aussi Ophir, de 3.054 mètres d'altitude, qui est peut-être éteint; le Gunnung-Salasi, riche en soufre, qui a eu des éruptions en 1833 et 1845, le Gunnung-Merapi, homonyme de celui de Java, le plus actif des volcans de Sumatra, qui eut une grande éruption en 1845. Il a une hauteur de près de 3.000 mètres; le Gunnung-Ipou, cône tronqué toujours fumant; le Gunnung-Dempo, en activité continue, et d'une hauteur de près de 4.000 mètres.

Les îles Nicobar et Andaman semblent continuer la chaîne volcanique de Sumatra. Barren Island, dans le groupe des Andaman, est un cône de plus de 1.300 mètres, situé au milieu d'un cratère circulaire et colossal qui l'entoure de tous côtés, sauf vers une brèche par où pénètre la mer. Il est toujours en activité, avec des explosions répétées de dix en dix minutes.

Les îles de Narcondan, Barren Island et Chedouba semblent l'extrémité ouest de cette chaîne de feu, interrompue sur la côte d'Asie.

Mais de l'île Gilolo, une branche de la chaîne s'en va rejoindre la Nouvelle-Guinée où, sur la côte occidentale, se trouve un volcan très élevé. On en a signalé deux autres, dont l'un au nord et un insulaire. Dans les eaux de la Nouvelle-Bretagne, des volcans en éruption ont été également aperçus.

Le groupe des îles Salomon contient les volcans Lammat et Semoya, celui-ci souvent en éruption.

Dans les îles de Santa-Cruz, le volcan de Tinakoro eut une grande éruption en 1869, et le Medana, haut de 60 mètres environ, était en éruption en 1595, lorsqu'on découvrit l'île.

Le groupe des Nouvelles-Hébrides contient les volcans actifs de Lopevi, Ambrym et Tanna.

M. le Dr Joly, qui a fait de ces îles une très intéressante étude qu'il a bien voulu me communiquer, note en outre un volcan sous-marin situé entre Épi et Tongoa et qui fut aperçu pour la première fois en mai 1897. Un grand nombre de cônes éteints ou du moins inactifs, se manifestent seulement par des fumerolles. L'île Tanna, d'un accès difficile, à cause des bancs de coraux qui l'entourent, a son sommet à 900 mètres d'altitude. Le cratère, sur les flancs de cette montagne était, lors du voyage du Dr Joly, c'est-à-dire en 1901 et 1902, en éruption violente : « Situé au centre du groupe, Ambrym dont le nom signifie « feu » en langue indigène, se montre, dit-il [1], le siège le plus important des phénomènes volcaniques. Cette île comprend trois volcans éteints et un en activité. Les premiers sont plutôt en repos, car l'un d'eux au moins, a eu des éruptions assez récentes puisqu'en 1888, il émettait encore une large coulée de lave. Lorsqu'on a franchi les 6 à 700 mètres d'altitude à laquelle s'élève le vaste plateau qui occupe le centre de l'île, on arrive dans un grand cirque dénudé, au sol aride, formé de sables et de cendres, délimité par des falaises à pic, véritables murs immenses où s'arrête la végétation. Dans ce vaste cirque, se rencontrent, de l'est à l'ouest, presque sur une même ligne droite, trois bouches du volcan central. La première, tout à fait à l'est, se forma à une époque inconnue. Puis l'ouverture se fit plus centrale, au pied d'un cône haut de 1.336 mètres, le mont Morum ; elle est aujourd'hui bien éteinte. La troisième bouche, au contraire, est actuellement en activité ». Elle est appuyée au mont Bembow, et a

1. Dans un document inédit pour la communication duquel je lui ai une grande obligation.

une circonférence d'au moins 2 kilomètres. Le fond du cratère contient un petit lagoun, non loin de l'orifice de la cheminée d'où s'échappent des vapeurs, des cendres, des blocs incandescents, de l'eau liquide; toutes ces projections retombant dans le lagoun en ébullition. La dernière éruption, qui remonte à septembre 1894, donna lieu à une énorme coulée de lave. Il y a à Ambrym de nombreuses sources thermales chargées de gaz et de sels. Au nord de l'île Lopari, qui eut une éruption en 1863, sont les îles de Banks, parmi lesquelles le Great Banks renferme un volcan actif, et les îles Torrès, où se continue le phénomène volcanique.

Au S.-E. de la Nouvelle-Calédonie une petite île, le Rocher-de-Mathieu fut vue en éruption par Dumont-d'Urville en 1828. Il n'y a de volcans actifs que dans l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande, où ils sont très importants. Le Ruapahu est un cône aplati, d'une altitude de 3.118 mètres. Le Naugarohoe, d'une hauteur de près de 2.000 mètres, s'élève au milieu d'un vaste cirque. Il eut de grandes éruptions en 1857 et 1870. Le Whakari, est à peu de distance de la côte septentrionale. L'île est traversée du S.-E. au S.-O. par une fissure, coupant la chaîne longitudinale qui détermine la forme de l'île entière, et c'est vraisemblablement aux points d'intersection que s'élève le cône de Tongariro[1]. Toute cette région est parsemée de lacs bouillants, de solfatares, de colonnes de vapeur, de geysers. On rencontre aussi un grand nombre de volcans éteints. Le Mont Tarawera, que l'on croyait éteint, fit éruption le 10 juin 1886. C'était un énorme cône tronqué s'élevant non loin du lac du même nom. L'explosion fut formidable. Il y eut de nombreuses victimes et les célèbres terrasses roses et blanches de Rotomahan, formées par des dépôts d'eaux chaudes à 84 degrés centigrades, furent détruites.

1. HUMBOLDT. *Cosmos*, trad. GALUSKY, IV, p. 444. Paris, 1859.

Revenant aux petites îles de la mer du Sud, nous nous retrouvons sur une ceinture qui traverse le Pacifique de l'est à l'ouest dans toutes sa largeur où l'action volcanique fut partout manifeste, mais où elle n'est actuellement active que sur quelques points. Après les îles Viti qui ne renferment que d'anciens cratères, nous trouvons dans le groupe des Amis ou de Tonga, le pic de Tafoua, haut de 639 mètres, dont le cône central de scories est entouré d'un grand cratère. Il déversa en 1792 de grandes coulées de lave. Dans le même archipel, l'Amargoura eut en 1847 une éruption considérable de lave.

Dans le groupe de Samoa ou des Navigateurs, l'île de Savoi renferme le volcan actif de Mauna-Mu.

Il ne semble plus y avoir d'activité volcanique dans les îles de la Société, les îles Marquises, l'île de Pâques.

Les Galapagos, sous l'équateur, contiennent deux mille cônes, mais il n'y en a que deux en activité : Chatam et Albermarle. L'île de Pahon (18°45′ latitude sud et 43°25′ longitude) a un volcan actif.

Bien plus au nord, dans le Grand Océan, nous arrivons aux îles Sandwich, dont l'île Havaï compte quatre volcans, dont deux, le Mauna-Kea et le Mauna-Loa atteignent l'un 4.363 mètres et l'autre 4.303 mètres d'altitude. Le Mauna-Loa est peut-être le plus prodigieux volcan de la planète. C'est une immense montagne, en forme de dôme aplati, formée par la lave. Le Kilauea, situé sur l'un de ses côtés, à 25 kilomètres du sommet, et 3.000 mètres plus bas, est le plus grand bassin volcanique que l'on connaisse, car, de forme ovalaire, il a 4.500 mètres de longueur sur 2.250 de largeur. Il est entouré dans sa plus grande partie par un mur presque vertical de lave solide qui de loin ressemble à une roche stratifiée. Nous avons déjà cité des récits de voyageurs, à propos de ce volcan. Hilo, le chef-lieu de Hawaï, n'est pas éloigné du terrible cratère. En 1856, il faillit être enseveli

sous la lave. La route qui monte de la ville au volcan traverse, par une pente presque insensible, de magnifiques forêts nées sur le sol riche des laves décomposées. Puis cette belle végétation fait place à des fougères rabougries, après lesquelles la vie cesse complètement. Du sol crevassé sortent des vapeurs brûlantes, d'ailleurs utilisées par le tenancier d'une auberge bâtie à peu de distance du cratère, qui offre à ses clients, dans une cabane, une sorte de bain russe naturel.

Les indigènes ont fait du Mauna-Loa le séjour de la redoutable déesse Pélé que, tout chrétiens qu'ils sont maintenant, ils redoutent encore. Les longs filaments d'obsidienne sont, selon eux, comme nous l'avons dit, les cheveux blancs de cette déesse vénérable.

Les deux autres volcans d'Hawaï sont le Mauna-Wororai, dans l'intérieur, et le Ponahohoa.

§ 2. — Bande à Volcans actifs des Amériques.

Sommaire. — Une trentaine de volcans dans les Aléoutiennes. Naissance d'îles : Bogoslow et New-Island. Le Progommoi, le plus haut volcan du groupe. — Cinq volcans dans la presqu'île d'Alaska. — La chaîne des Cascades : le mont Hélie, le mont Fairweather, le mont Edgecombe, le mont Rainier, le mont Sainte-Hélène. — Les deux volcans de la Basse-Californie. — Les volcans mexicains : le Tuxtla, l'Orizaba, le Popocatepetl, le Toluca, le Jorullo et les Hornitos, le Colima, le Ceboruco. Deux cônes récents : les volcans de Tuita et de Pochulta. — L'action volcanique très intense et très concentrée dans l'Amérique Centrale : l'Amilpas, le Sapotiltan, le Tajamulco, le Quezaltenango, l'Atitlan et sa violente éruption de cendres (1828), le Fuego et l'Acatanango. Guatemala plusieurs fois détruite. L'Agua et ses torrents de neige fondue. Le volcan de Pacaya et ses énormes coulées de lave. L'Isalco ou Phare de San-Salvador, toujours en éruption, édifié en 1770. Le Quezaltepèque, le Conchagua, le Coseguina (terrible éruption

en 1835). Le Viejo, le Telica, El Nuovo, le Nindiri et le Massaya soudés par leur base ; le Momotombo, le Miravalles. le Turrialva, le Chiriqui. — La Cordillère des Andes. Le volcan de Ruiz, le Tolima, le Puracé, les volcans de Pastos, de Chiles, de Cumbal. — Le plateau de Quito, bordé d'énormes et célèbres volcans ; le Pichincha et ses flancs ravinés. Le Carguayrazo (éruption boueuse en 1698), l'Antisana gravi par Humboldt et Bonpland. Grande activité du Cotopaxi ; ses détonations effroyables, une ville sur ses flancs. Le Tunguragua. L'Altar (l'autel). Le Sangay, toujours brûlant et grondant. — Les volcans du Pérou méridional et de la Bolivie. Le volcan d'Arequipa. Le volcan de Sahama, le plus haut sommet des Andes. L'Isluga, San-Pedro d'Atacama, l'Illascar, le Llullaillaco. — Les Andes chiliennes : beaucoup de volcans inactifs. Comme cônes actifs, le Peteroa, les volcans de Chillan, d'Antuco, de Llogel, de Calbuco, qui ont de violentes éruptions. Volcan sous-marin entre Valparaiso et l'île de Juan-Fernandez.

Iles Aléoutiennes, — Des îles Sandwich aux îles Aléoutiennes, on ne rencontre pas d'archipels. Les Aléoutiennes commencent la ligne de feu du Nouveau Monde et la rattachent à celle de l'Asie Orientale par les Kouriles. Les 240 milles géographiques sur lesquels s'étend leur longue file contient plus d'une trentaine de volcans. L'île Attou est la plus voisine de l'Asie, l'extrémité occidentale de l'arc que forme l'archipel. L'île Gorely a un volcan actif, d'une hauteur de 1.145 mètres. Elle est voisine de Tanaga, qui a un volcan considérable, avec plusieurs cimes dont la plus haute est toujours fumante. L'île d'Atcha contient trois volcans actifs. Siguam, Amutcha, Junaska ont eu des éruptions récentes. L'aspect de la dernière de ces îles aurait été complètement modifié par une éruption qui eut lieu en 1824. Les îles des Renards, qui comprennent les plus grandes de l'archipel : Oumnak, Ounalasckha, Ounimak sont en grande activité : Oumnak renferme deux volcans brûlants dont l'un, le Wsewidock est haut de 2.620 mètres. Une éruption sous-marine a produit, en 1796, l'île Agas-

chagokk ou Joanna Bogoslawa, qui resta allumée pendant huit ans et s'accrut jusqu'en 1818. Elle a une hauteur de 700 mètres et un circuit de 30 kilomètres.

Et près de cette île Bogoslawa, en naquit une autre à laquelle le vapeur américain *Greenrinck* donna son nom. Elle avait, lors de ce baptême, la forme d'un dôme, avec une hauteur de 250 mètres et un périmètre de 1.200 mètres. En 1891, le dôme avait disparu; en 1895, elle continuait à émettre de la fumée. A peu près vers cette époque, un îlot situé entre Bogoslowa et Greewinck, disparaissait et sur son emplacement naissait, en 1904-1905, New-Island, au milieu de tous les phénomènes d'une éruption volcanique. On en fit l'exploration. La hauteur totale du pic était de 116 mètres. Mais en 1907, elle avait disparu.

L'île Ounalaskha possède le volcan Matouschkin, haut de 1.700 mètres environ et qui eut une éruption en 1828. C'est dans l'île d'Ounimak que se trouve le plus haut volcan des Aléoutiennes, le Progommoi (2.820 mètres). Le Schisschaldinskoi, qui a une altitude de 2.526 mètres, eut un effondrement en 1795. Le Pic de la Désolation eut une éruption en 1863.

Près d'Alaska, l'île de Shuan-Shu fit éruption en 1856.

Amérique du Nord. — La presqu'île d'Alaska continue la chaîne volcanique des Aléoutiennes. On y trouve cinq volcans : le Pawlowsky, le Morschowsky, le Wenjaminowm, l'Ujakuschutsch et l'Iljamma, qui aurait 3.480 mètres. Nous arrivons aux montagnes du continent, c'est-à-dire à la chaîne des Cascades, dont le Mont Elie est le volcan le plus septentrional. Cette chaîne des Cascades contient des pics qui dépassent 5.000 mètres : le Mont Elie a 5.441 mètres. Il a été vu en éruption. Le mont Fairweather, situé par 58°45', est couvert de ponce et mesure 4.489 mètres d'alti-

tude. Il est encore actif. Le mont Edgecombe, dans l'île Lazare, est haut de 912 mètres. Il eut une violente crise en 1796, pendant laquelle il rejeta quantité de ponce. Il est par 57°3′. Le mont Baker (48°,48′) est un cône très régulier, très actif, d'une altitude de 3.670 mètres. Le mont Rainier (46°18′), haut de 3.670 mètres, eut de formidables éruptions en 1841 et 1843. D'une forme très régulière, le mont Sainte-Hélène atteint 5.000 mètres. Il dégage constamment de la fumée et eut, en 1840, une poussée de cendres et de ponce.

L'action volcanique se continue dans les Montagnes Rocheuses; mais on n'y trouve plus de cratère en activité. Il faut descendre jusqu'aux latitudes mexicaines pour trouver des volcans actuels. Deux des volcans de las Virgines ou Basse-Californie émettent des vapeurs et de la fumée.

Les volcans mexicains sont, pour la plupart, concentrés dans une zone qui s'étend du nord-ouest au sud-est, du 22e degré au 18e degré de latitude et parallèle, par conséquent, à la côte du Pacifique; formant un arc dont la concavité est tournée vers le Grand Océan. Au sud de cette zone, il y a une interruption jusqu'au sud de Chiapas, où se trouvent des volcans appartenant déjà à la zone de l'Amérique Centrale. Le plus grand nombre des volcans se trouvent dans la partie centrale de la chaîne, loin de la mer. Le Tuxtla, dans l'État de Vera-Cruz, est cependant un volcan côtier. En somme, on peut dire que les volcans du Mexique sont situés sur la grande chaîne de la Sierra Madre Occidentale, principalement sur le versant oriental. Les autres se trouvent dans la haute plaine appelée Mesa Central[1].

Le Tuxtla est un volcan isolé, situé près du golfe

1. *Les Volcans du Mexique dans leurs relations avec le relief et la tectonique générale du pays*, par AGUILARA. Congrès géologique international de Mexico, 1907.

du Mexique, à la latitude de 18°28′. Il donna, en 1793, une grande éruption de feu et de cendres. Sa hauteur est de 3.706 mètres.

L'Orizaba, d'une altitude de 5.370 mètres, n'est pas mis par Humboldt au rang des volcans enflammés. Cependant, il aurait eu, vers 1569, une éruption qui aurait duré vingt ans et en 1002, il a, dit-on, rejeté des cendres et de la fumée. Le cratère, d'une forme ovale, dont la circonférence est évaluée à 6.000 mètres, est comme divisé en trois compartiments par des coulées de lave. Il est ébréché au sud et à l'est, profond et recouvert par places d'une épaisse croûte de soufre. De petits cônes, presque tous tronqués, entourent la base. Il en est sorti de la lave, des cendres, de la boue. L'Orizaba est couvert de neiges éternelles, de même que le Popocatepelt, le Toluca, le Colima, les seules montagnes du Mexique assez hautes pour être dans ce cas.

Le Popocatepetl, magnifique cône d'une hauteur de 5.567 mètres, situé au sud-est du lac de Mexico, est en activité constante, avec éruptions de vapeurs et de cendres.

Le Toluca est actuellement en sommeil. Humboldt en a gravi et mesuré barométriquement le plus haut sommet, « l'étroit et difficile Pico del Frayle, haut de 14.232 pieds ».

Du Jorullo, 1.280 mètres, il a été parlé ailleurs avec détails. Mais Humboldt ayant fait sa rédaction avec une idée reconnue fausse, il est intéressant de prendre la description de Poulett Scrope, qui l'a combattu :

« Cinq ouvertures se déclarèrent sur une plaine basse, ou plutôt dans une vallée, le long d'une fissure dirigée du nord au sud. De chacune de ces ouvertures, il se forma un cône de cendres ordinaire, par les éjections continuelles de scories, pendant que de tous ces cônes, mais surtout du plus grand, le Jorullo proprement dit, s'échappèrent de copieux courants

de lave basaltique imparfaitement liquide, lesquels ne pouvant s'écouler à de grandes distances, se sont accumulés les uns sur les autres en haute plate-forme convexe, le Malpais ou plaine bombée de Humboldt. La dernière éruption de lave eut lieu par le cratère ébréché du Jorullo proprement dit, et, en conséquence de sa fluidité extrêmement imparfaite, elle forme un massif promontoire ou contrefort que l'on voit encore aujourd'hui se projeter du flanc du cône, la base appuyée sur la lave du Malpais. De considérables évacuations de cendres noires signalèrent la dernière éruption, et les protubérances irrégulières qui s'élevèrent au-dessus des fumerolles du courant de lave, recouvertes d'une couche d'un pied ou deux d'épaisseur de ces matières finement triturées, qui, en se consolidant, affectèrent une structure globulaire concrétionnaire; ces protubérances formèrent les hornitos dont Humboldt avait tant de peine à expliquer l'origine »[1].

Le volcan de Colima, tout près de la côte du Pacifique, élève ses deux sommets à l'altitude de près de 4.000 mètres. Il eut de grandes éruptions en 1770, 1795, 1869-1870, qui donnèrent naissance à plusieurs coulées de lave.

Le petit volcan de Ceboruco, par 21°25′ de latitude nord, que l'on croyait éteint, a fait éruption en 1870 et 1875.

Enfin, il faut signaler deux cônes récents, l'un sur la montagne de San-Ana, près de Tuita et qui eut une éruption en 1856, et l'autre, le Pochulta, dans l'Etat d'Oajaca, eut une éruption en 1870.

Amérique centrale. — La chaîne de l'Amérique Centrale, qui comprend les volcans de Guatemala, de San Salvador, de Honduras, de Nicaragua, de Costa

1. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 461.

Rica s'étend entre 16°2′ (volcan de Seconusco) et 10°9′ et est dirigée, en général du nord-ouest au sud-est. C'est une des régions du globe où l'activité volcanique est le plus intense et le plus concentrée. Nous citerons, dans le Guatemala : l'Amilpas, le Sapotiltan, le Tajamulco, le Quezaltenango, puis l'Atitlan, qui, haut de 3.572 mètres, eut, en 1828, une violente éruption de scories et de cendres qui couvrirent une surface considérable et obscurcirent le pays à une distance de 48 kilomètres de rayon.

Le volcan de Fuego, soudé par la base à l'Acatenango (4.150 mètres) la plus haute montagne du pays, a eu neuf éruptions désastreuses de 1581 à 1799. En 1852, il en sortit un courant de lave qui s'étendit jusqu'au Pacifique. Les tremblements de terre auxquels il donnait lieu firent déplacer, au XVIIIe siècle, la ville de Guatemala, qui en était trop rapprochée. Cette capitale avait eu à souffrir aussi des éruptions de l'Agua, cône de 4.470 mètres, dont la neige fondait en torrents destructeurs au contact des matériaux rejetés par le volcan dont le nom est tiré de cette particularité. La ville périt ainsi en 1541 sous une inondation.

Le volcan de Pacaya, près de la ville d'Amatitlan, est formé par deux cônes, dont l'un seulement est actif. Tous deux s'élèvent au milieu d'un ancien cratère. Le Pacaya eut, en 1776, une terrible éruption, donnant une coulée de lave qui, par places, a plus de 30 mètres d'épaisseur. Les produits volcaniques enterrèrent des villages sur un rayon de 14 kilomètres à la ronde. Entre le Pacaya et l'Atitlan s'étend un lac de 48 kilomètres de long sur 16 de large, entouré de rochers à pic et sans dégagement visible.

Dans la république de San Salvador, l'Isalco est appelé le phare de San Salvador, parce que, de même que le Stromboli, il est constamment en éruption. Il est né seulement en 1770, dans une plaine non loin

du volcan de San Ana. Il y eut d'abord une éruption de lave; puis les pierres et les cendres, constamment rejetées, durant des années, après que la lave eut cessé de se répandre, finirent par former un cône qui a, aujourd'hui, 658 mètres de haut.

Le Quezaltapèque était en éruption encore assez récemment. Il se trouve dans une chaîne transversale, coupant la chaîne principale. Le San Miguel donne fréquemment des coulées de lave dont l'une s'étendit jusqu'à la ville du même nom. Il y a, au voisinage de San Salvador, plusieurs volcans éteints.

Dans le Honduras, le volcan Conchagua forme la pointe septentrionale du golfe de Fonseca dont le promontoire méridional est formé par le Coseguina, dans l'État de Nicaragua. Celui-ci, qui n'a que 170 mètres de hauteur est célèbre par la terrible éruption de 1835. Elle fut précédée de tremblements de terre, avec bruits souterrains, entendus de la Jamaïque et de Bogota, comme des décharges d'artillerie. Les cendres, dont l'air fut obscurci durant plusieurs jours, le couvrirent d'une couche de plusieurs pieds d'épaisseur. Elles inondèrent aussi la mer à une distance de 1.100 kilomètres.

Le Viejo est une haute montagne avec trois cratères concentriques.

Le Telica, au-dessus de la ville de Léon, a pour sommet un cratère rempli d'eau chaude.

El Nuovo eut, en 1850, une éruption pendant laquelle la lave jaillit de la plaine qui l'entoure.

Également actifs, dans le même Etat, le volcan de las Pilas, le Nindiri et le Massaya, ces deux derniers attachés l'un à l'autre. En 1775, le Nindiri donna une énorme coulée de lave qui s'étendit jusque dans le lac de Léon. En 1670, les laves du Massaya qui s'étendirent sur une longueur de 33 kilomètres, présentant, après solidification « l'aspect d'un océan d'encre subitement congelé pendant un orage ». Après cette

éruption, le volcan sommeilla jusqu'en 1853 et depuis lors il est resté en activité.

Le Momontobo, toujours fumant et grondant, a également les flancs couverts de lave noire.

Le lac de Nicaragua est parsemé d'îles volcaniques, petits cônes de 5 à 50 mètres, dont plusieurs en activité. Sur les collines environnantes, il y a des centaines de cratères dont certains contiennent des lacs d'eau amère et salée.

Dans l'État de Costa-Rica, les volcans sont :

Le Vieja, qui a à sa base de nombreuses solfatares et qui rejette souvent des cendres; le Miravalles, qui a deux cimes et qui émet de la fumée; l'Irazu, haut de 3.700 mètres, près de la ville de Carthagène : de son sommet, on aperçoit les deux Océans. Il a eu des éruptions en 1723, 1726, 1821, 1847. Il est relié par une crête au Turrialva, qui eut des éruptions en 1865 et 1866.

Le Chiriqui, près du golfe du même nom, est formé de cinq cônes. Il eut des éruptions jusqu'au milieu du XVIe siècle.

Amérique du Sud. — Ainsi que le remarque Poulett Scrope, les pics culminants des Cordillères sont des volcans actifs ou dormants [1]. On sait que cette immense chaîne, composée d'une série de chaînes parallèles, s'étend du nord au sud dans toute la longueur de l'Amérique méridionale, jusqu'à la Terre de Feu.

Le volcan de Ruiz se réveilla en 1829 et eut depuis plusieurs paroxysmes.

Le Tolima, à l'ouest de Santa-Fé-de-Bogota, est le plus élevé des Andes, au nord de l'équateur : il a 5.400 mètres. Il eut de terribles éruptions en 1575 et 1826.

1. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI. Paris, 1864, p. 446.

Toujours en Colombie, près de Popayan, le Puracé est un cône tronqué, d'où sort le Rio Vinagre, dont les eaux sont fortement imprégnées d'acide sulfurique. Il a 4.800 mètres. Éruptions en 1848, 1869.

Les volcans de Pasto, près de la ville du même nom, de Chiles et de Cumbal, également dans la province de Los Pastos, sont en activité. Le premier atteint la limite des neiges éternelles.

Au sud de l'Équateur, nous arrivons sur le Plateau de Quito, large d'une soixantaine de kilomètres, ondulé, crevassé, situé entre les deux chaînes parallèles des Andes, reliées par des *nœuds* qui contiennent ici des volcans célèbres entre tous et véritablement gigantesques. Sur la chaîne la plus occidentale se trouvent : le Pichincha, l'Iliniza, le Carguayrazo, le Chimborazo ; sur la chaîne orientale, l'Imbaburu, le Cayambe, l'Antisana, le Cotopaxi, le Tunguragua, l'El Altar, le Sangay. « Le voyageur pénètre entre cette double rangée de pics comme dans une avenue bordée de sphinx gigantesques [1] ». Ce plateau, de plus de 3.000 mètres d'altitude, vers Quito, compte des villes et des villages jusque sur les pentes des plus dangereux volcans. La cendre de quelque éruption y jette souvent de l'ombre.

La forme du Pichincha s'écarte tout à fait du type habituel du volcan. C'est une énorme muraille sombre et dentelée, formée de quatre cimes entre lesquelles se trouvent deux cratères en entonnoir dont l'un contient le petit cône central par lequel se font les éruptions actuelles. Le Pichincha, réveillé en 1539, eut depuis de violents paroxysmes. Ses pentes fort raides sont creusées de profondes *quebradas*, ravins parallèles creusés par les eaux, comme à Java. La ville de Quito est bâtie sur sa base, les

1. Marcel Monier. *Des Andes au Para*. Paris, 1890, pp. 47, 55 et 51.

rues, en ligne droite, subissant sans dévier tous les accidents du terrain le plus tourmenté.

Le Carguayrazo, actuellement haut de 4.900 mètres, était plus élevé avant 1698, époque à laquelle il s'effondra dans une éruption boueuse, où l'on vit quantité de petits poissons (*Pimelodes cyclopeum*) rejetés par le cratère. Le puissant voisin de ce volcan, le Chimborazo (6.400 mètres), un dôme régulier sous son manteau de neiges éternelles, n'a jamais été vu en éruption.

L'Imbaburu eut, en 1691, une émission de boue.

L'Antisana s'élève à 5.756 mètres. Il fut gravi, en 1802, par Humboldt et Bonpland, qui arrivèrent sur une arête de rochers couverte de ponce et de scories ressemblant au basalte. La neige était assez solide pour les soutenir sur plusieurs points voisins de l'arête du rocher, fait assez rare sous les tropiques. Sur le versant méridional, qui ne fut point gravi par les savants explorateurs, à la Piedra de Azufre, on trouve des masses de soufre pur, de 10 à 12 pieds de longueur sur 2 d'épaisseur. L'Antisana eut de grandes éruptions en 1590, 1728 ; Humboldt signale d'épaisses colonnes de fumée qui s'élevèrent du sommet au printemps de 1801. Il ajoute que, près du faîte, du côté nord-nord-est, on remarque une masse de rocher noir, sur laquelle ne peut se maintenir la neige, même fraîchement tombée.

Le Cotopaxi, d'une altitude de 5.994 mètres est un cône tronqué couvert de neige et d'une admirable régularité. Il est toujours couronné d'un panache de fumée. Son activité est des plus grandes. On compte, depuis la conquête, onze éruptions paroxysmales. En 1742, le bruit souterrain était tellement intense qu'on l'entendait à 200 milles de la montagne. Humboldt[1] raconte que, lors de son séjour sur la côte du Paci-

1. *Cosmos*, t. IV, p. 368.

fique, le 4 janvier 1803, les détonations du volcan ébranlèrent les fenêtres dans le port de Guayaquil. A ce moment-là, le cône de cendre avait perdu toute sa neige, en une seule nuit. C'était un signe infaillible de grande éruption : en effet, on vit bientôt sortir du volcan une énorme colonne de feu. Le paroxysme de 1768 fut particulièrement terrible. On remarque à la limite inférieure de la neige éternelle une masse rocheuse dont une tradition indigène fait le sommet écroulé du volcan. La petite ville de Latacunga s'élève sur le flanc même du dangereux colosse, et elle a été à plusieurs reprises détruite et rebâtie. Cette témérité de s'installer en de pareils sites est, du reste, antérieure à l'occupation européenne.

Le Tunguragua, un peu à l'ouest de la chaîne orientale, a une altitude de près de 5.000 mètres, dominant la ville de Riobamba, tristement célèbre par le tremblement de terre qui la détruisit en 1797. Elle fut rebâtie à trois lieues plus à l'ouest, et c'est aujourd'hui une bourgade de 3.000 à 4.000 âmes, au-dessus desquelles ont passé sans les atteindre les nuages de cendres issus du Tunguragua, lors de l'éruption de 1886. Cette tranquillité est d'ailleurs tout ce qu'il y a de plus précaire, car Rio Bamba n'est pas loin non plus de l'Altar.

L'Altar, appelé aussi le Capac-Urcu, ce qui signifie en langue quecha le Mont-Superbe. Il a une altitude de 5.404 mètres, et n'a pas donné signe de vie depuis la conquête. Peu de temps auparavant son sommet s'était effondré, laissant une crête semi-circulaire, figurant, « pour peu que l'on ait de l'imagination, le chœur d'une église et l'autel (*altar*), garni de cierges ».

Le Sangay se trouve dans le bassin de l'Amazone, un peu au delà de la chaîne orientale de la Cordillère, en sorte que, du haut plateau, on voit seulement son reflet d'incendie sur le ciel. On l'entend gronder, et

il est même entendu de Guayaquil, quand le vent porte dans cette direction. Sa hauteur est de 5.325 mètres. Il est en éruption continue, du moins depuis 1728, rejetant, à des intervalles de 10 à 15 minutes, des scories incandescentes.

Après les cônes de Quito, la Cordillère, sur une distance de 240 milles, ne présente aucun volcan. On arrive ensuite au groupe du Pérou méridional et de la Bolivie, qui comprend 19 volcans, dont plusieurs actifs, entre le 16e et le 22e degré de latitude boréale.

Le Misti, ou volcan d'Arequipa, s'élève à 5.500 mètres. Il fournit des éruptions de fumée, de scories et de cendres; mais on ne lui connaît pas de coulée de lave.

L'Uvinas, au sud d'Apo, était endormi depuis le XVIe siècle, lorsqu'il se réveilla, en 1867, avec des tremblements de terre et une éruption de cendres.

Le Sahama est le plus haut sommet des Andes. Il dépasse d'environ 300 mètres le Chimborazo et il faut aller dans le plateau central de l'Asie pour trouver des pics plus élevés; il mesure 6.990 mètres d'altitude. Son cône tronqué, parfaitement régulier, s'élève de 1.500 mètres sur un plateau de grès. Le cratère est très grand.

L'Isluga, dans la province de Tarapaca, a eu une éruption en 1863.

Le volcan de San Pedro d'Atacama, à l'extrémité nord-est du Désert, est encore en activité, de même que l'Illascar, qui fit éruption en 1848 et en 1854, et le Llulaillaco, le volcan le plus méridional du groupe.

Pour retrouver des volcans, il faut descendre jusqu'à Coquimbo (Chili), sous le 30e degré parallèle. Les Andes chiliennes en comprennent une trentaine jusqu'au 46e degré; mais la plupart sont inactifs. Sur l'Aconcagua, au nord-est de Valparaiso, presque

aussi élevé que le Sahama, et que Humboldt regarde comme encore brûlant, Pissis a élevé le doute qu'il n'est peut-être même pas d'origine volcanique.

Le Maypou, au sud de Valparaiso, a plus de 4.000 mètres. Son cratère rejette des cendres et des scories. Le Peteroa, à l'est de Talca, a de fréquentes éruptions. On cite un paroxysme en 1762.

Le volcan de Chillan a plus de 4.000 mètres d'élévation. Entouré à sa base de solfatares fumantes, il eut, en 1861, une éruption avec production d'un nouveau cône, dans un glacier, dont une partie considérable fut précipitée dans la vallée de Santa Gertrude, entraînant avec elle une masse de scories.

Le volcan d'Antuco, au sud de Concepcion, émet des courants de lave, qui sortent au pied du cône et plus rarement du sommet du cratère. Il rejette aussi des scories. C'est un cône de près de 3.000 mètres. Il eut des éruptions en 1828, en 1835, en 1852, en 1863.

Le Llogel ne se révéla qu'en 1872 par une violente éruption qui porta ses cendres jusqu'à Tacna, c'est-à-dire à une distance de 100 lieues.

Le volcan d'Osorno est un cône de 2.621 mètres. Il eut une éruption en 1863.

Le Calbuco a eu une grande éruption en 1893. Il s'élève à une hauteur de 1.738 mètres. Son cratère, dont la margelle est à 1.692 mètres d'altitude, a la forme d'un pentagone irrégulier, avec 2.000 mètres de diamètre. Au cours de l'éruption, plusieurs cratères s'ouvrirent aux environs du volcan.

Ajoutons que les formations volcaniques se continuent jusqu'en Patagonie et dans la Terre de Feu. Les laves et les scories y abondent et des voyageurs croient y avoir aperçu des éruptions.

Entre Valparaiso et l'île de Juan Fernandez, un volcan sous-marin élève des îles bientôt détruites par la mer.

§ 3. — Appendice.

SOMMAIRE. — Dans les terres australes, l'Érèbe et la Terreur. — Les volcans arctiques. Jean-Mayen et l'Islande. Description de l'Hécla. Le Skaptar Jokul, l'Orofea, l'Eyafialla, le Kotlugaja et ses grandes éruptions de 1755 et de 1860.

Les volcans des terres australes. — Les terres australes sont riches en volcans. Les plus célèbres sont l'Érèbe et la Terreur, découverts par Ross en 1841. Le premier, haut de 3.900 mètres, était en éruption, lorsqu'il fut aperçu pour la première fois ; l'autre ne s'est pas laissé voir en activité. Il a 3.400 mètres d'altitude.

Plus au nord, entre le 60ᵉ et le 61ᵉ degré de latitude, se rencontrent plusieurs petites îles en activité volcanique.

Les volcans arctiques. — Dans l'autre hémisphère, dans les régions arctiques, se trouvent des terres essentiellement volcaniques : l'île de Jean-Mayen et l'Islande.

Située sous le 71ᵉ degré de latitude nord et explorée par Scoresby, Jean-Mayen, dont le point culminant. le Beerenberg, est probablement un volcan éteint, a en outre un volcan actif, l'Esk. La petite île active de Birds-Island se trouve à 7 kilomètres de Jean-Mayen.

L'Islande est tout entière un produit de ses volcans, un composé de trachyte et de basalte, sur lequel s'élèvent 27 volcans actuels, dont une quinzaine ont eu des éruptions bien constatées depuis les temps historiques.

Le plus célèbre de ces volcans est l'Hécla, situé dans l'intérieur, à 74 kilomètres de la côte. D'une altitude de 1.654 mètres, il a été beaucoup plus haut, car, dans l'éruption de 1845, il perdit une grande

portion de son sommet, — 160 mètres environ. Il eut un grand nombre de paroxysmes : 1004, 1137, 1222, 1300, 1341, 1362, 1389, 1538, 1619, 1638, 1693, 1766, 1845. Les cendres de cette dernière éruption se répandirent jusqu'aux îles Feroë et aux Orcades, et il se déversa une coulée de lave de 15 kilomètres, sur une épaisseur de 16 à 25 mètres. A la cime de l'Hécla, plusieurs cratères à fumerolles déposent beaucoup de soufre.

Le Skaptar Jokul eut une violente éruption pendant laquelle il rejeta une formidable quantité de lave, en deux torrents, dont l'un avait 80 kilomètres de long sur 24 dans la plus grande largeur, et l'autre 65 kilomètres de long sur 12 de large. L'épaisseur atteignait, par places, 150 mètres. Les vieilles chroniques signalent encore d'autres éruptions de ce volcan, mais moins violentes.

L'Orœfa, la plus haute montagne de l'île, a eu plusieurs paroxysmes et un long sommeil, depuis le XIVe jusqu'au XVIe siècle.

Le Krafla a sur ses flancs plusieurs cratères qui ont donné des coulées de lave.

L'Eyafialla, dont l'altitude dépasse 1.810 mètres, a eu des éruptions en 1720 et 1822.

Le Kotlugaja doit son nom, qui signifie la « grande fissure de Kotl », à la profonde vallée, ou barranco, qui est son cratère et qui traverse le nord-ouest de la montagne. Cet immense abîme est visible de fort loin ; il est impossible d'en approcher, à cause des neiges, des glaciers, des vapeurs. L'activité de ce volcan est considérable. On lui connaît quinze grandes éruptions depuis l'an 900. L'une des plus violentes fut celle qui coïncida avec le tremblement de terre de Lisbonne. Elle commença le 19 octobre 1755 et se continua jusqu'au mois d'août de l'année suivante. Grande éruption du même volcan en 1860.

Vu la haute latitude, tous les volcans de l'Islande

sont revêtus de glaciers, en sorte que les éruptions sont toujours accompagnées d'écoulements torrentueux de glace et d'eau bouillante.

On cite encore des éruptions dans des parties inhabitées de l'île ou d'un accès particulièrement difficile.

§ 4. — Bande à volcans éteints.

Sommaire. — Dans les Pyrénées, le massif d'Ollot. — Les sources chaudes de la chaîne. — Les volcans de l'Ardèche. — L'Auvergne particulièrement étudiée. Guettard. — Le massif du Mont-Dore. Le pic de Sancy. Le Cézallier. L'Etna pliocène du Cantal (Le Plomb). La chaîne des Puys ou Monts-Dômes. Ses volcans domitiques et ses volcans à cratère. La Cheire. — Les volcans de l'Eifel. Cratères bien conservés. — Volcans éteints du Caucase. Sources chaudes. L'Elbrouz et le Kasbeck. — Les volcans éteints de l'Asie occidentale. — Volcans éteints par toute l'Afrique : le cap de Bonne-Espérance, le Sénégal, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, le Sahara et les observations de la mission Fourreau-Lamy. — Traces d'innombrables éruptions dans les Montagnes Rocheuses. Volcans énormes en Californie. — Au Mexique, volcans éteints associés aux volcans actifs. — Le plateau central mexicain. — Innombrables volcans éteints dans la mer du Sud. Les cratères de l'île de Pâques. — Deux mille volcans éteints aux Galapagos. Traces volcaniques de plus en plus atténuées vers le nord de l'Europe.

En maintes localités, on a trouvé des preuves certaines de l'existence et de la destruction de volcans de plus en plus anciens, et cette destruction nous a amenés à la connaissance de parties nécessairement cachées, parce qu'elles sont souterraines dans les volcans actifs, lesquels nous renseignent sur les parties hautes et même superficielles, actuellement détruites, des volcans d'autrefois : — le tout au grand profit du principe de continuité entre les époques successives et de conformité entre leurs produits.

On a reconnu, en appliquant cette méthode, que l'Eurasie est traversée par une bande comprenant les Pyrénées, les Alpes, les Carpathes, le Caucase et l'Himalaya, où quelques volcans, encore capables d'éruptions, quoique devenus paresseux, sont associés à des restes de volcans tout à fait éteints, laissant cependant exhaler d'innombrables sources chaudes, et même des émanations plus ou moins solfatariennes, — plus souvent encore, des dégagements moffettiques.

Dans un très grand nombre de points, la bande géographique considérée se subdivise en régions d'âges évidemment différents et dont la considération est décisive pour montrer la continuité absolue des phénomènes. On y voit d'abord la région la plus saillante ou la plus montagneuse et, dans des régions latérales plus ou moins distantes, des massifs dont l'âge est certainement plus récent et dont les caractères se rattachent davantage à ceux des productions actuelles. Si les volcans actifs manquent à peu près dans l'une comme dans l'autre de ces deux régions, cependant on trouve, dans la partie annexe, des vestiges qui sont d'une conservation admirable.

Pyrénées. — Pour les Pyrénées, on doit citer le magnifique massif d'Ollot, en Catalogne, où de beaux cratères, dans un état de conservation parfaite, sont complétés par des coulées de basalte parfois superposées en grand nombre (fig. 23) et par des lits de cendres souvent très étendus et très épais. Il faut aussi noter, tout le long de la chaîne, des pointements éruptifs d'âges très divers et dont les produits constituent les types lithologiques si remarquables des Lherzolithes et des Ophites. Et quel témoignage de la persistance d'un reste notable d'activité souterraine ne nous procure pas la guirlande des sources chaudes égrenées d'un bout à l'autre de la chaîne,

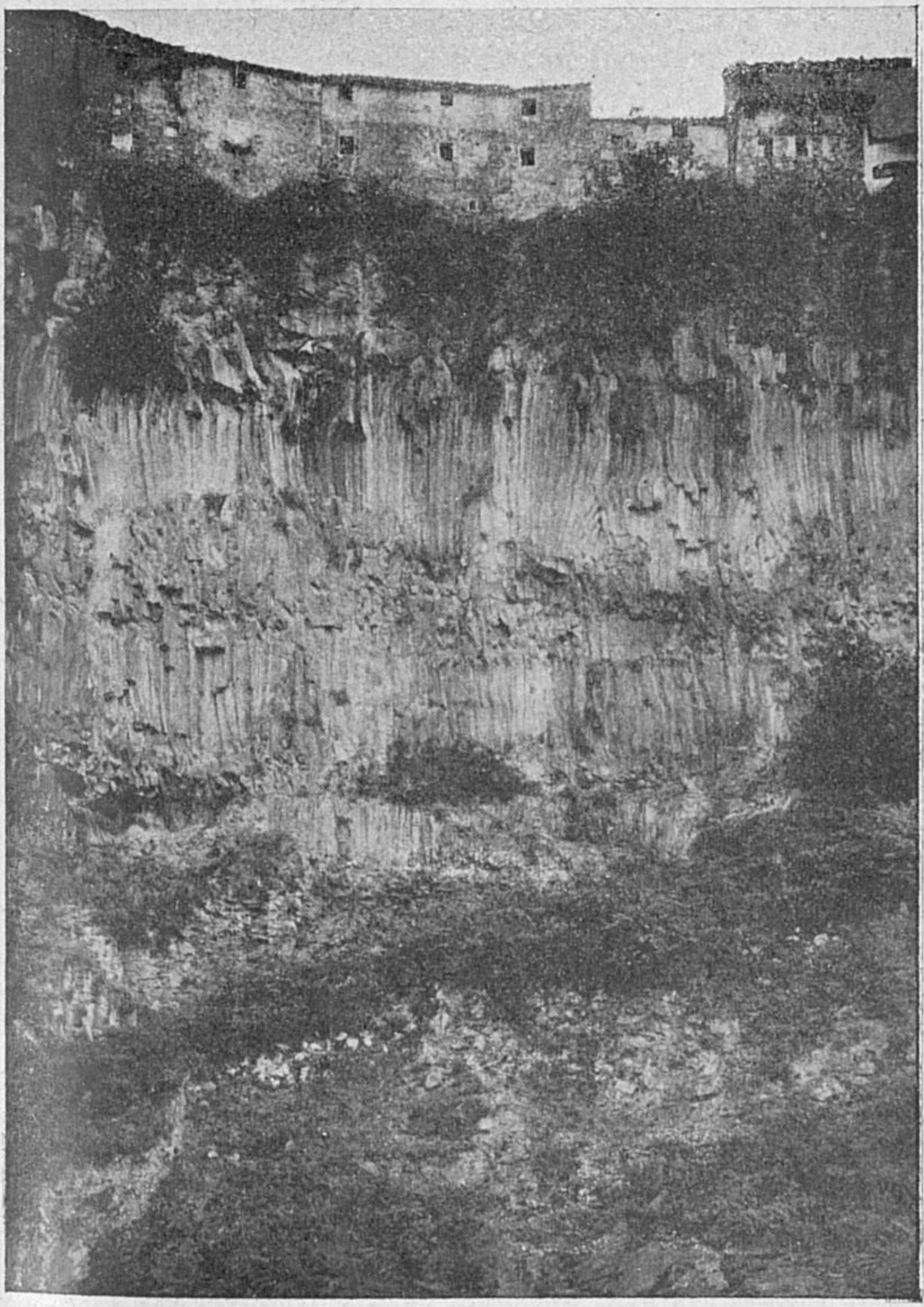


Fig. 23. — Colonnades basaltiques de quatre coulées superposées à Castellfollit de la Roca, en Catalogne (Espagne). — Cliché Aug. Robin.

longue de 420 kilomètres depuis le cap du Figuier, près de Bilbao, en Espagne, jusqu'à la pointe Cerbère, en Roussillon. Barèges, Luchon, Cauterets, Amélie sont des noms illustres au point de vue hydrologique, à côté desquels il serait facile d'en mentionner bien d'autres.

Ces remarques nous autorisent à nous comporter de même le long de la chaîne des Alpes et à voir des annexes qu'il faut lui rattacher nécessairement, dans des formations évidemment volcaniques.

Vivarais. — Dès l'Ardèche, on rencontre de vrais volcans admirablement caractérisés : la Gravenne de Montpezat, au cratère régulier en forme de coupe, le volcan de Thueyts, la Coupe de Jauzac, aux contours elliptiques et dont les flancs sont parés d'une si magnifique végétation de châtaigniers, la Coupe d'Ayzac avec un cratère échancré d'une conservation admirable.

On sait que le massif du Vivarais se rattache intimement à celui du Velay (fig. 24) et par lui au Cantal, puis au Mont-Dore et au Puy de Dôme. Un coup d'œil sur la carte montre que les intervalles ont été surtout l'œuvre de l'érosion et que sans elle, on constaterait une véritable continuité sur toute cette région volcanique. Arrêtons-nous-y un moment.

Auvergne. — L'Auvergne est une des plus admirables régions du globe, tant au point de vue de la beauté singulière des paysages qu'à celui des enseignements que la science géologique en retire. Elle présente, en effet, un ensemble de volcans éteints, remarquablement conservés et des exemples merveilleux, comme le remarque Poulett Scrope, qui les a tant étudiés, « des variétés de position, de structure et de caractères minéralogiques qu'affectent les roches volcaniques dans les diverses parties du globe,

aussi bien que des effets du temps et des influences atmosphériques sur ces formations[1]. »

Aussi l'Auvergne a-t-elle été extrêmement étudiée, notamment par Desmarest, Lyell, Poulett Scrope, de Buch, Montlosier, Ramond, Archibald Geikie, Rames, Fouqué, etc. Ce n'est cependant que depuis 1751 que l'on sait que les montagnes du Plateau Central furent des volcans.

« En 1751, deux membres de l'Académie des sciences de Paris, Guettard et Malesherbes, à leur retour d'Italie où ils avaient visité le Vésuve et observé ses produits, passèrent à Montélimar, petite ville située sur la rive gauche du Rhône, et, après avoir dîné en compagnie de savants qui y résidaient, parmi lesquels était M. Faujas de Saint-Fond, ils sortirent pour explorer les environs. Le pavé des rues attira tout d'abord leur attention. Il est formé de courtes articulations de colonnes basaltiques plantées perpendiculairement dans le sol, et ressemble par suite à celui des routes antiques dans le voisinage de Rome, qui sont pavées avec des pièces polygonales de lave. En s'informant, ils apprirent que ces pierres provenaient du rocher sur lequel est bâti Roche-Maure, sur la rive opposée du Rhône; et on les instruisit en outre que des roches pareilles abondaient dans les montagnes du Vivarais. Ces renseignements engagèrent les académiciens à visiter cette province, et, étape par étape, ils atteignirent la capitale de l'Auvergne, découvrant chaque jour une raison nouvelle pour croire à la nature volcanique des montagnes qu'ils traversaient. Arrivés à Clermont, tout doute disparut. Les courants de lave des environs de cette ville, noirs et hérissés comme ceux du Vésuve, descendant sans interruption de plusieurs

1. POULETT SCROPE. *Les Volcans*, trad. PIERAGGI, p. 363. Paris. 1864.

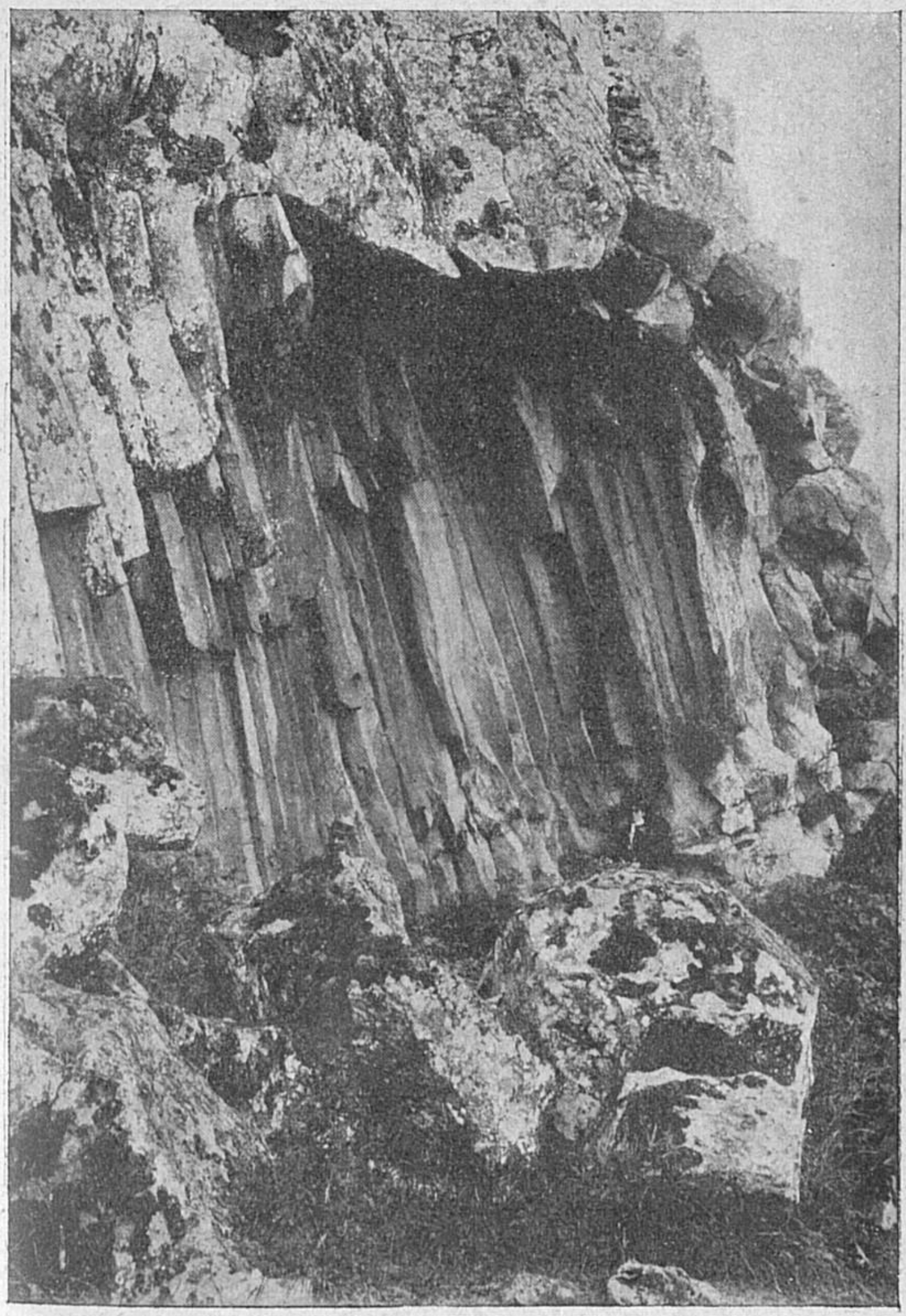


FIG. 24. — Colonnade basaltique de Saint-Vidal dans la vallée de la Borne (Haute-Loire). — Cliché Aug. Robin.

cônes de scories qui, pour la plupart, présentent un caractère régulier, les convainquirent de la vérité de leurs conjectures, et ils proclamèrent hautement leur intéressante découverte [1]. »

Guettard présenta à l'Académie des sciences son *Mémoire sur quelques montagnes de France qui ont été des volcans* (1752), lequel fut accueilli avec incrédulité par la plupart de ses collègues qui aimèrent mieux penser que les scories volcaniques n'étaient autre chose que des résidus de fourneaux de forges établis par les Romains, « ces auteurs de toute chose merveilleuse ». Ce fut seulement en 1771 qu'un mémoire de Desmarets sur *l'origine des basaltes*, accompagné d'une carte des courants volcaniques, en fit admettre la réalité.

Des différents points de l'Auvergne, l'un des plus remarquables est le massif du Mont-Dore dont la surface est de 900 kilomètres carrés. Son grand axe a environ 42 kilomètres, le petit, 30 kilomètres.

On y voit trois centres éruptifs principaux : le Sancy (1.886 mètres), la Banne d'Ordanche (1.515 mètres), l'Aiguiller (1.547 mètres). Au sud, le Mont-Dore est joint au Cantal par un autre massif volcanique, le Cézallier qui, très diminué par l'érosion, atteint cependant encore une altitude de 1.500 mètres.

Le volcan pliocène du Cantal, très étudié par Rames, Fouqué, MM. Boule et Marty, dut être à peu près aussi haut que l'Etna auquel on l'a souvent comparé. Il occupe une superficie beaucoup plus considérable, car il a 250 kilomètres de tour et l'Etna seulement 145 kilomètres. Le point le plus élevé, le Plomb du Cantal, atteint aujourd'hui 1.900 mètres. La forme tronconique de la montagne, la divergence de ses pentes, à partir du voisinage de quelques som-

1. Poulett Scrope. *Les Volcans*, trad. Pieraggi, p. 363. Paris, 1864.

mités centrales, le Griou, les Griounot, l'Usclade, ont conduit à conclure qu'il s'agit bien d'un volcan unique dont le cratère principal avait son emplacement au-dessus du double bassin où se rassemblent les sources supérieures des rivières de la Jordanne et de la Cère.

D'après Rames[1] qui a relevé avec beaucoup de soin la topographie du Cantal, les cimes centrales sont rangées en deux cercles concentriques. Les plus élevées appartiennent au cercle intérieur; elles sont formées de trachyte (andésite amphibolique). En partant du pic de la Croix (1.766 mètres) on trouve : le Puy de Brunet (1.806 mètres), le Cantalon (1.805 mètres), le Plomb du Cantal dont le sommet est basaltique, le Puy de Peyroux (1.620 mètres) le Puy de Bataillouze (1.685 mètres), le Puy Mary (1.785 mètres), le Puy Chavaroche (1.744 mètres), le Puy Filhol (1.580 mètres) et le pic de l'Élancèze (1.503 mètres) qui ferme le circuit vis-à-vis du pic de la Croix.

La chaîne des Puys ou Monts Dômes (fig. 25), qui comprend plus de 80 collines volcaniques et une centaine de cratères, s'élève sur le plateau granitique, suivant une ligne presque exactement dirigée du nord au sud. Le plateau descend par une pente très douce vers la vallée de la Sioule, dont le cours est à peu près parallèle à la rangée volcanique. La largeur du plateau est d'environ 18 kilomètres et son élévation moyenne est de 1.100 mètres.

Il y a deux sortes de montagnes dans cette chaîne des Puys : les pitons domitiques, et les volcans à cratères. Les pitons domitiques sont au nombre de six. Le plus célèbre, le plus important, le plus haut, est le Puy de Dôme, à 1.465 mètres d'altitude (fig. 26). C'est un dyke d'environ 550 mètres, entouré de brèches, de débris, dont la genèse semble avoir

1. *Topographie raisonnée du Cantal.* Aurillac, 1879.

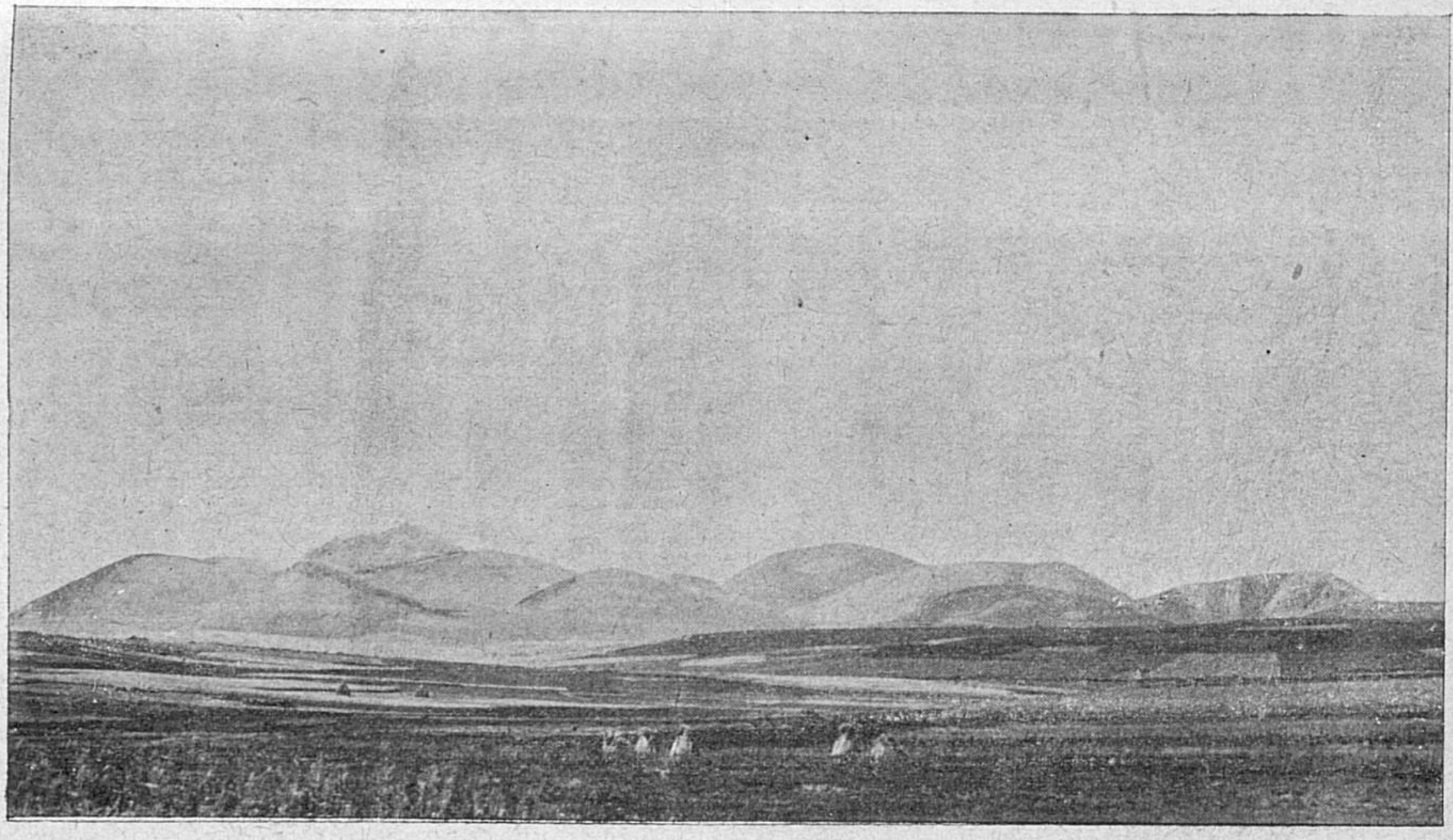


Fig. 25. — Chaîne des Puys d'Auvergne, vue de Randanne (Puy-de-Dôme). — Cliché Henri Boursault.

été élucidée par comparaison avec des faits observés par M. Lacroix au Mont Pelé.

« L'éruption de la Montagne Pelée, dit-il, nous a appris comment un cumulo-volcan peut se transformer en un dôme surgissant de son enveloppe de débris, par deux mécanismes distincts que j'ai cherché à préciser. Il est vraisemblable qu'elle nous apporte la clé de la genèse de la plupart des dômes volcaniques, sinon de tous, et en particulier de ceux de domites de la chaîne des Puys, des pitons de phonolite et de quelques-uns de ceux de trachyte et d'andésite du Massif Central de la France [1]. »

Le Chaudron ou Grand Sarcouy, le Clierzou (fig. 27) sont des mamelons domitiques. Le Puy Chopine est « un massif de diverses roches primaires granitoïdes, offrant les marques d'un grand bouleversement, renfermées comme la chair dans un sandwich, entre une couche de domite d'un côté et une couche de basalte de l'autre [2] ».

Les volcans à cratères sont beaucoup plus nombreux. Ils sont composés de scories incohérentes, de blocs de lave, de lapilli et de pouzzolane, avec des fragments accidentels de domite et de granit. Ils ont une élévation de 150 à 300 mètres au-dessus de leur base. Leur forme est bien connue : ce sont des cônes tronqués. Le plus souvent, le cratère est intact : tel est le Pariou (fig. 28); mais quelquefois la lave l'a rompu par un côté, de sorte qu'il apparaît comme une immense coupe égueulée. Tels sont le Puy de la Vache et le Puy de Lassolas. On voit quelquefois une montagne de forme irrégulière qui a deux, trois, quatre cratères distincts (Puy de Monchié). C'est que les éruptions ont eu lieu en des points si voisins les uns des autres que leurs éjections se sont mêlées.

1. *La Montagne Pelée et ses éruptions*. Paris, 1904.
2. POULETT SCROPE. *Géologie des Volcans éteints du centre de la France*, trad. VIMONT. Clermont-Ferrand et Paris, 1866.

Dans bien des cas, les émissions souterraines n'ont pas entièrement cessé : tantôt elles consistent en gaz carbonique (moffettes) comme à Royat; tantôt en eaux chaudes comme à Saint-Nectaire, tantôt en produits bitumineux comme au Puy de la Poix (fig. 29) etc.

Les coulées de laves sorties de ces cônes s'étendent sur un large espace stérile ou couvert d'une maigre végétation : c'est la *cheire*, mot qui, s'appliquant à une surface hérissée, semble bien, en tenant compte de la prononciation auvergnate, être de la même famille que le mot *sierra* (scie).

Ces coulées sont dirigées, suivant la pente naturelle du sol, soit vers la Limagne, soit vers la Sioule; elles sont en plus grand nombre vers la Limagne, mais celles qui descendent vers la Sioule couvrent un plus large espace et sont plus apparentes. Une des plus importantes est la cheire du Puy de Côme, qui couvre une superficie totale de 15 kilomètres carrés, sur une épaisseur moyenne d'au moins 10 mètres.

Eifel. — En suivant plus ou moins exactement le grand alignement des Alpes, nous rencontrons au bord du Rhin le pittoresque massif des volcans éteints de l'Eifel, évidemment contemporains de ceux de l'Auvergne. On y voit des cratères fort bien conservés émettant des laves balsatiques et leucitiques parfaitement caractérisées. Les détails de structure et d'association coïncident aussi avec ceux de notre France centrale.

On trouve dans le Siebengebirge un petit volcan, le Roderberg, qui doit être bien peu ancien et qui est venu s'ouvrir dans un énorme massif de trachyte recouvert çà et là par des basaltes.

En se rapprochant de la chaîne des Alpes, on rencontre, non loin de Schaffhouse, le massif du Höghau qui est essentiellement volcanique.

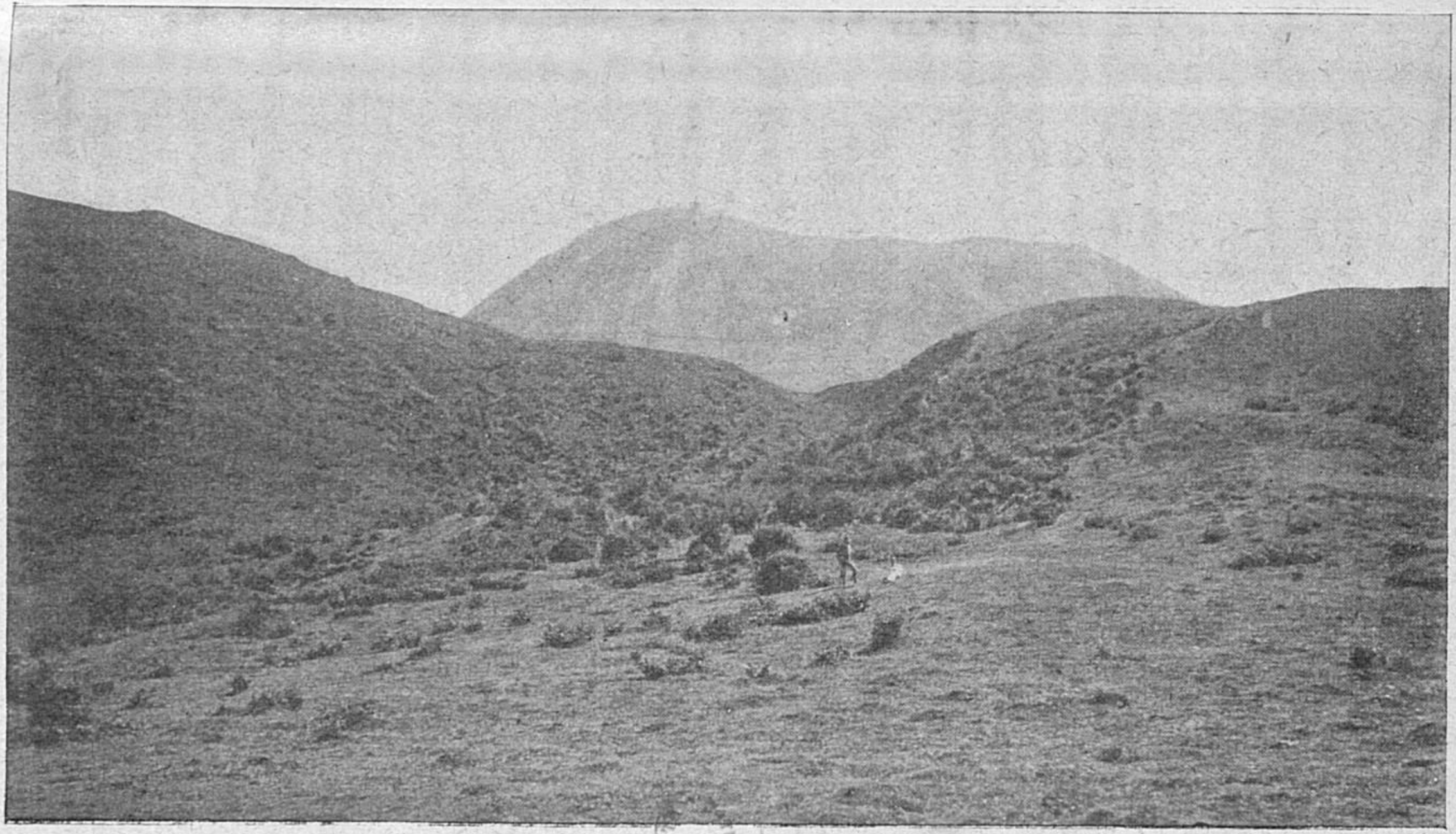


FIG. 26. — Le Puy de Dôme, vu de la base du Puy de Pariou (Puy-de-Dôme). — Cliché Henri Boursault.

Autriche. — Vers l'est, la Bohême se signale par d'anciennes manifestations volcaniques qui se développent davantage dans le Bannat de Hongrie et en Transylvanie. Il y a là des poussées rocheuses extrêmement variées et parmi lesquelles il est facile de trouver des analogies aux roches d'Auvergne, principalement parmi des trachytes à oligoklase (ou andésite). Pourtant, l'époque des éruptions des Carpathes semble avoir précédé celles de l'Auvergne, ce qui ne les empêche pas de coïncider avec celles qui ont déterminé de si nombreux dykes dans le massif de la chaîne des Alpes.

Caucase et Asie centrale. — Quant au Caucase, on doit signaler avant tout son versant septentrional comme ayant été le théâtre d'éruptions volcaniques nombreuses. Non loin de Piatigorsk, si remarquable par la haute température de ses eaux, se dresse le Mont Bechtaou, de 1.498 mètres d'altitude, qui est un véritable pointement de rhyolite ; l'Elbrouz, d'une altitude de 6.000 mètres, au grand cratère rempli d'eau ; presque aussi haut, le Kasbeck est également pourvu d'un cratère. Non loin de la route militaire, qui va de Vladikavkas à Tiflis, se dressent les trois Montagnes Rouges, qui sont formées de lapilli.

En Perse, dans l'Inde, se montre la même persistance de l'action souterraine.

Nous avons vu qu'en Asie Mineure, en Syrie, en Arabie, de tous côtés, des traces de l'activité volcanique et des cratères éteints se sont bien conservées.

Afrique. — Nous en dirons autant de l'Afrique qui, de tous côtés, montre des volcans. Le Cap de Bonne-Espérance est même une des localités de toute la terre où les basaltes sont le plus abondants. Le Sénégal a fourni dans ce sens des échantillons tout à fait remarquables.

Le Maroc, l'Algérie, la Tunisie sont riches en gisements volcaniques, et l'exploration du Continent Noir en fait connaître sans cesse de nouveaux. Ainsi, la mission saharienne Foureau-Lamy a rencontré une vaste région volcanique s'étendant entre Aguellal et l'Ouad-Tini, dans l'Aïr méridional, c'est-à-dire sur un parcours de 150 kilomètres.

La signification de cette distribution s'accentue par sa répétition en Amérique. Pendant l'époque tertiaire, le versant occidental des Montagnes Rocheuses a été le siège d'innombrables éruptions et l'examen des roches émises établit entre cette région et l'Europe (en Hongrie en particulier) les analogies les plus intimes. De même, en Californie, d'énormes volcans donnent au pays un aspect tout spécial et les Monts Lassen, Shasta, Hood et Rainier sont spécialement bien caractérisés.

Au Mexique, les cratères éteints sont associés aux volcans actifs en proportion notable.

Le Coffre de Pérote ou Nuacamtepetl, s'élève presque isolément près du versant oriental du grand plateau de Mexico. Ce vaste massif est couvert de laves et de ponces; mais il n'a pas donné signe d'activité depuis les temps historiques.

M. Ezequiel Ordonez, président de la Société mexicaine « Antonio Alzate », a fait une étude de cette partie du Plateau Central Mexicain, connue sous le nom de Bajio et qui s'étend depuis les environs de la ville de Queretaro jusqu'au pied de la sierra de Penjamo à l'ouest et des collines avoisinant la ville de Léon au nord. La plus grande partie du Bajio est constituée par des formations volcaniques modernes. Le Valle de Santiago, région extrêmement fertile, offre de nombreux cratères, pour ainsi dire pressés les uns contre les autres, les uns au sommet de grands cônes, « la plupart s'élevant à peine au niveau général de la plaine. » Ces cratères sont appelés « Ollas »

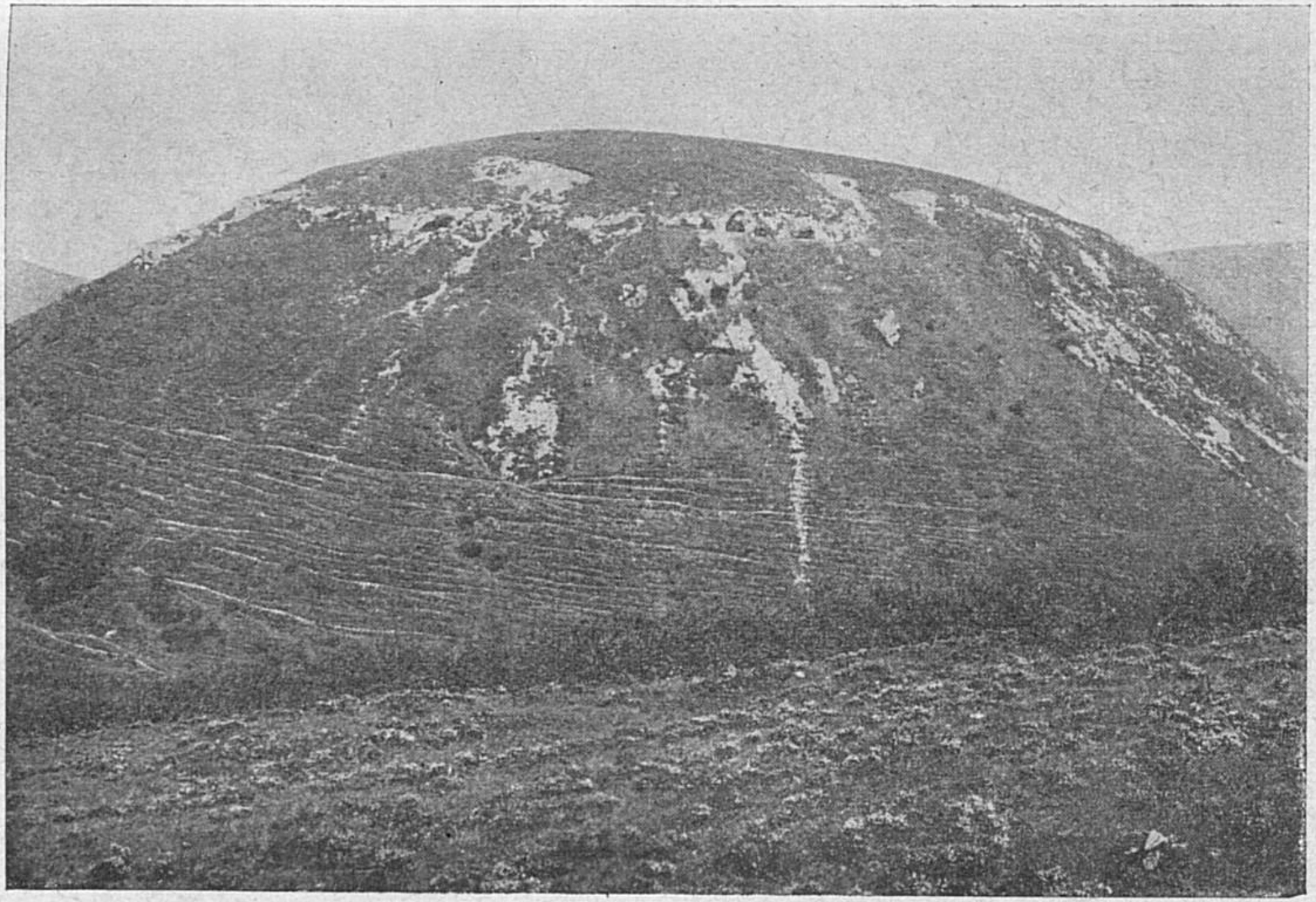


Fig. 27. — Le dôme trachytique du Clierzon (Puy-de-Dôme). — Cliché Aug. Robin.

dans le pays, à cause de leur forme de pots. D'après M. Ordonez, les Américanistes disent que le Valle de Santiago était préhistoriquement (*sic*) connu sous le nom de « siete luminarias » (sept feux), à cause des sept cratères existant aux environs de la ville. D'après M. Pedro Gonzalez, dans une communication au XIe Congrès d'Américanistes, réuni à Mexico en 1895, un dessin imparfait gravé sur la roche d'une grotte représenterait une éruption volcanique à laquelle auraient assisté les aborigènes *Tarascos* ou Mexicains. Le plus grand cratère-lac du Valle de Santiago est appelé Yuririapundaro, ce qui signifie, dans la langue des Tarascos « lac de sang », parce que les conquérants espagnols y jetèrent les cadavres des Indiens tués par eux.

Selon M. Ordonez[1], la plupart des cratères de cette région sont des cratères d'explosion. Quoique fort rapprochés (il y en a 13 sur 14 kilomètres) ils sont généralement de grandes dimensions. La plus petite cavité se trouve au sommet de la plus haute montagne, la Batea, qui a 2.215 mètres d'altitude. Plusieurs cratères sont groupés autour d'elle, entre autres deux grands cratères soudés, dont l'un enferme la vaste nappe d'eau du Yuririapundaro.

Il est impossible de faire autre chose qu'une allusion aux innombrables îles qui furent autrefois des volcans brûlants et qui témoignent encore de leur origine par leurs roches et souvent par leurs cratères. Ainsi, l'île de Pâques, dans la langue des naturels, se nomme Mata-Kiterazé, nom dont la signification littérale est : *les yeux qui regardent le ciel*, allusion évidente à la multitude de ses cratères encore intacts, quoique éteints[2].

Citons seulement les îles Galapagos, que nous avons

1. *Les Volcans du Valle de Santiago*. Mexico, 1900.
2. Ch. Vélain. *Les Volcans; ce qu'ils sont, ce qu'ils nous apprennent*. 1 vol. in-8°. Paris, 1884.

déjà nommées parce qu'elles contiennent encore deux volcans actifs. On y compte plus de deux mille cônes et cratères éteints. Il est vrai que cet archipel, sous l'équateur, est situé en quelque sorte au point d'intersection des deux bandes volcaniques de la Terre, étant à la fois sur le littoral américain et sur le prolongement de la Méditerranée.

Ajoutons enfin que les bandes géographiques parallèles à celles où se sont cantonnés les volcans actifs les sépare véritablement de bandes plus anciennes où des traits caractéristiques de la structure du sol révèle l'existence de volcans que l'érosion a réduits à de simples vestiges, plus ou moins indistincts. Ceux-ci ne sont devenus compréhensibles qu'à la suite de comparaisons très nombreuses et ils ont permis par réciprocité de se faire une idée de l'appareil volcanique considéré dans son ensemble. C'est ainsi que déjà, dans le nord de la France, mais surtout en Scandinavie et en Écosse, on voit des roches éruptives associées à des nappes de cinérites, mais sans présenter dans leur voisinage aucun indice de sources chaudes ou d'émissions d'acide carbonique. Ce sont cependant encore des volcans éteints; mais ils datent de si loin qu'il ne leur reste plus rien de leur activité primitive, ni même de leur forme.

Répétons que cette géographie volcanique manifeste avec la géographie séismique trop de ressemblance, puisque les pays à faibles tremblements de terre sont en définitive les pays à volcans éteints ou abrogés, — pour qu'on ne puisse pas en tirer la notion d'un lien d'origine entre les deux phénomènes. Ce serait d'ailleurs se presser beaucoup que de les rattacher l'un à l'autre comme une cause à son effet et il est sage de remettre la conclusion au moment où nous aurons pu établir un rapprochement synthétique entre les diverses parties de notre sujet.

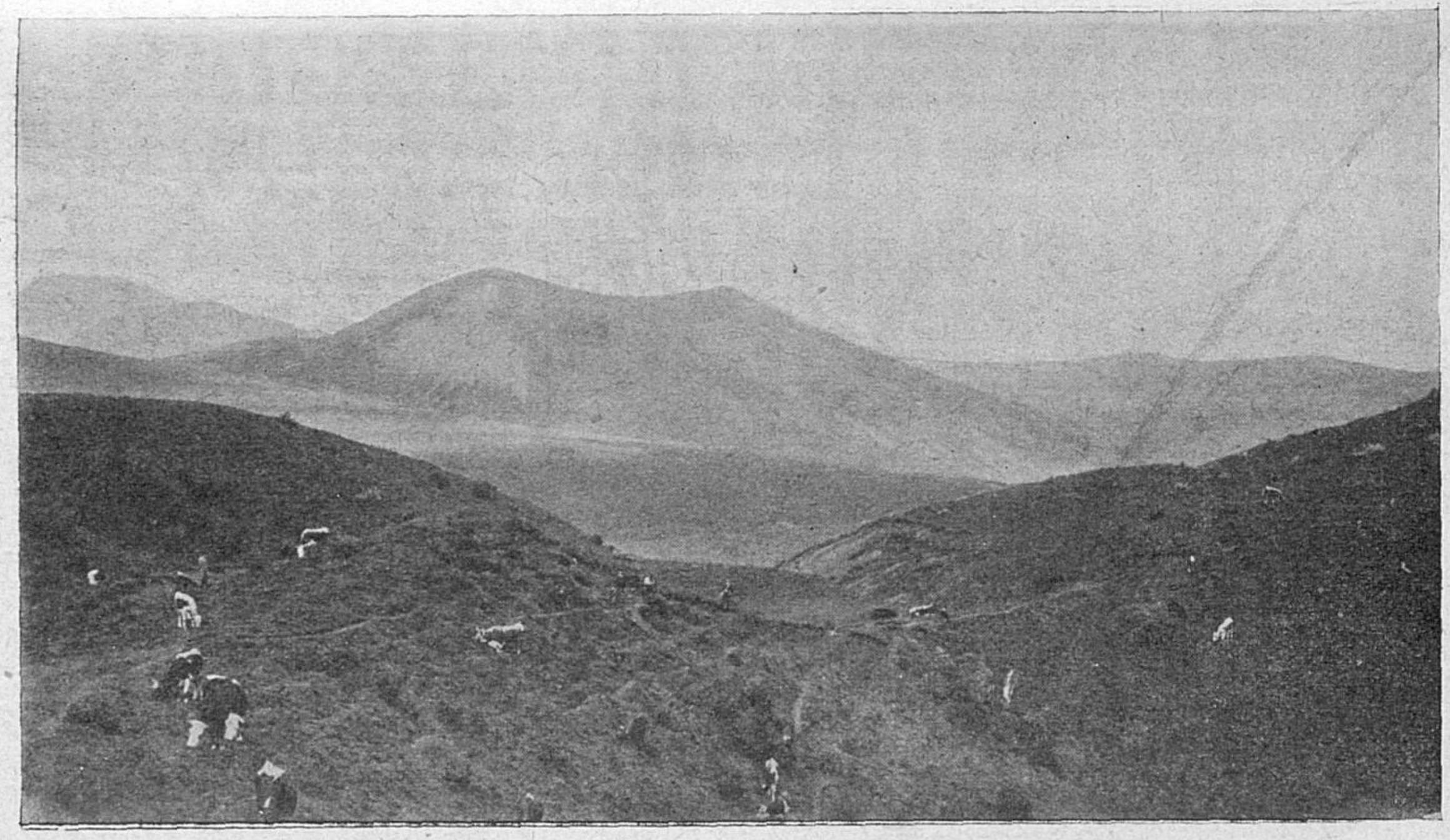


Fig. 28. — Le Puy de Pariou, vu du Nid de la Poule Puy-de-Dôme). — Cliché Henri Boursault.

CHAPITRE X

LES THÉORIES VOLCANIQUES

Sommaire. — Les Légendes. Vulcain et les Cyclopes. La curiosité d'Empédocle. L'enfer du Massaya et les sacrifices humains. Malédictions de moines. — Les dates critiques et le rôle des influences astronomiques. — Hypothèses rattachant le vulcanisme à des causes terrestres. — Le volcan de Lémery. — Werner et les incendies de houillères. — L'hypothèse de Buffon. — Les romans de Patrin. — La supposition de Bernardin de Saint-Pierre. — Conséquences géologiques de l'isolement du potassium par Humphry Davy. — La théorie chimique de Gay-Lussac. — Imitation des fumerolles. — Le major Dutton et le radium. — Recherches de Cordier sur le refroidissement du globe. — Théories de Fouqué, de Lapparent et de Stübel. — Rôle des géoclases dans la production des volcans. — Théorie volcanique concordante avec la théorie séismique.

Légendes et superstitions. — Comme nous l'avons vu déjà à propos des séismes, l'imagination populaire s'est tout d'abord donné libre carrière pour expliquer les crises volcaniques et, si la chose avait de l'intérêt, on pourrait récolter pour les divers pays et pour les diverses époques des monceaux de suppositions plus singulières les unes que les autres.

Le nom même des volcans nous rappelle qu'ils ont été dédiés au dieu du feu : la Mythologie plaçait dans les entrailles de l'Etna les forges où travaillaïent les Cyclopes, sous la direction de l'époux de Vénus. La légende du pythagoricien Empédocle, toute fantaisiste qu'elle puisse être, paraît du reste montrer

que ces notions n'étaient pas acceptées aveuglément par tout le monde et que le besoin d'une vérification se faisait sentir.

Toutes les nations barbares ou sauvages habitant des contrées volcaniques ont, à l'égard des volcans, des superstitions plus ou moins étranges et il est fréquent que des sacrifices humains soient offerts, pour la calmer, à la montagne ignivome. A titre d'échantillon, on peut citer le cratère du Massaya qui était en pleine éruption à l'époque où les Espagnols pénétrèrent pour la première fois dans l'Amérique centrale. Oviedo, le fameux chroniqueur qui, en 1520, explora *El Inferno del Massaya*, comme on disait alors, raconte que de nombreux holocaustes étaient offerts aux divinités souterraines pour apaiser leur colère : les indigènes, terrorisés et devenus féroces, précipitaient de temps à autre une jeune fille dans le gouffre béant de cet immense brasier [1].

A ce volcan de Massaya se rattache en outre le souvenir d'une escroquerie fondée elle-même sur une théorie volcanique, d'après laquelle la lave n'aurait pas été autre chose que de l'or en fusion. Moyennant quoi d'habiles brasseurs d'affaires et spécialement deux moines, Fray Blas del Casillo et Fray Juan de Gandavo qui, au XVIe siècle, mettant à profit la crédulité des Espagnols, fondèrent une société par actions pour exploiter la mine à frais communs. Il va sans dire que la seule exploitation réalisée fut celle des actionnaires.

« Aux Playas de Jorullo, dans la chaumière que nous habitions, notre hôte indien nous raconta qu'en 1759 des capucins en mission prêchèrent à l'habitation de San Pedro; mais que n'ayant pas trouvé d'accueil favorable, ils chargèrent cette plaine, alors

1. CH. VÉLAIN. *Les Volcans : ce qu'ils sont, ce qu'ils nous apprennent*, 1 vol. in-8°. Paris, 1884 (avec la reproduction d'une gravure du temps).

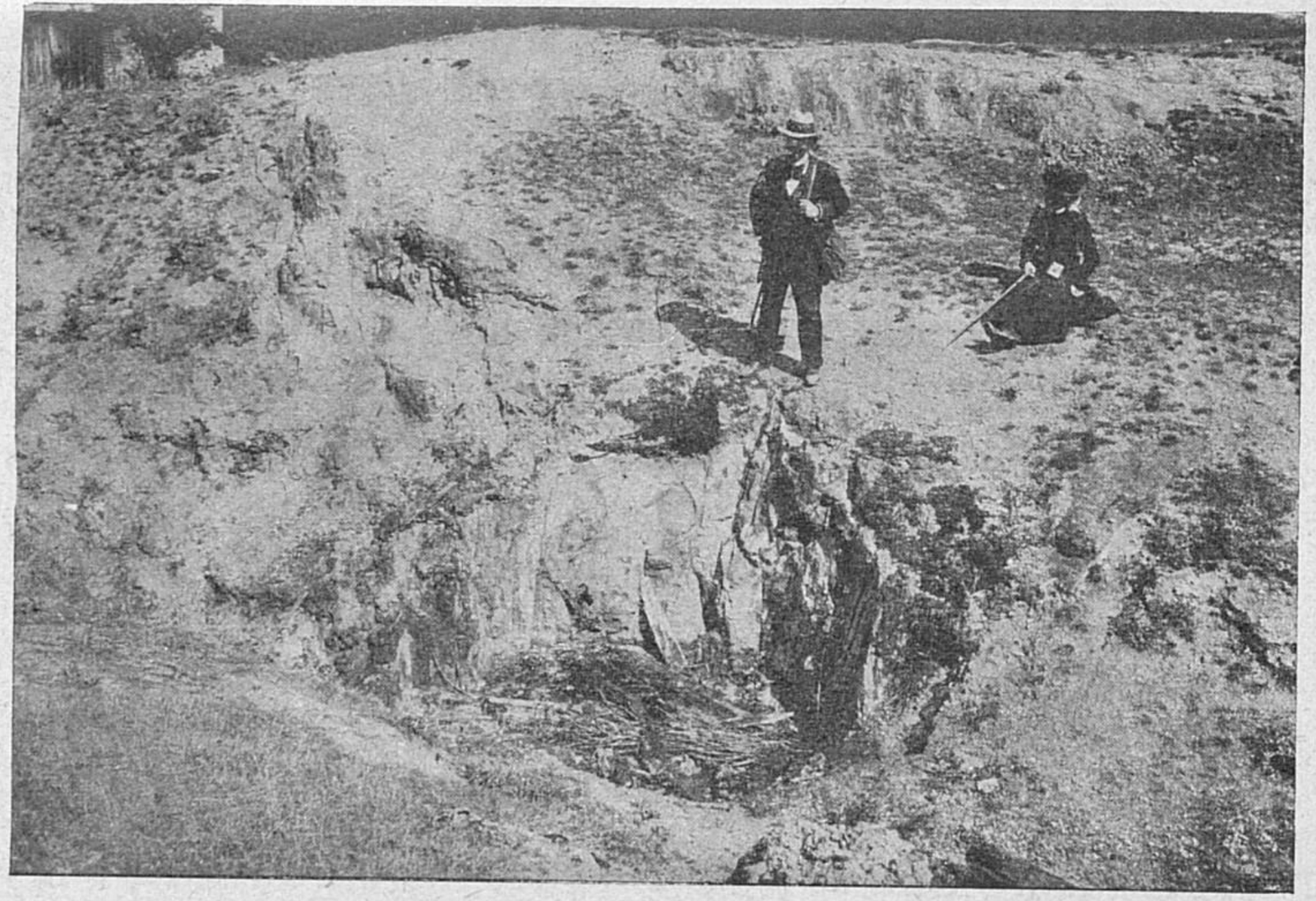


Fig. 29. — Bouche du Puy de la Poix (Puy-de-Dôme). — Cliché Aug. Robin.

si belle et si fertile, des imprécations les plus horribles et les plus compliquées : ils prophétisèrent que d'abord l'habitation serait engloutie par les flammes qui sortiraient de terre, et que plus tard l'air ambiant se refroidirait à tel point que les montagnes voisines resteraient éternellement couvertes de neige et de glace. La première de ces malédictions ayant eu des suites si funestes, le bas peuple indien voit déjà dans le refroidissement progressif du volcan le présage d'un hiver perpétuel[1]. »

Depuis les temps mythologiques, on n'a pas cessé de faire succéder à l'égard des volcans les hypothèses aux hypothèses, dont beaucoup ont encore de nos jours conservé une apparence plus ou moins naturelle.

Influences astronomiques; dates critiques. — C'est dans le nombre qu'il faut ranger les tentatives de liaison entre les éruptions volcaniques et des phénomènes cosmiques, — ou plutôt qu'il faudrait le faire, si nous avions beaucoup de place, car cela nous conduirait à maintes répétitions de ce qui a été dit pour les tremblements de terre.

Henri de Parville a étendu aux volcans la prédiction qu'il consacrait surtout aux séismes et qui attribuait une influence dans ces phénomènes à la position des astres et surtout à celle du Soleil et de la Lune; quelques personnes ont suivi la même voie sans aucun résultat. Ce que nous avons dit à ce sujet pour les tremblements de terre pourrait se renouveler ici.

Causes terrestres. — Une fois réduits aux hypothèses qui cherchent une cause terrestre à l'explosion volcanique, nous sommes encore amenés à faire deux

1. Humboldt. *Cosmos*, p. 70, t. IV.

groupes parmi elles. Pour les unes, les effets observés résultent de dispositions locales, de la présence de conditions spéciales dans certains points et alors les volcans n'ont pas de lien nécessaire entre eux.

Les autres, au contraire, admettent dans les profondeurs souterraines une cause générale, la même pour tous les volcans, et qui consiste dans le foyer de chaleur dont nous avons déjà reconnu le rôle prépondérant dans nos études antérieures.

On peut prévoir à la suite de cette remarque que les premières hypothèses ne peuvent pas avoir le même degré de vraisemblance que celles de l'autre groupe. Il est indispensable cependant de les mentionner.

Hypothèses reposant sur la considération de foyers locaux. — Le chimiste Lémery doit certainement la plus grande partie de sa célébrité à l'hypothèse qu'il émit en 1700 et qui est résumée dans son traité de Chimie, au sujet du phénomène volcanique[1] et c'est un objet d'étonnement que ce prodigieux succès d'une supposition qui ne peut résister au plus léger examen. Lémery remarque que le mélange de la limaille de fer et de la fleur de soufre (à poids égaux), convenablement humecté d'eau, s'échauffe spontanément au point de donner lieu à de violents dégagements de vapeur, de projeter une portion de la matière à une distance plus ou moins grande et même de briser le vase dans lequel on procède à la manipulation.

« Cette opération, ajoute l'auteur, peut fort bien servir à expliquer de quelle manière les soufres se fermentent dans la terre, pour y causer les tremblements et les embrasements qu'on appelle volcans, comme il n'arrive que trop souvent en plusieurs pays

1. *Cours de Chimie*, 1 vol. in-4°, nouvelle édition. Paris, 1756, p. 149.

et entre autres au Mont Vésuve et au Mont Etna, car ces soufres se mêlant dans des mines de fer pourront pénétrer le métal, produire de la chaleur et enfin s'enflammer de la même manière qu'il se fait dans notre opération »

Et il est admirable de voir comment de cette petite expérience, l'auteur est ingénieux à déduire en outre la cause des tremblements de terre, celle des ouragans, celle des trombes (qu'il appelle *pompes de mer*), celle de la foudre et même celle des météorites.

Point n'est besoin d'insister sur l'absence de toute analogie avec les conditions du phénomène à expliquer. Personne aujourd'hui n'attache plus la moindre importance à la supposition de Lémery.

Le célèbre Werner, qui est un des fondateurs de la Géologie tout entière, prêta vers le milieu du XVIIIe siècle l'appui de son autorité incontestée à une opinion dont on ne sait pas le premier auteur et qui a eu de nombreux partisans. Elle consiste à croire que les volcans résultent de l'embrasement des couches de houille et de pyrite, sous l'influence des infiltrations aqueuses. On connaît, en effet, dans de nombreuses localités, des houillères en combustion et nous en avons des exemples en France, à Saint-Étienne, à Decazeville, à Commentry et ailleurs[1] et il est vrai qu'aux yeux des personnes non suffisamment renseignées, l'aspect de quelques-unes de ces régions peut rappeler celui des pays volcaniques. On trouve même dans les entrailles de ces exploitations des produits de fusion des roches sédimentaires qui ont acquis des caractères de composition et de structure singulièrement ressemblants à ceux des laves volcaniques. Pour notre part nous avons rencontré dans

1. V. Spécialement les *Études sur le terrain houiller de Commentry*, par HENRI FAYOL, de LAUNAY, STANISLAS MEUNIER, B. RENAULT, R. ZEILLER et CH. BRONGNIART.3 vol. in-8° et atlas, Paris, 1887, 1888 et 1893.

cette localité un produit de fusion du schiste houiller constituant « une magnifique andésite » [1]. Cette théorie a été reprise plusieurs fois et, même, au commencement du XIXe siècle. C'est ainsi qu'en 1822, un ouvrage parut à Berlin [2] où l'auteur prétend que les volcans doivent leur activité au contact du soufre, de l'asphalte, de la houille, de minerais métalliques qui forment des traînées N.-E.-S.-E. dans le sous-sol de l'Italie, avec l'air et l'eau qui pénètrent par des crevasses. L'année suivante, on publia à Naples un ouvrage sur ce même sujet [3] où les « feux volcaniques » sont expliqués par l'embrasement souterrain du charbon fossile et du bitume animal [4] ». L'auteur croit que tous les volcans ont commencé par être sous-marins.

Dans son célèbre ouvrage intitulé *Preuves de la théorie de la terre*, Buffon a consacré l'article 16 aux volcans et aux tremblements de terre. Il commence par y donner l'acquiescement le plus complet à la théorie de Lémery. Puis il en combine les termes avec la supposition d'une intervention directe de la mer dans les profondeurs souterraines et cela le conduit à des dissertations dont le sens nous échappe quelquefois. Par exemple, il attribue le réveil de l'Etna et du Vésuve, après un repos de « plusieurs milliers d'années », à une augmentation de la Méditerranée qui s'était précédemment abaissée au point de n'être plus qu'un lac et qui a été de nouveau alimentée,

1. STANISLAS MEUNIER, dans : *Études sur le terrain houiller de Commentry*. Liv. I, p. 620 et planche XXX, fig. 6.

2. RODOLPHE DE PRYSTANOWSKI. *Origine des Volcans dans l'Italie*, 1 vol. in-8°. Berlin, 1822.

3. MELOGRANI. *De l'origine et de la formation des volcans : dans Atti. del reale Instituto di Napoli*, I, p. 163, 1823.

4. Certaines localités ont paru appuyer le rôle des combustibles minéraux ; par exemple en Vivarais, la magnifique *Coupe de Jaujac* est établie sur la formation houillère qui occupe le fond d'une longue vallée transversale entre deux chaînes élevées de granit et de gneiss.

grâce à la rupture du Bosphore et à celle du détroit de Gibraltar. Les volcans étaient, suivant lui, beaucoup plus nombreux autrefois et ils se sont successivement éteints, à mesure que la mer les a abandonnés.

En outre, pour Buffon, le foyer d'activité des volcans, loin de résider dans les profondeurs souterraines, se trouve très près de leur sommet : c'est à ce prix seulement que les grands vents peuvent entretenir la combustion des volcans !

Il n'y a évidemment plus lieu de s'arrêter à réfuter de semblables systèmes qui conservent cependant un intérêt philosophique considérable.

Certainement Breislack est un des esprits les plus remarquables parmi les savants de la fin du XVIIIe siècle. Plusieurs de ses publications sont riches en vues et en observations dont l'intérêt n'a pas faibli[1]. Cependant nous ne pouvons plus souscrire à sa théorie des éruptions du Vésuve. Suivant lui, les houilles pyriteuses gisant dans la chaîne des Apennins subissent une sorte de distillation souterraine qui engendre du pétrole : celui-ci, s'écoulant des fissures, arrive vers les profondeurs du Vésuve situées sur le littoral méditerranéen. Le pétrole, grâce à sa faible densité relative, surnage l'eau de mer et il est combustible : si un courant de *matière électrique fulminante* se répand dans les cavernes du volcan, il enflammera le pétrole, de là l'éruption de la montagne.

Patrin s'est signalé à diverses reprises par la singularité de ses conceptions. Au sujet des volcans, il tire de leur voisinage ordinaire avec la mer la conclusion que le principal aliment qui les nourrit

1. Signalons spécialement : *Introduction à la Géologie ou Histoire naturelle de la Terre*, traduit de l'italien par BERNARD, 1 vol. in-8°. Paris, 1812, et *Institutions géologiques*, traduit de l'italien par CAMPMAS, 3 vol. in-8° avec un atlas et 56 planches. Milan, 1818.

c'est « l'acide muriatique[1] ». Sans dire comment, il voit dans la mer une source permanente de ce composé qui, suivant lui, à cause de sa plus forte densité, forme une couche au fond du bassin océanique. Ce composé s'introduit alors dans les feuillets des schistes primitifs et, y rencontrant beaucoup d'oxydes métalliques, il leur enlève leur oxygène et devient « acide muriatique oxygéné » (c'est-à-dire chlore). Ce dernier, circulant par capillarité dans les interstices des roches schisteuses, arrive plus ou moins loin, au contact d'amas de pyrite et les décompose énergiquement. De là, chaleur intense, formation d'acide sulfurique et décomposition de l'eau. L'hydrogène mis en liberté se combine à des matières charbonneuses et il en résulte de l'huile qui devient du pétrole, « par sa combinaison avec l'acide sulfurique ». L'inflammation de ce pétrole commence la déflagration souterraine. Mais celle-ci reçoit une énergie nouvelle de l'intervention du « fluide électrique » qui sert à l'auteur pour expliquer tous les détails du phénomène de la manière la plus fantaisiste. « J'observerai, dit-il en terminant, que lorsque dans une théorie telle que celle-ci, tous les faits viennent se rattacher d'eux-mêmes au fil principal, il semble que ce soit le fil même de la nature. Or, non seulement tous les phénomènes volcaniques, mais encore la plupart des autres phénomènes géologiques trouvent leur explication naturelle dans cette circulation, mais encore, etc. »

En résumant le travail de Patrin, J. Girardin ajoute cette remarque[2] : « Cette hypothèse, ridicule d'un bout à l'autre, semble être le produit d'un cerveau dérangé. C'est pourtant le fruit des méditations d'un

1. *Journal de Physique*, mars 1880, Paris, et *Nouveau Dictionnaire d'histoire naturelle*, 1re édition. Paris, 1804.

2. *Considérations générales sur les Volcans*, 1 vol. in-8°. Rouen, 1831, p. 99.

naturaliste qui a concouru à la rédaction du premier Dictionnaire d'histoire naturelle bien fait publié en France. »

Dans ses *Études de la Nature*, Bernardin de Saint-Pierre expose sa manière de comprendre le phénomène volcanique. L'eau de la mer, d'après lui, jouit de la propriété, que lui communique sa salure, de dissoudre les matières organiques et principalement les huiles, les bitumes, les « nitres des végétaux et des animaux » qui lui sont amenés par le concours des fleuves et des pluies. L'Océan serait de la sorte pollué d'une manière complète et la vie n'y serait plus possible, s'il n'existait des organes de dépuration tout à fait efficaces. Ceux-ci ne sont autres que les volcans, vastes fourneaux allumés sur le rivage et dans le foyer desquels les courants sous-marins amènent les substances combustibles dont nous venons de parler. D'ailleurs, les premiers volcans ont été allumés par les fermentations végétales et animales dont la terre fut couverte après le Déluge universel.

En 1825, le Dr Lea (de Philadelphie) développa cette idée, déjà mentionnée à propos des séismes, qu'il existe, sous la surface de la terre, des canaux qui relient les volcans les uns aux autres et qui sont même comme des *volcans horizontaux*. En effet, ils débouchent dans la mer, dont l'eau, en se décomposant, fournit de l'oxygène, grâce auquel les métaux contenus dans les roches (potassium, sodium, etc.) peuvent brûler et entretenir la chaleur souterraine[1].

Kirwan a supposé que les laves sont entraînées dans leur mouvement d'éruption par des flots de bitume[2].

Dolomieu développa cette idée que le soufre intervient dans les phénomènes volcaniques, en abaissant

1. V. Georges Merrill. *Contribution to the history of american Geology*, in-8°, p. 280. Washington, 1906.
2. *Geological Essays*, 1799.

considérablement le point de fusion des roches auxquelles il est associé et qui sont les laves des volcans. En outre, ce même soufre, en brûlant au contact de l'air, conserve la chaleur des laves et leur permet de rester fluides tout le temps nécessaire à leur écoulement sur le sol, parfois très loin du cratère qui leur a livré passage.

Un géologue anglais, Poulett Scrope, qui a contribué plus que personne à l'établissement de nos connaissances sur les volcans éteints de l'Auvergne et qui a composé un ouvrage général sur les volcans[1], a émis une assez singulière supposition pour expliquer l'écoulement des laves. Selon lui, la plupart des laves, au moment de leur sortie, ne sont pas à l'état de fusion. Elles consisteraient en cristaux solides, glissant les uns sur les autres, à cause de la présence dans leurs intervalles d'une petite quantité d'un fluide élastique fortement échauffé. L'auteur fait cependant des exceptions pour les laves de Bourbon, de Ténériffe et pour quelques autres qui seraient réellement fondues. Son opinion est évidemment basée sur la présence constatée de cristaux tout formés dans les laves. C'est la même illusion, par conséquent, qui a conduit Haüy à imaginer le nom de *pyroxène* pour le minéral déjà cristallisé quand les laves sont encore liquides et dont, à ce titre, l'origine lui semblait *étrangère au feu*.

L'isolement à l'état métallique du potassium et du sodium, connus seulement jusqu'alors à l'état d'oxydes (potasse et soude), a été, comme on sait, l'un des plus grands événements scientifiques du XIXe siècle. L'illustre auteur de cette immense découverte, Humphry Davy, s'est laissé tout naturellement aller à rechercher les diverses circonstances auxquelles elle se

1. *Considérations sur les Volcans*, trad. française de PIERAGGI. Paris, 1864.

prête, et, dans le nombre, il a édifié une théorie volcanique qui eut un moment de très grand succès [1].

Donc, Davy regarde les éruptions volcaniques comme le résultat de l'action de la mer et de l'air sur les métaux des terres et des alcalis. Suivant lui, le sol renferme d'immenses cavités, où l'air et l'eau de la mer peuvent pénétrer au contact des substances actives, longtemps avant qu'elles n'atteignent la surface extérieure. Le tonnerre souterrain qui accompagne les éruptions, au Vésuve, par exemple, démontre, suivant le grand chimiste, l'existence des grandes cavités dont il s'agit. D'un autre côté, on peut conclure l'intervention de l'eau de la mer de ce fait que presque tous les grands volcans occupent une situation littorale et que, lorsqu'ils sont plus éloignés de l'Océan, comme sur le plateau de Quito, l'eau des lacs remplit le même office, ainsi que le démontre la découverte, par Humboldt, de poissons vivants (*Pimelodes*) dans l'eau rejetée par certains volcans.

En somme, l'hypothèse de Davy est avant tout une hypothèse de chimiste. On conçoit son succès, à cause de l'éclat des découvertes chimiques sur lesquelles elle a prétendu s'établir. Mais on ne peut méconnaître les difficultés insurmontables contre lesquelles elle est venue se heurter et qui l'ont fait abandonner par tout le monde et par son auteur lui-même, qui, peu de temps avant sa mort, a substitué à son hypothèse un acquiescement complet à la théorie du foyer de chaleur propre de la terre [2].

Dans un mémoire qui a eu beaucoup de retentisse-

1. *Mémoire sur les phénomènes des Volcans*, lu à la Société royale de Londres, le 2 mars 1828.

2. Voir à ce sujet un article posthume de Davy intitulé : *Sur la Formation de la Terre. New Edimburg philosophical journal* ; avril 1830, p. 320.

ment[1], Gay-Lussac établit en principe que la cause décisive des phénomènes volcaniques est une affinité très énergique et non encore satisfaite entre des substances qui y obéiraient à la suite d'un contact fortuit. Il résulterait d'une semblable rencontre une chaleur suffisante pour fondre les laves et pour donner aux fluides élastiques la force nécessaire pour amener ces mêmes laves à la surface de la terre. Or, l'auteur assure que ces conditions sont réalisées par la rencontre souterraine de l'eau, et spécialement de l'eau de mer, sur les chlorures des métaux les plus abondants dans les roches.

Gay-Lussac a appuyé ses conclusions sur d'innombrables et intéressantes expériences de laboratoire, et il se trouve que ces travaux ont eu des conséquences définitives pour la compréhension de certains phénomènes volcaniques. Nous avons vu, par exemple, que la réaction au rouge de la vapeur d'eau sur celle du sesquichlorure de fer jette la lumière la plus vive sur l'histoire des incrustations de fer oligiste recouvrant fréquemment les scories volcaniques. On a vu que la même expérience éclaire d'un jour imprévu l'histoire de tous les gîtes stannifères qui deviennent du même coup des gîtes fumarolliens. Mais il s'en faut de beaucoup que les conséquences du beau travail que nous rappelons soient applicables à l'étude du phénomène volcanique considéré dans son ensemble. Ici les objections abondent, et la composition des émissions volcaniques est très loin de cadrer avec les exigences de la théorie.

Du reste, une objection décisive vient de la contradiction flagrante entre la supposition que l'eau peut pénétrer par les crevasses dans des régions assez chaudes pour qu'elle en soit violemment chassée, si

1. *Réflexions sur les Volcans. Ann. de Ch. et de Phys.*, XXII, p. 415.

elle y eût existé. Daubrée a essayé [1], mais sans succès, de substituer à l'écoulement par des fissures la pénétration par les interstices capillaires entre les grains constitutifs des roches poreuses.

Alexandre Brongniart rattache les éruptions volcaniques à la pénétration de l'eau de la mer, au moyen des crevasses qui traversent le sol, jusqu'au contact des masses souterraines renfermant des métaux à l'état métallique et chlorurés ou des sulfures avides d'oxygène. C'est une sorte de conjugaison des idées de Davy et de celles de Gay-Lussac. La réaction dégage assez de chaleur pour fondre les roches et pour que les gaz libérés ébranlent la terre et la soulèvent, de façon à ouvrir des communications par lesquelles les matières produites sont rejetées à l'extérieur [2].

D'après le major Dutton [3], le radium existant à l'état de traces dans toutes les roches éruptives, il faut supposer que la radio-activité est la source de l'énergie volcanique, en échauffant les roches à 3 ou 4 milles de profondeur, en les faisant fondre, en les rendant explosives et en incorporant dans le magma ainsi produit l'eau d'imprégnation du sol. Il est vrai qu'on n'explique pas alors pourquoi il n'y a pas, en même temps, des volcans sur toute la surface de la terre. C'est presque un retour aux plus anciennes suppositions minéralogiques, qui faisaient intervenir des « esprits » dans la génération des gîtes minéraux et spécialement dans ceux d'étain qui sont d'origine volcanique et dont les gangues consistent surtout en pierres précieuses [4], mais c'est un retour rajeuni par l'intervention du radium.

1. *Études synthétiques de Géologie expérimentale*, 1 vol. in-8°. Paris, 1879.

2. *Dictionnaire des Sciences naturelles*, article Volcans, LVIII, p. 442.

3. *Journal of Geology*, XIV, p. 219, 1906.

4. *Bergbüchlein*, 1 vol in-18. Augsbourg, 1505, curieux ouvrage,

Hypothèse reposant sur la considération du Foyer interne. — L'opinion que l'intérieur de la terre conserve un reste de chaleur originelle a été émise pour la première fois par Whiston [1]. Des raisons avancées par l'auteur, il ne subsiste absolument rien ; mais la conclusion s'est représentée irrésistible à la suite des travaux plus récents. Leibniz, Descartes, Buffon ont repris cette thèse qui, entre les mains de Hutton et de Playfair, est devenue l'une des bases de la Géologie tout entière [2]. Laplace et Kant ont établi sur elle leur immortelle hypothèse cosmogonique, perfectionnée plus récemment par Faye [3]. Depuis lors, le nombre des travaux s'est extraordinairement multiplié dans cette voie : Lagrange, Fourier, Poisson, Cordier, Humboldt, Elie de Beaumont, Ch. Sainte-Claire Deville, Fouqué, Stubel, Lowtian-Green, Lacroix, Armand Gautier peuvent être cités parmi beaucoup d'autres auteurs.

Il est impossible de les suivre dans leurs conceptions relatives tantôt à l'ensemble du phénomène et tantôt à certaines particularités plus ou moins importantes. Limité par la place, nous nous arrêterons seulement un moment à quelques-unes d'entre elles.

Pour Cordier, les phénomènes volcaniques seraient un résultat simple et naturel du refroidissement extérieur du globe [4]. La masse fluide interne est soumise

signalé en 1883, par de Dechen (*Das alteste deutsche Bergwerksbuch;* dans *Zeichtschrift für Bergrechl von*, Dr Brassert, t. XXVI) et sur lequel Daubrée a publié une étude (*Journal des savants*, juin-juillet 1890).

1. *A New theory of the Earth*, 1 vol. in-4°. Londres, 1708.

2. *Illustration of the Huttonian theory of the Earth*, in-4°. Edimburg, 1802.

3. *Essai sur l'Origine du Monde*, in-8°. Paris, 1884.

4. *Essai sur la Température de l'intérieur de la Terre*, dans les *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 8e année, t. XV, 3e cahier, p. 161.

à une pression croissante qui est occasionnée par deux forces dont la puissance est immense : d'une part, l'écorce solide se contracte de plus en plus; de l'autre, cette même enveloppe, par suite de l'accélération séculaire du mouvement de rotation, perd sa capacité intérieure à mesure qu'elle s'éloigne davantage de la forme sphérique. Les matières fluides internes sont, en conséquence, forcées de s'échapper au dehors, sous forme de laves, par les évents habituels qu'on a nommés volcans. « En termes exacts, dit l'auteur, si l'on suppose à l'écorce de la terre une épaisseur moyenne de 20 lieues de 5.000 mètres, il suffirait dans cette enveloppe d'une contraction capable de raccourcir le rayon moyen de la masse centrale de 1/494e de millimètre, pour produire la matière d'une éruption. » Sans nous attacher à discuter cette conception, qui a eu son moment de succès, il suffira de constater que rien de ce qui concerne la distribution géographique des volcans n'y est pris en considération et que cette remarque est suffisante pour lui enlever tout crédit.

Dans une autre hypothèse, reproduite par plusieurs auteurs, la croûte terrestre recouvre une zone magmatique composée de roches fondues dans lesquelles sont engagés par occlusion des gaz d'origine primitive et qui se sont laissé prendre sous la croûte, lors de la consolidation de celle-ci. Le magma s'est trié en couches superposées, de densités de plus en plus grandes, à mesure qu'elles sont plus profondes, et on explique ainsi la diversité des émissions dans différents volcans par la profondeur inégale de leurs racines.

Les paroxysmes sont déterminés par des changements dans l'architecture de l'écorce, consécutifs à des plissements considérés comme augmentant la pression exercée sur le magma et sur les gaz qu'il renferme.

Pour Gay-Lussac [1], l'eau de la mer s'infiltre par une faille et arrive au contact de la lave sous-jacente. Il se développe, par suite de ce contact, un volume énorme de vapeur d'eau qui engendre une énergique pression à laquelle cède l'écorce qui se crevasse et où s'établissent les cratères. Les vapeurs salines, dégagées sous la forme de fumerolles, rapportent à la surface les éléments de l'eau de mer.

Le Dr Alphonse Stübel a émis, quant au mécanisme volcanique, une théorie que nous ne craignons pas de déclarer tout de suite inacceptable et que M. W. Prinz, professeur à l'Université de Bruxelles, a résumée d'une manière particulièrement lucide [2].

La conséquence du refroidissement progressif de la terre, vers la fin de son évolution solaire, fut, comme on sait, la formation d'une écorce planétaire. M. Stübel croit qu'il se produisit, en même temps, le déversement, à la surface de cette écorce, d'énormes amas de magma d'origine interne. Pour notre part, nous regardons cette supposition comme absolument contraire aux faits. Quoi qu'il en soit, l'auteur pense que cette émission recouvrit le globe d'une enveloppe de matériaux fondus à laquelle il impose le nom de *cuirasse*. Il pense aussi qu'à chaque progrès de la solidification centripète du noyau, correspondit un épanchement vers l'extérieur, tout en reconnaissant qu'à chaque fois la sortie fut plus difficile et la surface recouverte de moins en moins considérable. Il appelle ces amas des *foyers périphériques*.

A un certain moment, les cheminées d'éruption, traversant l'écorce et la cuirasse, s'obstruèrent pour le plus grand nombre. Par une compensation, dont

1. *Réflexions sur les Volcans;* dans Annales de chimie et de physique, t. XXII, p. 415.

2. *Notice jointe à l'édition française des Profils représentant la genèse et la structure de l'écorce solidifiée du globe, due à* M. STUBEL, in-4°. Leipzig (avec une planche).

nous ne voyons pas la raison, celles qui restaient libres fonctionnèrent d'autant plus largement et déversèrent de tous côtés des masses énormes de roches fondues. Désormais, la croûte, redoublée de cette cuirasse, put résister aux réactions du foyer central, l'auteur ne nous disant d'ailleurs pas en quoi consistent ces réactions. Dans la suite, la cuirasse atteignit une épaisseur de 50 kilomètres, et alors le règne exclusif du feu toucha à sa fin. Les agents atmosphériques, pouvant enfin se condenser, se précipitèrent sur la cuirasse encore brûlante, dont ils accélérèrent le refroidissement et à laquelle ils empruntèrent une longue série de corps solubles. C'est alors que se constituèrent les roches cristallines. Les phénomènes geysériens allèrent en se localisant et en diminuant, tandis que l'eau froide et douée d'activité chimique très atténuée, permit l'éclosion de la vie, et, par le remaniement des matériaux déjà constitués, élabora les premières strates fossilifères. Les foyers périphériques diminuent d'ampleur et certains d'entre eux, enfouis dans les sédiments, alimentent les volcans actuels.

L'un des chimistes les plus distingués de notre temps, M. Armand Gautier, a cherché à appliquer à la théorie volcanique les résultats que lui ont procurés des recherches analytiques sur les roches cristallines. Dans une série d'expériences, il a reconnu que ces roches, chauffées dans le vide, dégagent un volume considérable de gaz, et il en a conclu que, dans les régions souterraines (bien que le vide n'y règne pas) la haute température ambiante doit déterminer le même effet et accumuler une énergie qui peut se traduire par des éruptions volcaniques. Il trouve que le granit chauffé au rouge dégage un grand nombre de fois son propre volume d'un mélange de gaz où prédominent l'hydrogène et l'acide carbonique, et qui renferme, en outre, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène carboné et de l'azote, avec des traces

d'acide sulfhydrique. Un décimètre cube de granit fournit 20 litres de gaz divers et 89 litres de vapeur d'eau, soit plus de cent fois son volume. Il y a dans ces faits des documents dont la théorie volcanique doit tirer parti, et c'est, en effet, ce que l'on verra tout à l'heure.

M. Brun (de Genève)[1] a étudié la question par une voie très voisine de celle que M. Gautier a suivie, et son travail est encore exclusivement chimique. L'une de ses conséquences les plus frappantes, c'est que la vapeur d'eau ne jouerait pas dans les explosions volcaniques le rôle énorme que tant d'observateurs lui attribuent, et, par exemple, Fouqué. Au fond, et comme on le verra tout à l'heure, il ne s'agit là que d'une question de détail. Le principal rôle de la vapeur d'eau paraît être exclusivement physique et tenir à l'élasticité que lui procure un échauffement convenable. Beaucoup d'autres substances peuvent se comporter comme elle sous l'influence de la chaleur, et, par conséquent, la remplacer, sans que l'économie du volcan soit changée pour cela. Il est probable que, selon les localités, la composition des fluides élastiques varie, à peu près comme varie la composition des laves.

Malgré le grand nombre de ces théories et l'incontestable intérêt de plusieurs d'entre elles, il y a lieu d'en mentionner encore une qui présente ce caractère de se concilier avec tous les traits de l'évolution générale de la terre[2].

Si l'évolution volcanique prend l'allure accidentelle ou cataclysmique que nous lui voyons, c'est que le genre humain souffre de ses effets. En réalité, elle remplit un rôle si nécessaire à la vie tellurique que sa

1. *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.* 1905 à 1909.

2. STANISLAS MEUNIER. Théorie du phénomène volcanique à propos de la récente catastrophe des Antilles. *Revue scientifique*, 4e série, XVIII, p. 129. 2 août 1902.

suppression entraînerait des changements profonds dans les traits essentiels de la terre, et jusqu'à l'impossibilité même de l'existence des êtres organisés qu'elle tue cependant quelquefois.

Il se trouve, en effet, que le volcan constitue un merveilleux organe de circulation de matière et de force, dont la surface du globe est affectée de façons diverses. Toutes les réactions des foyers volcaniques se traduisent en flots de puissance calorifique et électrique versés dans l'atmosphère. Et surtout le volcan ramène de profondeurs très grandes, où l'on eût pu les croire ensevelies à jamais, d'innombrables particules rocheuses, de composition spéciale, et qui contiennent des principes comme le phosphore, le calcium et le potassium, comme l'acide carbonique aussi, dont les êtres vivants ont un besoin imprescriptible. Les matières dont il s'agit sont apportées, d'une part, par les cendres et les laves ; de l'autre, par les mofettes et les fumerolles.

On ne peut contester que le moteur des explosions volcaniques ne soit la force expansive de certaines vapeurs, parmi lesquelles figure la vapeur d'eau, et de quelques autres corps élastiques, portés à une température très supérieure à 100 degrés. De tous les produits rejetés du sol par les cratères, le plus abondant, sans aucune comparaison, et dans un grand nombre de cas au moins, c'est l'eau.

Les volcans, malgré leur apparence première, doivent être rangés parmi les sources aqueuses : des mesures approximatives ont montré que chaque explosion de l'Etna rejette des centaines de mètres cubes d'eau, supposée liquide, dans l'atmosphère.

Or, un premier fait à retenir dans cette direction, c'est que l'eau, subissant pour son compte l'attraction qui, sous le nom de pesanteur, émane du centre de gravité de notre globe, — non seulement s'établit en nappes sur les masses rocheuses plus denses

qu'elle, mais s'infiltre aussi dans tous leurs interstices, de façon à les imprégner avec une abondance plus ou moins grande. S'insinuant entre les grains des sables, elle circule aussi dans les fines fissures des roches cohérentes et remplit tous les intervalles des cristaux et toutes leurs surfaces de clivage au sein des roches cristallines. Aussi, les pierres extraites du sol sont-elles sans exception pourvues d'une humidité très sensible, désignée vulgairement sous le nom d'*eau de carrière*, et que tout le monde connaît bien.

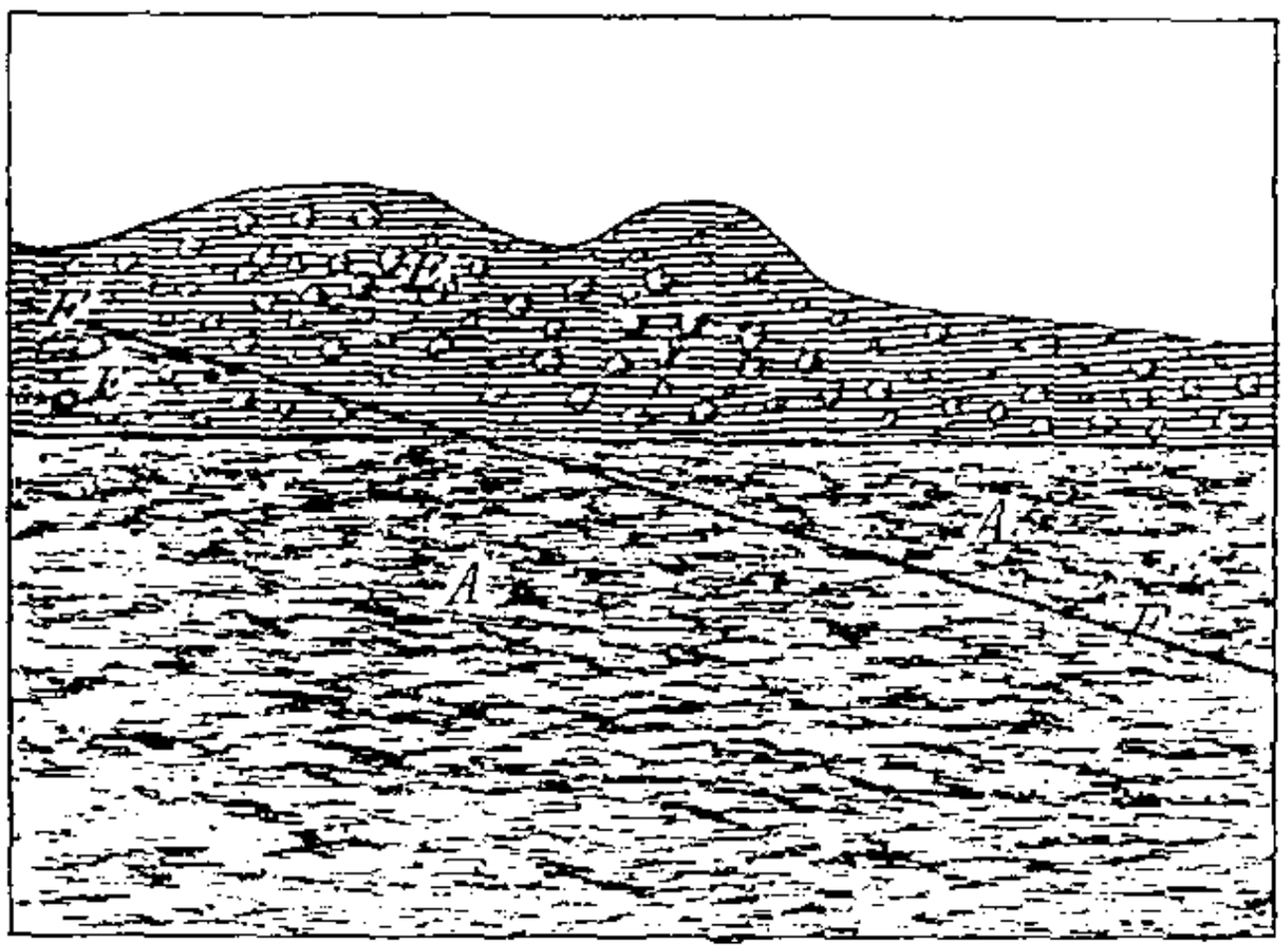


FIG. 30. — Coupe théorique de la croûte terrestre montrant la superposition normale de la zone E imprégnée d'eau d'infiltration à la région plus profonde A, encore trop chaude pour s'être humectée. Une géoclase orogénique FF traverse l'ensemble.

Cependant, au-dessous d'une certaine épaisseur de roches, dont l'état thermométrique s'est accommodé de l'infiltration de l'eau, se trouvent des zones trop chaudes pour tolérer l'eau de carrière. Progressivement, au fur et à mesure du refroidissement spontané de la terre, la surface de séparation de ces deux zones concentriques gagne des régions de plus en plus éloignées de l'extérieur, et, en conséquence, les eaux libres du globe subissent une diminution de volume proportionnée.

On peut, par le croquis ci-contre (fig. 30), s'ima-

giner la situation relative, à un moment donné, des deux zones dont il s'agit.

On a vu dans la partie de cet ouvrage, relative aux tremblements de terre, que les progrès du refroidissement spontané de la terre déterminent des fissures au travers de la croûte, des géoclases (ou failles) extrêmement obliques le long desquelles les masses brusquement séparées chevauchent les unes sur les autres, de façon à se recouvrir partiellement. La figure 31 représente le type des accidents de ce genre. On voit

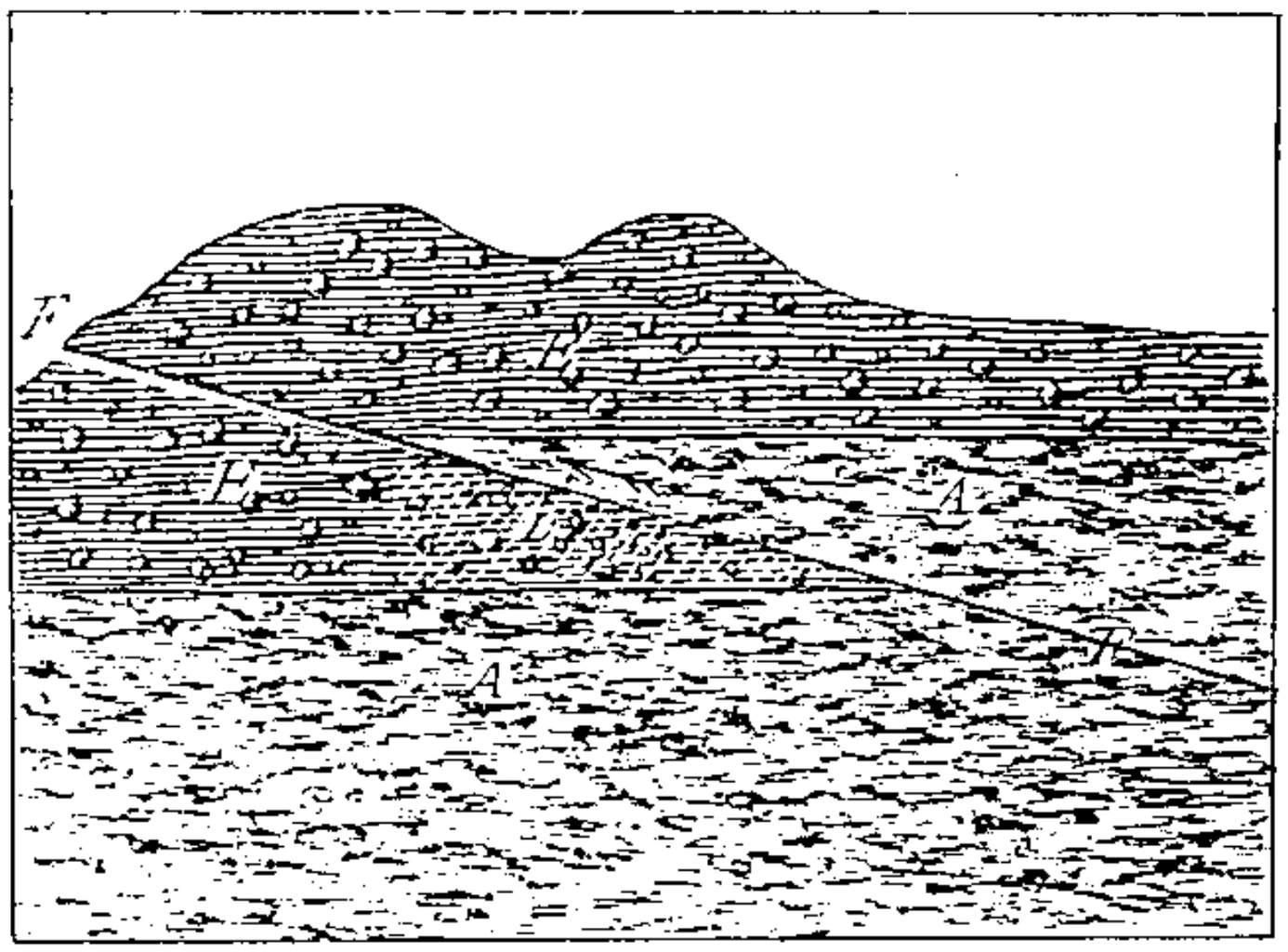


FIG. 31. — La coupe précédente après que le jeu de la géoclase FF a déterminé le glissement suivant la flèche d'une portion de la zone anhydre et rouge A sur une portion de la zone humide EE dont un *coin* est ainsi intercalé entre deux niveaux chauds.

par le sens des flèches que la caractéristique de semblables cassures, c'est que le *rejet* qu'elles déterminent en amène le *toit* à monter par-dessus leur *mur*.

La même figure fait voir que, sous l'influence du rejet, certaines portions de la zone externe, pourvues d'eau de carrière, peuvent être recouvertes par des portions de la zone plus profonde, trop chaudes encore pour que l'eau venant de la surface ait pu dès maintenant s'y infiltrer. La région *P* est dans ce cas, et on y voit des roches humidifiées tout à coup intercalées entre des masses très chaudes et anhydres.

L'effet d'un semblable phénomène ne saurait être douteux : il est exactement comparable à celui que nous obtenons dans l'appareil de Sénarmont, en soumettant des roches à l'action de l'eau surchauffée. L'eau prenant un état physique, qu'il n'y a pas à préciser davantage, abaisse le point de fusion de la roche en P, qui s'associe avec l'eau elle-même, en l'absorbant par occlusion, de façon à produire par cette occlusion même, une masse essentiellement foisonnante, et dont les propriétés, comme la composition, sont nécessairement celles de beaucoup de laves volcaniques.

Une comparaison très vulgaire peut rendre plus claire encore cette genèse de la masse avide d'éruption. C'est celle que nous procure la vue d'une bouteille d'eau gazeuse, dans laquelle se retrouvent tous les détails essentiels du volcan. La lave, c'est l'eau ; et la matière occluse, propre à déterminer l'éruption, c'est l'anhydride carbonique dissous et n'ayant plus rien de commun avec un gaz. Que le bouchon soit retiré, même si la bouteille est placée verticalement sur son fond, alors une violente explosion se produit; l'eau pulvérisée est lancée en l'air, comme la cendre volcanique, et le liquide s'élève dans le goulot, entraîné par les bulles de gaz qui s'engendrent dans sa masse, pour venir s'extravaser et se répandre sur la table, comme la lave des volcans s'extravase et s'épanche sur le sol. Tous les détails de l'un des appareils (à l'exception de ceux qui concernent la température) sont exactement reproduits dans l'autre.

A ce dernier égard, il faut rappeler que, même des roches stratifiées, comme les argiles houillères rencontrées dans les charbonnages spontanément incendiés, peuvent se transformer en laves à anortite, ayant avec celles des volcans des analogies si intimes qu'elles doivent nécessairement ouvrir le champ à de

multiples réflexions. Si ces laves, au lieu de se faire dans des régions très superficielles, où elles ont perdu presque immédiatement leur eau de constitution, s'étaient formées à une profondeur plus grande, dans un laboratoire parfaitement fermé, comme celui que représente la figure 32, l'occlusion eût été maintenue jusqu'au moment où une communication aurait pu, en s'ouvrant vers l'extérieur, permettre le foisonnement de l'émulsion : une cassure, par exemple, résultant de la torsion du sol ou de l'augmentation progressive des tensions souterraines.

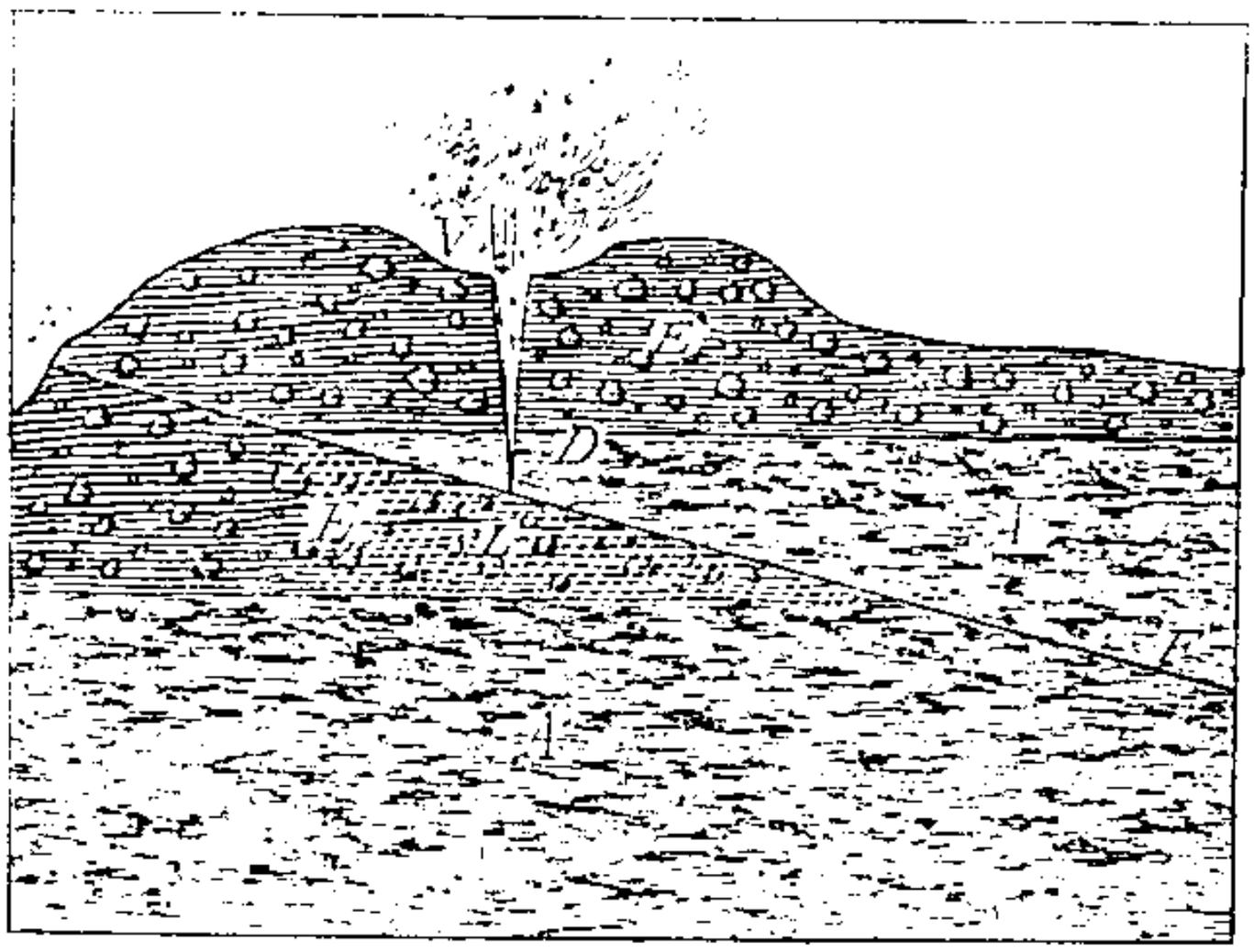


Fig. 32. — Effet de l'ouverture dans l'ensemble précédent d'une cassure LV qui met en communication avec l'atmosphère le biseau de roches hydratées recuites par le recouvrement orogénique : production de l'éruption volcanique.

Ce qui précède suffit pour que l'on conçoive bien comment la lave volcanique, loin d'être une matière répartie sous forme de couche continue dans toutes les régions de la terre, est un apanage spécial des régions récemment remaniées par les grandes failles, et l'on voit l'importance de cette remarque en ce qui concerne la distribution générale des volcans sur le globe. En second lieu, on comprend aussi que, suivant les cas, la profondeur à laquelle s'établira un laboratoire volcanique, c'est-à-dire une collection de

roches foisonnantes, pourra varier considérablement. Du même coup, on s'expliquera comment des volcans, même assez voisins, pourront être tout à fait indépendants les uns des autres, s'ils sont sur des cassures distinctes, ou, au contraire, en communication, même à longue distance s'ils sont sur la même géoclase. Enfin, on remarquera que, suivant les volcans, la lave pourra résulter de roches initiales fort diverses, depuis les masses cristallines de toutes les catégories jusqu'aux masses stratifiées, comparables à l'argile houillère, citée tout à l'heure. On comprendra même qu'à la rigueur, la propriété foisonnante, indispensable à la manifestation volcanique, soit communiquée à la masse par un principe volatil autre que l'eau, et, par exemple, par des chlorures, tels que des amas de sel gemme, qui expliqueraient la composition des émanations de volcans chlorhydriques exceptionnels, comme ceux d'Hawaï, où l'eau est vraiment remplacée par l'acide chlorhydrique ; par des sulfates qui rendraient compte de l'acide sulfurique si abondant au Puracé ; par des combustibles charbonneux qui donneraient la clé des gaz hydrocarbonés de certaines salzes, etc.

A l'appui de cette théorie, il faut citer les observations de Milne, d'après lesquelles les éruptions volcaniques seraient déterminées par des tremblements de terre, qui rompraient brusquement, comme nous venons de le supposer, l'équilibre instable des régions volcaniques. Il s'est livré à une statistique sur l'une des zones les plus tourmentées et les plus faibles du globe, sur la chaîne des Antilles et sur celle des Andes qui, indépendamment de la valeur de l'hypothèse, offre de l'intérêt, puisqu'elle embrasse une période de plus de trois siècles, 1692-1902. Empruntons-lui quelques rapprochements :

Le 4 février 1797, un tremblement de terre détruit Quito et tue 40.000 personnes. Le mouvement se pro-

page sur une grande étendue, avec production d'énormes crevasses. La fumée du Pasto, distant de 50 lieues, s'arrête brusquement. Secousses aux Antilles durant huit mois, jusqu'à ce que l'éruption du volcan de la Guadeloupe semble y mettre fin.

En février et mars 1802, secousses dans les Antilles et éruption de la Soufrière de la Guadeloupe.

1811-1812, fortes secousses dans la vallée du Mississipi. Tremblement de terre à Caracas, qui coûte la vie à 10.000 personnes. Le 24 avril 1812, éruption à Saint-Vincent, précédée de fortes secousses dans les Antilles : on en a compté plus de 200 à Saint-Vincent.

1835, 20 février, tremblement de terre sur 1.600 kilomètres, le long de la côte du Chili, laquelle s'élève de 3 décimètres à 1 mètre. Un volcan entre en activité près de la pointe Bacalao. En novembre de la même année, les secousses à Concepcion sont suivies de la reprise d'activité du volcan Oroma, distant de plus de 640 kilomètres. En 1906, le tremblement de terre de San-Francisco est suivi du réveil du Cayualin (Nouveau Mexique).

Ces quelques traits suffisent à montrer comment est établie cette statistique.

CONCLUSIONS

Sommaire. — Lien mutuel entre les séismes et les éruptions. — Communauté de leur cause. — Instabilité de la croûte sur le noyau qui se rétracte sans cesse. — Sa fracture spontanée engendre les séismes et élabore le magma éruptif. — Le séisme et le volcan sont des contre-coups de la production des montagnes. Les chaînes montagneuses sont des résultats de refoulements horizontaux. — Ordonnance générale des chaînes dans les deux mondes. — Age relatif des ridements orogéniques. — Déplacement progressif de la zone d'activité. — Actuellement la zone active coïncide avec la zone séismique qui est la même que la zone volcanique en action. — La zone alpine européenne est plus ancienne et déjà plus passive. — Cette zone ne s'est pas produite d'un seul coup. — La zone américaine des Montagnes Rocheuses correspond à la chaîne alpine. — Le pôle orogénique. — Etude expérimentale de la production des montagnes. — Conclusion quant à la viscosité de la substance nucléaire. — Les actions complémentaires du ridement. — Persistance du profil sphéroïdal de la terre. — Illusion pentagonale ; illusion tétraédrique. — L'activité des profondeurs terrestres.

En possession maintenant de l'ensemble des documents nécessaires à la compréhension des deux tragiques phénomènes qui nous ont occupés, nous sommes en mesure de rechercher leurs liens mutuels et d'apprécier leur rôle dans l'économie générale de la Terre. Dire que ce sont des désastres, des catastrophes et des malheurs, c'est évidemment se placer à un point de vue trop exclusivement humain pour qu'il puisse être complet.

Lien mutuel entre les séismes et les éruptions volcaniques. — Nous avons vu d'abord que le tremblement de terre est l'effet du décrochement et du déplacement relatif brusque des segments rocheux dont la croûte terrestre est constituée : c'est parfois aussi la conséquence de la reprise d'équilibre de masses précédemment comprimées et qui peuvent revenir sur elles-mêmes, à la faveur des vides ménagés dans leur voisinage. Dans tous les cas, c'est une suite de réactions plus générales qui s'expliquent par les grands traits de la structure du globe.

Nous avons vu ensuite que le volcan est l'effet du réchauffement souterrain de roches imprégnées de corps volatilisables et qui, en conséquence, deviennent foisonnantes et tendent à s'insinuer, s'il s'en présente, dans les canaux de communication avec l'extérieur. Le réchauffement est la conséquence du déplacement relatif des matériaux et ce déplacement lui-même a sa raison d'être dans les grands traits de la structure du globe.

Communauté d'origine des séismes et des éruptions. — Ce double résumé, dans son extrême concision, contient un grand enseignement : le tremblement de terre et le volcan dérivent d'une cause unique et les théoriciens perdirent leur temps qui cherchèrent lequel des deux phénomènes est la cause de l'autre. Nous pouvons même aller plus loin et ajouter que cette cause antérieure réside, d'après ce qui précède, dans les rapports mutuels des éléments constitutifs de la planète.

En effet, pour expliquer le volcan, comme pour expliquer le séisme, nous avons été inévitablement conduits à nous éclairer quant à la structure des régions souterraines. Elles se sont révélées à nous comme consistant en roches se supportant les unes les autres jusqu'à une soixantaine de kilomètres de

la surface où un contraste doit nécessairement se déclarer entre les matériaux en contact, puisque, — de par la loi de distribution de la chaleur interne, — à 60 kilomètres règne une température de 2.000 degrés, incompatible avec la persistance de l'état solide.

Instabilité de la croûte sur le noyau qui se contracte. — Dès lors, le globe nous apparaît comme un énorme sphéroïde de nature non solide, enveloppé d'une très mince pellicule qui constitue l'écorce à la surface de laquelle nous habitons. On sait de plus que l'écorce est de constitution postérieure à celle du noyau, ou, si l'on aime mieux, qu'elle est un dérivé de celui-ci.

Il est manifeste, en effet, conformément aux notions résumées dans l'Introduction, que la substance terrestre a d'abord été entièrement fluide et nous n'avons pas à revenir sur les preuves qui concernent ce sujet. Rappelons seulement que, plongé dans l'espace céleste, dont la température est prodigieusement inférieure à la sienne, le sphéroïde nébuleux a été la proie d'un refroidissement ininterrompu et sans compensation. C'est ce refroidissement exercé, à partir de la surface, qui, à un certain moment, a déterminé le passage à l'état solide de matériaux jusque-là maintenus fluides. Une fois le premier germe d'une croûte ainsi produit, l'épaississement progressif sera inévitable.

Mais si la constitution de l'écorce s'est opérée dans des conditions d'équilibre parfait, il est évident que les progrès du refroidissement suffiront à eux seuls pour modifier constamment cette stabilité initiale. Pour un décroissement donné de la température, et conformément aux phénomènes sur lesquels est fondée la construction du thermomètre, le noyau fluide diminuera de volume beaucoup plus sensiblement

que l'écorce solide. Celle-ci tendra donc à être trop grande, et pour suivre son support qui se dérobe sous elle, elle sera contrainte à se déformer et même à se fracturer et à se refouler sur elle-même.

Voilà tout le secret des phénomènes étudiés plus haut : le choc concomitant aux fractures déchaîne le séisme; le recouvrement le long des géoclases élabore le magma volcanique.

Séismes et éruptions sont des contre-coups de la production des montagnes. — Or, il nous faut maintenant poursuivre notre examen des conditions dans lesquelles se rencontrent, non plus le séisme ou le volcan, mais bien le séisme et le volcan qui nous apparaissent comme deux produits congénères. Et nous n'avons qu'à rapprocher l'un de l'autre les deux chapitres géographiques insérés chacun dans l'une de nos deux parties : nous voyons que la bande à violents tremblements de terre est exactement la bande à désastreuses éruptions, et cela aussi bien le long des Amériques que le long du littoral méridional de l'Eurasie. Dans les deux cas, et c'est ce que montre le planisphère (fig. 33), le caractère remarquablement abrupt des lignes de côte, comparé à la pente adoucie du littoral atlantique, confirme l'opinion que la cause déterminante de l'activité des deux bandes tient à leur situation sur de gigantesques géoclases.

Selon ces bandes, l'écorce terrestre est fendue de part en part et des effets de refoulement s'y développent perpendiculairement à leurs propres directions tels que ploiement et cintrement des roches (fig. 34). Rappelons que ces refoulements ont sans aucun doute donné lieu déjà à la production des chaînes montagneuses littorales dans les deux mondes : en Eurasie, à l'Atlas marocain, la Sierra Nevada, les îles Baléares, les monts de Ligurie, les Apennins et les Monts Palermitains, les îles de l'Archipel, le

Taurus, les Monts Elvend, les Ghattes, les Monts de Malacca, les îles de la Sonde, les Philippines, le Japon, les Monts du Kamtchatka ; — en Amérique, aux îles Aléoutiennes, aux Monts Alaska, aux monts de la Colombie anglaise (Mont Saint-Élie et Mont Fairweather), à la chaîne de la côte californienne, à la Sierra Madre occidentale du Mexique, à la Cordillère de Guatemala, aux Andes de Quito, du Pérou et du Chili.

Tout le long de ces lignes de relief, on constate le déplacement négatif de la mer, c'est-à-dire le soulèvement du sol et, de distance en distance, comme d'année en année, l'explosion d'un volcan ou le déchaînement d'un séisme.

La forme sur la côte de ces bandes actuellement actives séismiquement et volcaniquement, se traduit donc par les contours des chaînes de montagnes dont on peut dire sans imprudence qu'elles sont en voie actuelle de surrection. En étudiant leur structure par les méthodes classiques des géologues, on reconnaît que rien ne les distingue des chaînes les mieux caractérisées et il en résulte que celles-ci ont dû se former comme elles-mêmes se forment à présent.

Age relatif des ridements orogéniques. — Cette remarque va nous mener très loin quant aux traits les plus remarquables de l'évolution de la terre. En effet, nous sommes invités par elle à comparer à la chaîne actuelle une formation antérieure, plus complète, terminée peut-être et alors arrivée à un état de stabilité qui manque à la ligne littorale. En Europe, par exemple, et pour limiter le champ de nos études, nous voyons au nord de cette dernière ligne, un bourrelet remarquable avant tout par la hauteur des sommets qu'il comprend : c'est l'ensemble des plus hautes chaînes de cette partie du Monde.

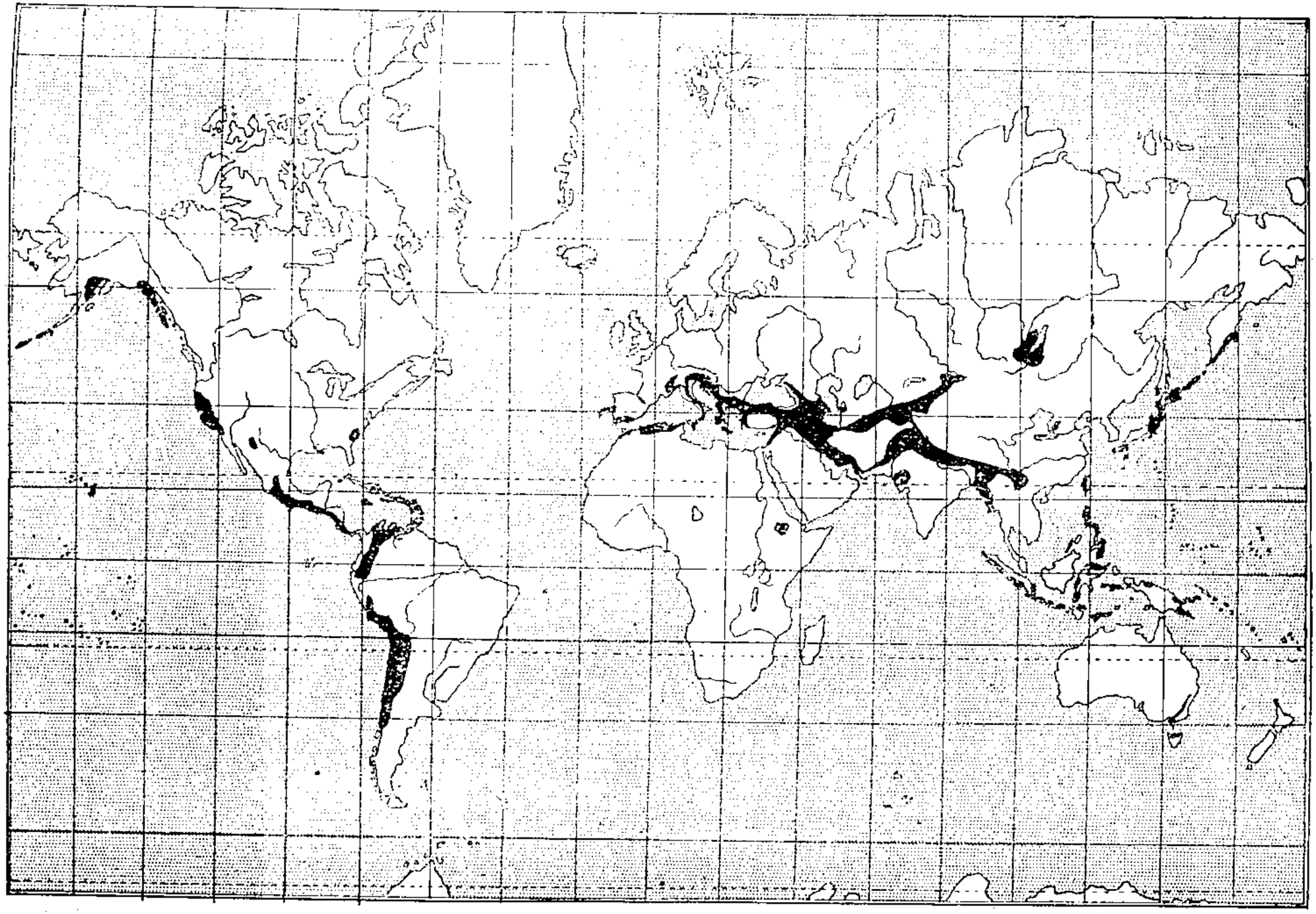


FIG. 33. — Planisphère séismique et volcanique.

En la prenant à l'ouest, pour la suivre vers l'orient, nous la voyons débuter par la chaîne des Pyrénées, pour se continuer par les Alpes, par les Carpathes et par le Caucase. Toutes les coupes du sol nous y montrent des géoclases innombrables,

Fig. 34. — Gneiss feuilleté et plissé du massif de la Meije (Isère), demi-grandeur naturelle. — Cliché Aug. Robin.

et, le long de ces plans de fracture, des glissements de terrains parfois gigantesques, mesurables aux rejets qui les ont déterminés. Comment ne pas revoir par les yeux de l'esprit les séries de séismes que ces solutions de continuité ont nécessairement provo-

qués et qui sont encore représentés par des secousses modérées qui, de temps en temps, témoignent que les masses déplacées n'ont pas repris leur situation d'équilibre définitif. La Suisse, par exemple, a organisé depuis longtemps des observations systématiques de tremblements de terre et il n'y a pas d'année, peut-être pas de mois, qu'on n'éprouve de secousses dans ses montagnes. Si ces secousses sont sensibles, elles ne sont pas ordinairement désastreuses ; les tremblements de terre, comme celui dont souffrit le Valais, y sont très rares et même ce désastre paraît bien insignifiant en comparaison de ceux qui sévissent si souvent dans la région méditerranéenne. De sorte que notre chaîne alpestre se présente comme un pays dont le sol a dépassé l'époque de la grande mobilité, qui marche vers la stabilité, mais qui ne l'a pas encore acquise.

Et si les séismes, là encore, nous procurent cette notion avec tant d'évidence, que dire du témoignage des volcans? Car les volcans ne manquent pas le long de la chaîne et partout on les voit établis conformément à la théorie que nous avons adoptée sur les lignes de fracture, avec leur cortège de filons, de roches éruptives et de cinérites (grès de Taviglianaz, etc.) dont on a vu précédemment l'éloquence comme représentant les projections solides émanées des cratères. Ceux-ci ont disparu dans les Alpes, dispersés dès longtemps par les agents de l'intempérisme qui, avec eux et sous eux, ont supprimé d'ordinaire une notable partie des roches traversées par les éruptions.

Notons encore un fait très fécond : c'est que, malgré son unité, le ridement comprenant les Pyrénées, les Alpes, les Carpathes, le Caucase ne s'est pas produit simultanément sur toute sa longueur. Malgré la continuité du phénomène, les Pyrénées se sont soulevées avant les Alpes ; celles-ci avant les

Carpathes, qui ont précédé le Caucase. On le reconnaît rien qu'au degré inégal auquel est parvenue l'érosion dans ces différents segments. On peut le constater aussi en ce qui a trait à l'intensité de l'activité volcanique. Tandis que dans les Alpes, les volcans, comme nous venons de le dire, sont réduits à peu près à leurs racines, dans le Caucase, au contraire, on les voit encore, au Kasbeck, à l'Elbrouz pourvus de leur cône de lapilli. Celui-ci semble éteint ainsi que nos cônes d'Auvergne, mais les sources d'eau y sont très chaudes comme à Piatigorsk, — plus chaudes que celles des Alpes où la thermalité, encore si sensible (à Aix, en Savoie, à Bade, en Argovie, à Pfeffers, etc.), témoigne d'une durée moins longue écoulée depuis l'époque des paroxysmes.

On sait qu'il suffit de faire bien peu de chemin vers l'est pour rencontrer le Grand Ararat qui, au XIXe siècle, a donné des témoignages non douteux de son activité persistante. Le Demavend, entre la Caspienne et la plaine de Perse, exhale fréquemment beaucoup de fumée. Dans l'Himalaya, on a cité des phénomènes pareils [1]. En tout cas, si les volcans sont éteints, ils viennent de s'éteindre.

Et la conséquence de tout cela, c'est certainement que dans un passé géologiquement peu éloigné, remontant à la fin de l'époque tertiaire, les conditions actuellement réalisées sur notre bande littorale se rencontraient le long du *ridement alpin*. Les choses se passent donc comme si la ligne d'activité profonde s'était transportée au sud de sa situation première.

Ajoutons qu'en Amérique, nous pouvons faire les mêmes observations qu'en Eurasie et dans les mêmes conditions, pourvu que nous ne nous dirigions plus du sud au nord ou plus exactement du S.-E. au N.-O.;

1. *Edimburg journal of Sciences*, avril 1826, p. 209.

mais au contraire de l'est à l'ouest ou plus exactement du S.-O. au N.-E.

En effet, parallèlement à la ligne de côte qui nous occupait précédemment, nous voyons surgir un *ridement* ayant avec la chaîne alpestre des analogies plus intimes même qu'on ne le croirait d'abord, car on peut démontrer qu'elle lui est synchronique. Elle comprend les Montagnes Rocheuses, les Monts Mimbre et la Sierra Madre orientale, et on pourrait dire d'elle tout ce que nous disions de la chaîne européenne, à savoir que les séismes qui s'y font sentir ne sont pas aussi intenses que ceux des régions plus orientales et que les volcans n'y sont plus aussi actifs. On peut à son égard répéter la conclusion d'un déplacement progressif de la zone de plus grande activité.

Ces aperçus nous indiquent la marche à suivre pour dégager la philosophie complète des phénomènes qui se présentent à nous. Au lieu de continuer à chercher des détails épars, jetons un coup d'œil d'ensemble sur la géographie physique de l'Eurasie, d'abord, puis de l'Amérique.

Ainsi que le géologue autrichien Suess l'a le premier fait remarquer, l'Eurasie est traversée avec une direction sensiblement O.-E. de chaînes de montagnes grossièrement parallèles entre elles et qui manifestent, par le degré de leur érosion intempérique, une ancienneté d'autant plus grande qu'elles occupent une situation plus septentrionale.

Les géologues ont trouvé le moyen de substituer à cette simple apparence les conclusions d'un mode spécial d'étude qui permet de déterminer l'âge de formation d'une chaîne de montagnes, et le résultat a été le même. Ce procédé consiste à comparer à l'âge des terrains les plus récents qui ont participé au soulèvement, celui des terrains les plus anciens qui, dans le voisinage immédiat, n'ont pas été influencés par la surrection. Il est clair que le moment de pro-

duction de la chaîne est intermédiaire entre ces deux âges et qu'il sera déterminé avec une précision d'autant plus grande que ces deux limites, inférieure et supérieure, seront plus rapprochées l'une de l'autre.

Ceci posé, on reconnaît dans l'extrême N.-O. européen une région qui présente encore des vestiges de la structure des montagnes et dont le soulèvement remonte au début des époques sédimentaires, à cette période qu'on appelle cambrienne et qui paraît avoir été contemporaine de l'apparition de la vie sur le globe : on appelle cet accident le *ridement archéen*. L'étude des roches qui le composent est d'autant plus malaisée que, la mer le recouvrant, en rend l'examen fort difficile ; mais on peut être assuré qu'elles offriraient les mêmes caractères distinctifs que les roches des ridements suivants, sauf un degré d'accentuation peu marqué.

Bien plus au sud, un autre ridement s'est fait après la période dite silurienne, c'est-à-dire bien moins anciennement que le premier, et il est représenté par les Monts Grampians en Écosse et les Alpes Scandinaves qui séparent à peu près la Suède et la Norvège. Pour ce *ridement calédonien*, l'étude est beaucoup plus facile que tout à l'heure et on est frappé tout d'abord de l'importance des cassures du sol au travers du massif soulevé. On en peut conclure le nombre et l'intensité des séismes qui nécessairement ont marqué leurs déplacements. Or, à l'époque actuelle, le tremblement de terre est pratiquement inconnu en Scandinavie et si le sol y est plus ou moins agité de temps en temps, on a des raisons très légitimes de se demander s'il s'agit d'un vrai tremblement de terre, ou s'il n'intervient pas, au contraire, quelqu'un de ces pseudo-séismes que nous avons mentionnés au début de ce livre. Ce qui permet de le croire, c'est que l'autre mode d'activité souterraine, le volcan, est com-

plètement supprimé dans cette région septentrionale. De tous côtés abondent les traces de très vieux volcans et, les vieilles laves y font des massifs énormes. Au Mont Kinnekulle, par exemple, le sol silurien est traversé d'un dyke de roches pyroxéniques encore en rapport avec la nappe à laquelle il a donné naissance. La roche constituante, essentiellement pyroxénique, porte dans tous les pays le nom de *trapp*, emprunté à la langue suédoise dans laquelle il signifie *escalier* et qui lui vient de son mode de division en prismes horizontaux dont l'extraction produit dans les carrières des séries de gradins superposés. Cette roche est fréquemment à structure fragmentaire et représente sans aucun doute les cinérites des volcans dont l'extrême ancienneté s'accommode d'une identité absolue de régime avec les volcans d'aujourd'hui. Or, non seulement tous ces volcans ont cessé depuis des durées incalculables de faire éruption, mais le sol autour d'eux est tellement refroidi qu'on ne connaît pas une seule source chaude dans leur voisinage. Il y a là un parallélisme de caractères qui est évidemment très frappant.

Du reste, il nous suffit de nous transporter dans une région plus méridionale pour trouver un troisième ridement qui est bien évidemment plus récent que le bourrelet calédonien. On le qualifiera d'*armoricain*, parce qu'il débute en Bretagne, où il est représenté par les Monts d'Arrée. Ceux-ci ne sont pour la hauteur que de simples collines, mais leur structure, identique à celle des Alpes, témoigne du développement, pendant leur formation, des actions nécessaires à la condition des grandes chaînes. En outre, on reconnaît que ces Monts d'Arrée se rattachent topographiquement aux Vosges, dont le soulèvement est d'âge carbonifère, comme le leur, puis aux Monts Sudètes qui traversent toute l'Allemagne, et enfin à la chaîne de l'Oural qui s'infléchit si curieu-

sement vers le nord. Tout ce que nous disons des caractères généraux du ridement calédonien pourrait se répéter à l'égard du ridement armoricain, pourvu qu'on l'accentuât un peu. Les tremblements de terre sont ici moins rares et moins faibles, et ils font à ce double point de vue une transition bien remarquable vers les séismes de la zone alpine. De même, les manifestations volcaniques sont moins négatives qu'au nord et plus atténuées qu'au sud : des sources chaudes sillonnent le ridement, comme à Aix-la-Chapelle (Prusse rhénane), à Bade (Duché de Bade), à Wildbad (Wurtemberg), à Warmbrunn (Silésie). Et, dès lors, nous voyons la série commencée au ridement archéen se continuer, après les ridements calédonien et armoricain, par les bourrelets qualifiés tout à l'heure d'*alpin* et d'*apennin* : ce dernier étant encore en voie de constitution.

Cet ensemble nous révèle une action continue qui semble avoir pris naissance vers les débuts des époques sédimentaires, dans une région hyperboréenne et qui, avec le temps, s'est transportée peu à peu vers le sud, d'une manière continue, en donnant lieu, d'intervalles en intervalles, aux différents ridements.

Le fait prendra une signification encore plus nette si nous ajoutons que l'histoire de l'Eurasie se reproduit, trait pour trait, en Amérique. Le ridement archéen pouvant être considéré comme étant commun aux deux parties du Monde, on voit se succéder en Amérique : 1° la chaîne des Montagnes Vertes, qui correspond pour l'âge au ridement calédonien ; 2° la chaîne des Alleghanys, qui correspond au ridement armoricain ; 3° la chaîne des Montagnes Rocheuses, qui reproduit tous les traits du ridement alpin ; 4° enfin la zone littorale, avec la chaîne des Cascades en Californie et les Andes, qui correspond exactement au ridement apennin.

La signification est plus nette, en effet, puisqu'on

voit avec évidence qu'une action générale s'est fait sentir pour déterminer, à de certains moments géologiques, à la surface de la Terre, des modifications de reliefs régis par une loi.

Le pôle orogénique. — C'est ici que nos études antérieures vont recevoir une application directe, car l'explication des faits observés va résulter de nos observations sur la structure des régions souterraines du globe. On constate, en effet, que la contraction du noyau ne détermine pas dans la croûte superposée, à chaque instant trop large, un phénomène d'affaissement vertical. C'est avant tout un phénomène de refoulement horizontal dirigé vers un point situé dans la proximité du pôle nord et auquel on a donné le nom de pôle orogénique [1].

Nous allons revenir sur les preuves, d'ailleurs surabondantes, de l'allure horizontale de ce refoulement, remarquable surtout parce qu'il suppose dans la matière nucléaire des propriétés très intéressantes.

En effet, s'il s'agissait d'une matière tout à fait homogène soumise à un refroidissement régulier, sa contraction se ferait en déplaçant chaque molécule superficielle suivant la ligne qui la joint au centre. On voit qu'il en est tout autrement. Pour en comprendre la raison, il faut se reporter aux temps initiaux de l'individualisation de la Terre et se rappeler que, suivant Laplace, la rotation de la matière nébuleuse autour de son axe a déterminé un aplatissement polaire avec renflement équatorial complémentaire. Il s'est fait un glissement de la substance superficielle le long des méridiens, sous l'influence d'une composante tangentielle de la force centrifuge.

Durant les périodes suivantes de refroidissement,

1. STANISLAS MEUNIER. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXXIV, p. 998 (1902).

et par conséquent de contraction, la diminution de volume a admis une composante réciproque de la précédente, tangentielle comme elle, mais dirigée vers le pôle, ce qui suppose que la matière nucléaire jouit d'une espèce de *viscosité* qui rappelle l'élasticité du caoutchouc étiré, reprenant peu à peu ses dimensions primitives.

Dans ces conditions, cette matière visqueuse se rétractant vers le pôle, entraîne avec elle la croûte terrestre qu'elle supporte et celle-ci vient s'écraser contre elle-même dans le voisinage du point où passe l'axe de la rotation. Il en résulte des géoclases, le long desquelles se font des redoublements de la croûte en même temps que des éruptions volcaniques, avec accompagnement de séismes, et c'est là tout le cortège des phénomènes qui donnent naissance aux chaînes de montagnes : c'est là aussi l'essence d'une disposition naturelle qui a produit les continents et les îles et qui, par conséquent, a rendu possible l'explosion des manifestations de la vie à la surface de notre planète. On doit remarquer, en effet, que non seulement l'existence des terres est nécessaire à l'apparition des flores et des faunes aériennes — ce qui est un truisme — mais que sans elle le développement de la vie même dans la mer serait rendue plus difficile. C'est seulement parce qu'il y a des rivages, sur lesquels les vagues viennent déferler, que l'eau de la mer peut se pourvoir, par agitation, de l'air en dissolution dont les populations aquatiques ont un besoin essentiel : à ce titre la tempête nous apparaît comme une manifestation nécessaire de la physiologie planétaire.

D'après ce que nous venons de dire, la contraction du globe, qui engendre les montagnes, est parfaitement continue, tandis que le soulèvement des chaînes est discontinu : chacune d'elles est précédée d'une zone plane à laquelle on donne le nom d'*avant-pays*

(*Vorland*). C'est un exemple, très précieux à retenir, de l'emmagasinement de l'énergie dans les masses comprimées jusqu'à l'acquisition d'un maximum de tension qui détermine comme un brusque déclanchement.

Ce n'est pas là, du reste, la seule surprise que nous ménage le sujet et on peut s'étonner à bon droit que les délinéaments géographiques de la surface de la Terre soient distribués tout autrement que nous les aurions imaginés.

Théoriquement, un globe tournant régulièrement sur un axe au milieu de l'espace uniforme promettait une géographie essentiellement symétrique. Il n'en est rien cependant et à la place des continents et des océans se répondant harmoniquement de part et d'autre du plan équatorial, on constate que toutes les masses continentales sont concentrées dans une moitié de la surface terrestre. En outre, les continents sont massés en deux blocs de forme allongée et dont les axes sont à peu près rectangulaires l'un sur l'autre. L'un de ces blocs, c'est l'ancien Monde. et son axe va du S.-O. au N.-E. ; l'autre, c'est le nouveau Monde, et son axe va du S.-E. au N.-O. Dans chacun de ces blocs, les ridements orogéniques que nous décrivions tout à l'heure sont parallèles à l'axe, ce qui suffirait pour montrer que les blocs ont au fond la même origine que les chaînes.

Application des considérations géométriques à la description de la terre. — Ces surprises que nous procurent les études orogéniques sont de nature à rendre circonspect quand on est tenté d'appliquer les considérations géométriques à la description de la Terre. Elles expliquent les mécomptes auxquels on est toujours arrivé dans cette voie. L'exemple illustre a été procuré en ce genre par la tentative d'Élie de Beaumont pour coordonner tous les accidents orogéniques selon les mailles d'un réseau pentagonal enve-

loppant la Terre tout entière [1]. Pendant plus d'un demi-siècle, tous les géologues sans exception se complurent à étayer de preuves nouvelles la doctrine du maître ; seulement on doit constater que, dès le lendemain de sa mort, il n'avait plus guère qu'un seul partisan, éminemment respectable pour la fidélité de ses convictions, le savant Béguyer de Chancourtois.

La cause de l'insuccès complet de la doctrine pentagonale tient tout simplement à ce qu'Élie de Beaumont, pour l'établir, avait, inconsciemment d'ailleurs, substitué à la Terre un globe abstrait, doué d'une homogénéité qui contraste absolument avec la complexité effective des matériaux planétaires ; qu'il avait supposé un refroidissement régulier n'ayant rien à voir avec la déperdition de chaleur consécutive à l'innombrable multitude des phénomènes de tous genres dont l'écorce terrestre est le théâtre. Et c'est au point qu'on a pu dire de la théorie d'Elie de Beaumont qu'elle exprimerait la réalité des choses, si ces choses étaient le contraire de ce qu'elles sont.

Un fait bien curieux, c'est que la leçon donnée aux géomètres trop enclins à soumettre à leurs admirables méthodes des problèmes mal posés ou incomplètement définis, ne semble avoir porté aucun fruit. On voit maintenant, en effet, beaucoup de personnes acquises à la théorie tétraédrique imaginée par M. Lowthian Green, et qui n'est pas plus soutenable que la précédente.

Sans entrer dans le détail de cette doctrine que nous avons exposée ailleurs, nous nous bornerons à constater qu'elle n'est, pas plus que le réseau pentagonal, l'expression des faits d'observation. Elle repose sur des considérations théoriques auxquelles on se

1. *Notice sur les systèmes de montagnes*, 3 vol. in-8°. Paris, 1852.

propose, coûte que coûte, de trouver des confirmations dans l'observation, et on attribue cette qualité de confirmation à des détails qui contrastent absolument, par leur insignifiance, avec les dimensions du problème.

C'est une occasion de plus de répéter avec Fontenelle[1] « que la Nature ne souffre aucune précision ».

1. *Institutions de Physique*, in-8°, 1740, p. 239.

FIN

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

Pages

La croûte terrestre. 1

SOMMAIRE. — *Faits qui démontrent l'existence de la croûte terrestre. — La chaleur souterraine. — Comment on a découvert sa distribution. — Le degré géothermique. — Epaisseur de la croûte. — La substance du noyau terrestre. — Effet de la pression sur l'écoulement des solides. — Destinée réservée à la croûte. — Son origine et son mode de formation. — La photosphère du Soleil et ses enseignements au sujet du commencement de la Terre. — L'analyse spectrale du Soleil et la Géologie. — Les roches cosmiques; leur origine et leur imitation expérimentale. — La théorie cosmogonique de Laplace. — L'évolution planétaire. — La condensation des océans. — Apparition de la vie sur la Terre. — L'avenir du noyau terrestre. — Etat actuel de la Lune. — Les petites planètes. — Les météorites ou pierres tombées du Ciel. — La fin de la Terre.*

PREMIÈRE PARTIE

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

CHAP. Ier. — **Les faux tremblements de terre.** 20

SOMMAIRE. — *Nécessité de préciser le sujet. — Tassement des pays à mines de houille. — Glissement désastreux de Brux en Bohême. — Les effondrements du Jura, du Valais et des environs de Paris. — L'éboulement du Rossberg. — La ruine du Grand-Sable à la Réunion. — Catastrophe de Glaris. — La « montagne qui marche ». — Secousses produites par les coups de grisou, par le choc des vagues, par le passage des trains de chemin de fer. — Le soulèvement du Val-Fleury.*

CHAP. II. — **Les tremblements de terre vrais.** 31

SOMMAIRE. — *Un exemple de grand tremblement de terre :*

Pages

Messine en 1908. — Les indications du séismographe et du marégraphe. — La destruction et l'écrasement. — La terreur chez l'homme et chez les animaux, d'après Sénèque, Humboldt, le docteur Fazio.

CHAP. III. — **Procédés d'étude des tremblements de terre.** 36

SOMMAIRE. — *Premiers appareils employés pour étudier les tremblements de terre. — Séismographe à mercure. — Séismographe à pendule. — Pendule de Milne. — Séismogrammes. — Troponomètres. — Microséismographes. — Troposéismomètre et orthoséismomètre. — Tremblements de terre à grande distance notés par les appareils. — Etudes expérimentales des oscillations de la verticale. — Les marées de la croûte terrestre. — Statistique des séismes.*

CHAP. IV. — **Les détails des tremblements de terre.** 52

SOMMAIRE. — Les Bruits souterrains : *Les bramidos de Guanaxato (1784). Les détonations de Medela, en Dalmatie (1822-1825). Les Retumbos. Bruits dont l'origine séismique est discutée. Les bruits des sables. Causes des bruits séismiques. Courbes isacoustiques.* — Les secousses : *secousses verticales : Calabre (1783). Riobamba (1797), Casamicciola (1885). Secousses horizontales : ondes séismiques observées à Charleston (1886), à Shillong (1897). Combinaison des deux mouvements. Durée des secousses. Influence de la nature du sol sur la gravité des secousses.* — Conduction des ondes par le sol : *observations relatives au tremblement de l'Andalousie (1884); études de Milne, Gray. Fouqué, Abott, Heim. Effet des secousses. Comment il faut construire en pays à séismes. Bizarreries de certains accidents.* — Les crevasses : *exemples pris en Andalousie (Guvéjar), dans l'Inde, à San-Francisco (1906), en Calabre (1783).* — *Emanations gazeuses d'origine séismique.* — *Influence du séisme sur le régime des eaux.* — Sorties de sables : *Craterlets. Charleston (1886). Tremblements de terre fossiles en Russie et en Californie. Les alluvions verticales.* — Eboulements : *récit d'un éboulement en Calabre par Dolomieu, en 1783.* — Raz de marée : *désastres qu'ils produisent. Les tsumanis du Japon : 30.000 victimes en 1896. Submersion de la ville de Callao en 1746. Le désastre de Concepcion au Chili en 1836. Affaissement de la ville de Sindri (Indes) dans les eaux.*

CHAP. V. — **La zone ébranlée.** 83

SOMMAIRE. — *Les lignes isoséistes.* — *Etendue de la zone ébranlée.* — *Définition de l'épicentre.* — *Forme de la*

Pages

zone ébranlée. — Recherche de l'épicentre. — Difficultés que présente le tracé des courbes isoséistes. — Les divers degrés d'intensité dans le tremblement de terre de Nice (1887). — Profondeur des centres d'ébranlement : comment on cherche à l'établir. — Déplacement des foyers d'ébranlement.

CHAP. VI. — **Géographie séismique.** 94

SOMMAIRE. — *Les tremblements de terre ne se font pas également sentir sur tous les points du globe. — Les bandes à grands tremblements de terre : le sud et l'est de l'Eurasie, l'ouest des Amériques. — Onze cents tremblements de terre dans la péninsule Ibérique. — Le tremblement de terre de Lisbonne (1755). — Les tremblements de terre désastreux en Espagne. — L'Andalousie ravagée en 1884-1885. — Le tremblement de terre de la Provence (1909). — Les grands tremblements de terre en Italie. — La Grèce : tremblement de terre de Chio (1881). — La Turquie d'Europe et la Turquie d'Asie, l'Arménie, la Perse, le nord de l'Afrique souvent secoués. — Tremblement de terre de l'Assam (1897). — Régions séismiques de la Chine. — Le Japon, l'un des pays du monde les plus ébranlés. Deux cent mille victimes à Yeddo en 1703. Le désastre de Mino-Owari (1891) : 6.000 secousses violentes en onze jours. Le tremblement de terre de 1854 : destruction de la ville d'Osacca; la vague de la baie de Simoda; le livre de loch de la frégate* La Diane. *— Les séismes dans les îles du Pacifique; les Philippines, les îles de la Sonde, etc. — Les tremblements de terre de la Jamaïque : Kingston en 1907 et 1692. Port-Royal abîmé sous les eaux. Récit d'un contemporain. — Le tremblement de terre de Charleston (1886). — La vallée du Mississipi en 1811-1812. — La Californie séismique. — Le tremblement de terre de San-Francisco (1906). — La catastrophe de Riobamba (1797) racontée par Humboldt. — Caracas (1811). San-Salvador (1891). — Catalogue des tremblements de terre au Pérou. Lima souvent détruite. Submersion de Callao (1746). — Le Chili. Relation du tremblement de terre de Concepcion (1835).*

CHAP. VII. — **Les théories séismiques.** 114

SOMMAIRE. — *Idées extra-scientifiques. — Opinions des Chinois, des Japonais, des aborigènes de la Colombie, du roi de Dahomey. — Statistique d'Alexis Perrey. — Les séismes rattachés à des influences atmosphériques, à des phénomènes astronomiques, à des dégagements de grisou. — La cause des séismes est dans l'économie même de la terre. — Théories du Dr Isaac Lea, de Béguyer de Chancourtois. — Suess veut établir une classification parmi les commotions terrestres. — Hœrnes, von Lasaulx. — La libération des compressions orogéniques comme*

Pages

cause des séismes. — Rôle du changement d'état des corps fluidifiables. — Séismes avortés. — Ouverture et jeu des géoclases. — Eboulements de blocs humides dans les fissures comme moteurs des chocs séismiques. — Le mélamorphisme témoigne de l'activité chimique de l'eau souterraine. — Rôle de l'hydratation ou de la déshydratation des roches.

DEUXIÈME PARTIE

LES VOLCANS

CHAP. Ier. — **Les pseudo-volcans** 128

SOMMAIRE. — *Les* Salzes *ou* Volcans de boue : *Bakou, les cônes de boue, les feux éternels des Guèbres. La Salze de Sassuolo étudiée par Spallanzani. Les Volcans de boue ou* volcancitos *de Turbaco. Les* Maccalube *de Girgenti. — Les* Soffioni *de Volterra exploités par Larderel. — Les* Geysers. *En Islande : le Grand Geyser, le Stokkr, le petit Geyser. En Amérique, les geysers du Yellowstone Park : le Géant et le Vieux Fidèle. Les geysers de la Nouvelle-Zélande : le Rotomahara ou Lac Chaud. Geysers au Japon. — Un cratère creusé par une météorite.*

CHAP. II. — **L'éruption typique** 142

SOMMAIRE. — *Description de l'éruption. — Exemple à l'appui : le Vésuve. — Son réveil en 79, destruction de Pompéi : lettre de Pline le Jeune. — L'éruption de 1905-1906. — Détonations, projections de matières, ouverture de fissures, épanchement de la lave. — Paroxysme en avril 1906 : ouverture d'une nouvelle bouche; coulées abondantes de laves; explosion du cratère; détonations formidables; projections énormes de lapilli et de cendres; obscurité, pluie de boue; victimes nombreuses. Démantellement du sommet de la montagne. Formation d'une caldeira. — L'éruption de 1872. Imprécations et prières des paysans vésuviens; leur amour de la montagne : récit du peintre Joseph de Nittis.*

CHAP. III. — **Apparition et réveil des volcans** 154

SOMMAIRE. — *Volcans en éruption permanente. — Volcans à éruptions fréquentes. — Volcans à éruptions rares. — Volcans considérés comme éteints, qui se réveillent : le Timboro, le Ceboruco. — Volcans nouveaux : le Monte-Nuovo (1538). Le Jorullo (1759) : histoire de son apparition par Humboldt. Le Malpais et les Hornitos. Le nouveau volcan de Léon, dans l'Amérique Centrale (1850).*

Pages

CHAP. IV. — **La vulcanologie.** 161

SOMMAIRE. — *Ancienneté de l'étude des volcans. — Sociétés et observatoires vulcanologiques. — Histoire de l'Observatoire du Vésuve. — Courage des observateurs : Palmieri, Matteucci. — Les instruments, le laboratoire, la bibliothèque de l'Observatoire. — L'Observatoire de l'Etna.*

CHAP. V. — **Les détails de l'éruption volcanique** . . 165

SOMMAIRE. — Séismes volcaniques. *La région de l'Etna. Observations du professeur Silvestri, de Catane. Crevasses volcaniques : une montagne qui se fend du haut au bas.* — Détonations volcaniques. *On les entend à d'énormes distances. Les bruits du Stromboli, décrits par Spallanzani. Les bruits de la Montagne Pelée. Etude des bruits à l'aide du microphone. — Conduction des ondes volcaniques par l'atmosphère et par l'eau. L'écroulement et la* titubation *des édifices, d'après un observateur de l'éruption du Vésuve en 1737. Effets de l'explosion d'une poudrière en 1871. Trajet des ondes atmosphériques après les explosions.* — Projection des cendres et des lapilli. *Hauteur de la colonne projetée. Le* Pin. *Un voyageur français sous une pluie de lapilli au Japon (éruption du Kirishima 1890). Les nuées ardentes de la Montagne Pelée. Vitesse et température des nuées ardentes. — Cendres en suspension dans l'atmosphère; les crépuscules rouges. Eruptions de boue : le mont Kloet (1863).* — L'orage volcanique. — Gisement des lapilli et des cendres. *Edification du cône volcanique. Comment Pompéi fut ensevelie. Abondance des cendres. Effets de neige sur le Vésuve dus à la cendre blanche. Action des pluies sur la cendre. Etendues énormes recouvertes par les cendres. Inondations volcaniques.* — Ecoulements des laves. *La lave dans le cratère : Spallanzani l'observe au Stromboli. La lave du Kilauea : mer de feu; jets immenses; splendeur du spectacle (Lettres des Rév. Gulik et Titus Coan). Emission de la lave. Abondance de ses coulées en Islande. Courants de lave au Vésuve en 1905-1906. Cascades de lave. Faible conductibilité calorifique de la lave. Bizarreries de certains accidents. Poussée de lave solide formant l'aiguille de la Montagne Pelée. La lave dans la mer; les ichthyolithes du Monte Bolca.* — Gaz des volcans. *Les flammes et les fumées des cratères. Stromboli et Kilauea. Les gaz des laves. Manière de les recueillir. Leur composition. La vapeur d'eau. Son aspect et sa pression dans une grande éruption (Vésuve 1822). Calculs sur la force explosive de la vapeur d'eau. Divers types d'explosions volcaniques.*

CHAP. VI. — **Forme et structure générale des volcans.** 207

SOMMAIRE. — *Différents types de cônes : le Monte-Nuovo et*

Pages

les volcans d'Auvergne, l'Etna et le Plomb du Cantal, le Vésuve et le Stromboli. Cratère moderne inclus dans le cratère ancien. — Parties essentielles du volcan. — Renseignements fournis par l'érosion des volcans. — Allure des masses éruptives : dykes et nappes. — Les laccolithes. — Conditions générales de formation des laccolithes : les Monts Henry et le Caucase.

CHAP. VII. — **Les annexes des volcans** 221

SOMMAIRE. — *Manifestations post-éruptives des volcans. — Les étuves : Etuve de Néron. — Les solfatares. — Les mofettes : la Grotte du Chien.*

CHAP. VIII. — **Les roches volcaniques** 227

SOMMAIRE. — *Procédés spéciaux de l'étude des roches. — Roches modernes et roches anciennes. — Rôle des cendres ou cinérites dans la comparaison de ces deux groupes. — Le trachyte et le basalte. — Les magmas et la communauté d'origine des divers types de roches. — La composition chimique et la composition minéralogique comparées. — Roches acides, roches neutres, roches basiques. — Rôle comparé des différents feldspaths. — Les roches vitreuses : obsidienne, ponce. — Les cendres; leur mode de formation. — Cendres cristallines et cendres vitreuses. — Emanations gazeuses : fumerolles.*

CHAP. IX. — **Géographie volcanique** 239

SOMMAIRE. — *Nombre des volcans actifs. — Leur répartition en des bandes coïncidant avec celles des tremblements de terre.*

§ 1. — BANDE DE VOLCANS ACTIFS DE L'EURASIE AVEC SES PROLONGEMENTS 240

SOMMAIRE. — *Chaîne volcanique des Petites Antilles. Eruption de la Montagne Pelée (1902). — La Soufrière de la Guadeloupe. Le Mont-Misère. Sainte-Lucie. Saint-Vincent en 1902. — Les volcans des îles du Cap Vert. — Les Canaries : le pic de Teyde et son dernier réveil; l'île de Lancerote. — Les Açores : l'île de Terceira et son cratère double; Pico, San Jorje, Fayal. — Les Champs Phlégréens. Solfatare de Pouzzoles. Eruption du Monte-Nuovo. Ischia et le Mont Epomeo. — Description du Vésuve par Strabon. Date de ses principales éruptions. — Le Stromboli, Lipari et Hiera (Vulcano) décrits par Strabon. Nombreuses éruptions de Vulcano. — L'Etna, sa forme, son cratère, ses paroxysmes. — L'île Julia. — Un volcan aujourd'hui éteint (Méthone) décrit par Strabon. — Les Cyclades et le volcan de Santorin. Naissance d'une île. — Les volcans de l'Asie Occidentale : l'Ararat.*

Pages

— Les volcans en éruption de l'Abyssinie et de l'Etat libre du Congo. — L'île Bourbon. Description de son volcan et du Grand Pays brûlé. — Région volcanique de l'Arabie se prolongeant jusqu'en Syrie. — Les volcans de l'Inde et de l'Asie Centrale. — Le Kamtchatka, l'une des régions les plus volcaniques du globe. Son plus haut volcan, le Kliutschewskaja (5.000 mètres d'altitude) a des éruptions fréquentes. Le Grand Tolbatscha, le Grand Semætschick, le Jupanowna, l'Asatscha, etc. — Dix volcans actifs dans les Kouriles. — Le Japon aussi bouleversé par les volcans que par les tremblements de terre. Eruption du Bandaï qui fait sauter le pic Central. Eruption désastreuse de l'Asama-Yama (1783). Le Fusi-Yama, le Kirishima, le Wunsen. Petites îles japonaises souvent en éruption et en voie de formation. — Volcans sous-marins sur les côtes de Formose. — Les Volcanes. *— Terribles éruptions à Manille : le Cagua, le Mayon. — Dix volcans dans la presqu'île de Camarines. — Continuation du phénomène volcanique des Philippines à Célèbes : l'île Sanguir. — Les onze volcans actifs de Célèbes. — Un volcan du XVIIe siècle dans l'île de Gilolo. — Le Gama-Lama, dans l'île de Ternate. — Volcans entourés de récifs de corail. — Les volcans d'Amboine. Le Gunnung-Api, le Pic de Timor. — L'île de Florès et ses trois volcans actifs. — Terrible éruption de Timboro en 1815. A Java, 46 grands volcans dont 20 en activité. Description des principaux : le Mérapi, le Merbabou, le Slamat, le Salak, le Tankouban-Prahou, le Gountour, le Bromo, le Lamongang, le Semirou, point culminant de l'île, l'Ijen-Raun. Le détroit de la Sonde et l'explosion du Krakatau (1883). — Les volcans de Sumatra. — Les îles Salomon, de Santa Cruz, des Nouvelles-Hébrides et leurs volcans. Le Rocher de Mathieu. — L'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande. En 1886, réveil formidable du Mont Tarawera. — Le pic Tafoua et l'Amargoura dans l'archipel de Tonga. — Le Mauna-Mu dans le groupe de Samoa. — Les Galapagos. — Les volcans d'Hawaï. Le Mauna-Loa. le plus prodigieux volcan de la terre et son cratère inférieur, le Kilauea, le plus grand bassin volcanique. Les cheveux de Pelé.*

§ 2. — Bandes a Volcans actifs des Amériques. 277

Sommaire. — *Une trentaine de volcans dans les Aléoutiennes. Naissance d'îles : Bogoslow et New-Island. Le Progommoi, le plus haut volcan du groupe. — Cinq volcans dans la presqu'île d'Alaska. — La chaîne des Cascades : le mont Hélic, le mont Fairweather, le mont Edgecombe, le mont Rainier, le mont Sainte-Hélène. — Les deux volcans de la Basse-Californie. — Les volcans mexicains : le Tuxtla, l'Orizaba, le Popocatepell, le Toluca, le Jorullo et les Hornitos, le Colima, le Ceboruco. Deux cônes récents : les volcans de Tuita et de Pochulta. — L'action volcanique très intense et très concentrée dans*

Pages

l'Amérique Centrale : l'Amilpas, le Sapotiltan, le Tajamulco, le Quezaltenango, l'Atitlan et sa violente éruption de cendres (1828), le Fuego et l'Acatanango. Guatemala plusieurs fois détruite. L'Agua et ses torrents de neige fondue. Le volcan de Pacaya et ses énormes coulées de lave. L'Isalco ou Phare de San-Salvador, toujours en éruption, édifié en 1770. Le Quezaltepèque, le Conchagua, le Coseguina (terrible éruption en 1835). Le Viejo, le Telica, El Nuovo, le Nindiri et le Massaya soudés par leur base; le Momotombo, le Miravalles, le Turrialva, le Chiriqui. — La Cordillère des Andes. Le volcan de Ruiz, le Tolima, le Puracé, les volcans de Pastos, de Chiles, de Cumbal. — Le plateau de Quito, bordé d'énormes et célèbres volcans; le Pichincha et ses flancs ravinés. Le Carguayrazo (éruption boueuse en 1698), l'Antisana gravi par Humboldt et Bonpland. Grande activité du Cotopaxi; ses détonations effroyables. Une ville sur ses flancs. Le Tunguragua. L'Altar (l'autel). Le Sangay, toujours brûlant et grondant. — Les volcans du Pérou méridional et de la Bolivie. Le volcan d'Arequipa. Le volcan de Sahama, le plus haut sommet des Andes. L'Isluga, San-Pedro d'Atacama, l'Illascar, le Llulaillaco. — Les Andes chiliennes : beaucoup de volcans inactifs. Comme cônes actifs, le Peteroa, les volcans de Chillan, d'Antuco, de Llogel, de Calbuco, qui ont de violentes éruptions. Volcan sous-marin entre Valparaiso et l'île de Juan-Fernandez.

§ 3. — APPENDICES. 291

SOMMAIRE. — *Dans les terres australes, l'Erèbe et la Terreur. — Les volcans arctiques. Jean-Mayen et l'Islande. Description de l'Hécla. Le Skaptar Jokul, l'Orofea, l'Eyafialla, le Kotlugaja et ses grandes éruptions de 1755 et de 1860.*

§ 4. — BANDES A VOLCANS ÉTEINTS 293

SOMMAIRE. — *Dans les Pyrénées, le massif d'Ollot. — Les sources chaudes de la chaîne. — Les volcans de l'Ardèche. — L'Auvergne particulièrement étudiée. Guettard. — Le massif du Mont-Dore. Le pic de Sancy. Le Cézallier. L'Etna pliocène du Cantal (Le Plomb). La chaîne des Puys ou Monts-Dômes. Ses volcans domitiques et ses volcans à cratère. La Cheire. — Les volcans de l'Eifel. Cratères bien conservés. — Volcans éteints du Caucase. Sources chaudes. L'Elbrouz et le Kasbeck. — Les volcans éteints de l'Asie occidentale. — Volcans éteints par toute l'Afrique : le cap de Bonne-Espérance, le Sénégal, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, le Sahara et les observations de la mission Fourreau-Lamy. — Traces d'innombrables éruptions dans les Montagnes Rocheuses. Volcans énormes en Californie. — Au Mexique, volcans éteints associés aux volcans actifs. — Le plateau central mexicain. — Innombrables volcans éteints dans la mer du Sud. Les cratères*

Pages

de l'île de Pâques. — Deux mille volcans éteints aux Galapagos. Traces volcaniques de plus en plus atténuées vers le Nord de l'Europe.

CHAP. X. — **Les théories volcaniques**. 317

SOMMAIRE. — *Les Légendes. Vulcain et les Cyclopes. La curiosité d'Empédocle. L'enfer du Massaya et les sacrifices humains. Malédictions de moines. Les dates critiques et le rôle des influences astronomiques. — Hypothèses rattachant le vulcanisme à des causes terrestres. — Le volcan de Lémery. — Werner et les incendies de houillères. — L'hypothèse de Buffon. — Les romans de Patrin. — La supposition de Bernardin de Saint-Pierre. — Conséquences géologiques de l'isolement du potassium par Humphry Davy. — La théorie chimique de Gay-Lussac. — Imitation des fumerolles. — Le major Dutton et le radium. — Recherches de Cordier sur le refroidissement du globe. — Théories de Fouqué, de Lapparent et de Stübel. — Rôle des géoclases dans la production des volcans — Théorie volcanique concordante avec la théorie séismique.*

CONCLUSIONS 344

SOMMAIRE. — *Lien mutuel entre les séismes et les éruptions. — Communauté de leur cause. — Instabilité de la croûte sur le noyau qui se rétracte sans cesse. — Sa fracture spontanée engendre les séismes et élabore le magma éruptif. — Le séisme et le volcan sont des contre-coups de la production des montagnes. Les chaînes montagneuses sont des résultats de refoulements horizontaux. — Ordonnance générale des chaînes dans les deux mondes. — Age relatif des ridements orogéniques. — Déplacement progressif de la zone d'activité. — Actuellement la zone active coïncide avec la zone séismique qui est la même que la zone volcanique en action. — La zone alpine européenne est plus ancienne et déjà plus passive. — Cette zone ne s'est pas produite d'un seul coup. — La zone américaine des Montagnes Rocheuses correspond à la chaîne alpine. — Le pôle orogénique. — Etude expérimentale de la production des montagnes. — Conclusion quant à la viscosité de la substance nucléaire. — Les actions complémentaires du ridement. — Persistance du profil sphéroïdal de la terre. — Illusion pentagonale; illusion tétraédrique. — L'activité des profondeurs terrestres.*

6526. — Paris. — Imp. Hemmerlé et Cie. — 6-10.

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE IMPRIMÉS R

LA MATIÈRE

ET

SES TRANSFORMATIONS

PAR

P. DELEVEAU

PROFESSEUR DE PHYSIQUE AU LYCÉE DE MARSEILLE

7528.

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 89 FIGURES

PAR CHAUVET, GILBERT, ETC.

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET Cie

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1882

Droits de propriété et de traduction réservés

C

LA MATIÈRE

ET

SES TRANSFORMATIONS

PREMIÈRE PARTIE

ÉTATS PHYSIQUES DES CORPS

CHAPITRE I

Divisions des sciences physiques. — Observation et expérience. — Propriétés des corps. — Divisibilité de la matière. — Hypothèse. sur la constitution de la matière. — Conservation de l'énergie. — États de la matière.

Dans le remarquable traité sur l'optique physiologique de l'illustre savant M. Helmholtz, on lit les lignes suivantes :

« L'intelligence humaine se rend maîtresse de bien des choses, et renoue merveilleusement la chaîne des effets et des causes ! Est-elle nécessairement susceptible d'embrasser tout ce qui peut exister et interve-

nir dans le monde? C'est là ce que rien ne me paraît prouver. »

L'objet de la science est vaste, et, alors que les philosophes pouvaient autrefois disserter sur tout ce qui composait l'ensemble des connaissances humaines, aujourd'hui la nécessité d'une séparation des faits en différents ordres est devenue nécessaire.

Pour ne parler que de ceux dont l'étude est possible à l'aide de nos sens, de ceux que nous offrent d'une manière visible ou tangible tous les objets qui nous environnent, on a dû en partager l'étude en diverses branches.

Les physiciens s'occupent de ceux qui se manifestent par le changement de position des corps, les modifications de forme, de volume, d'aspect, par la production de certains effets qu'on nomme chaleur, électricité, magnétisme, son et lumière.

Les chimistes étudient les modifications durables qu'éprouvent les corps quand, par leur réunion, on voit apparaître des substances tout à fait différentes.

Les naturalistes considèrent les êtres qui peuplent l'univers et se proposent d'étudier leurs conditions d'existence, leurs modes de formation et de reproduction.

Enfin, aux astronomes est réservée l'étude des corps, répandus dans l'espace, formant ce qu'on nomme l'Univers; les lois de leurs mouvements, l'étude de leur constitution, de leur forme extérieure, sont du domaine de cette science que l'on nomme astronomie.

Le but suprême de toute science est d'arriver à la détermination des causes prochaines des faits observés; ce résultat peut être obtenu à l'aide d'opérations

que l'intelligence, par l'*analyse* et la *synthèse*, peut rapprocher les unes des autres pour en arriver, par voie d'analogie ou d'induction, à saisir le rapport entre la cause et l'effet. Ces opérations sont l'*observation* et l'*expérience*; concourant au même but, elles diffèrent l'une de l'autre en ce que la première est l'étude d'une chose que nous constatons, sans pouvoir la modifier, tandis que l'autre est la réalisation d'un fait dont nous pouvons à volonté changer les conditions de production et par suite la nature des effets observés.

Nous ne pouvons qu'observer la marche apparente du soleil, la température de l'air, le régime des vents, la formation des orages, les déviations d'une aiguille de boussole, la production de l'arc-en-ciel et un grand nombre d'autres faits sur lesquels nous ne pouvons exercer aucun empire. Si, au contraire, nous voulons étudier l'influence de la chaleur sur les corps, nous pourrons les chauffer plus ou moins, en d'autres termes les porter à différentes températures, nous pourrons également soumettre une aiguille de boussole à l'action d'un courant électrique, diriger des rayons lumineux ou calorifiques à travers certaines substances, comparer les hauteurs des sons produits dans différents tuyaux, et nous aurons, dans les cas énoncés, fait des expériences.

Les faits se révèlent à nous par des changements, par des contrastes successifs auxquels nous donnons le nom de phénomènes. Tout ce que nous pouvons observer est un phénomène, et tout phénomène est dû à un changement de propriétés des corps.

Qu'entend-on par ce mot de *propriété*? peut-on le

définir d'une manière absolue? Nous laissons la parole au savant physiologiste que nous citions tout à l'heure : « Pour ce qui concerne d'abord les *propriétés* des objets extérieurs, il suffit d'un peu de réflexion pour voir que toutes les propriétés que nous pouvons leur attribuer désignent seulement les *actions* qu'ils exercent, soit sur nos sens, soit sur d'autres objets de la nature.... »

« Aussi les propriétés des corps ne se manifestent que lorsque nous les mettons en rapport avec d'autres corps ou avec les organes de nos sens. Mais comme ce rapport peut se produire à tout instant et peut être occasionné à chaque instant par notre volonté, comme nous voyons toujours alors se produire des actions mutuelles, nous attribuons aux objets une faculté d'action continuelle, toujours prête à agir : c'est à cette faculté continuelle que nous donnons le nom de *propriété*. Il résulte de là qu'en réalité, malgré leur nom, les propriétés des corps ne désignent absolument rien de propre à chaque corps en lui-même, mais bien par rapport à un autre objet, y compris les organes de nos sens. Naturellement le mode d'action doit toujours dépendre des propriétés du corps agissant aussi bien que celles du corps qui subit l'action : c'est un point dont nous ne doutons pas un instant lorsqu'il s'agit des propriétés que présentent les corps en agissant les uns sur les autres, dans les réactions chimiques, par exemple. Mais lorsqu'il s'agit des propriétés qui reposent sur les rapports de modifications qui existent entre les objets et nos organes des sens, on a toujours eu de la tendance à oublier qu'il s'agit encore d'une réaction sur un réactif parti-

culier, à savoir notre appareil nerveux, et que la couleur, l'odeur et le goût, la sensation de chaud et de froid, sont également des actions qui dépendent tout à fait essentiellement de la nature de l'organe qui les subit. Les réactions du corps sur les sens sont assurément celles que l'on perçoit le plus fréquemment et le plus généralement; elles ont la plus grande importance pour notre bien-être et pour notre commodité; mais si le réactif au moyen duquel nous les éprouvons a été mis en nous par la nature, la relation n'en est pas moins la même. »

Parmi les phénomènes qui s'accomplissent autour de nous, quelques-uns sont faciles à observer; à l'aide de nos sens nous pouvons constater les conditions dans lesquelles ils s'accomplissent; dans le cas où leur étude échappe à une observation directe, nous suppléons à notre impuissance par l'emploi d'auxiliaires très nombreux constituant ce que nous nommons des appareils.

Par exemple le contact des différents points des enveloppes extérieures de notre corps nous révèle la présence d'un corps chaud ou froid, mais ne nous donne aucune notion exacte sur le rapport des températures des corps qui nous font éprouver ces sensations; nous sommes alors obligés de recourir à un appareil nommé *thermomètre*. Notre œil n'est pas un instrument assez parfait pour que nous puissions distinguer la forme et les accidents de la surface des corps placés au delà d'une certaine distance; dans le but d'arriver à une notion plus exacte de l'objet, nous agrandissons le contour apparent en nous servant de lunettes convenablement disposées. Les phénomènes

une fois étudiés, nous pouvons, par un effort de notre intelligence, supposer quelle peut en être la cause immédiate; mais le plus souvent nous sommes obligés de recourir à une hypothèse et d'avouer que la connaissance de la véritable cause du phénomène nous échappe. Nous voyons les corps abandonnés à eux-mêmes tomber suivant une ligne qui irait passer par le centre de la terre; nous supposons qu'il y a une force émanant de ce point qui produit la chute; nous constatons que les lois établies par l'illustre Newton sont vérifiées et nous admettons, pour expliquer les effets produits, que tout se passe *comme si* le centre du globe terrestre attirait les corps placés à la surface. Newton d'ailleurs avouait ne pas savoir ce qu'était la pesanteur et, dans une lettre adressée à Bentley en 1693, il s'exprimait ainsi : « Je vous en prie, ne m'attribuez pas cette idée. Je ne prétends pas connaître la cause de la pesanteur, et il me faudrait plus de temps pour y réfléchir. »

Notre ignorance au sujet de ce que nous nommons *matière* est la même, nous donnons ce nom à ce principe, dont nous ignorons la nature, constituant tous les corps que nos sens nous permettent de percevoir et nous lui attribuons la cause de toutes les sensations que nous éprouvons. Pour connaître la constitution des corps, nous recourons à une hypothèse qui résulte d'une propriété, commune à tous les objets, que nous pouvons constater par l'observation et l'expérience; cette propriété est la *divisibilité*.

Des fragments de craie, de verre ou de toute autre substance, étant soumis au choc du marteau, se résolvent en un très grand nombre de parties et si

nous continuons à les soumettre à cette action nous obtiendrons des parcelles de plus en plus ténues, dont les dimensions, à un moment donné, ne seront plus appréciables à la vue ni au toucher. Quelques exemples, souvent cités, montrent l'extrême divisibilité à laquelle on peut arriver; une parcelle très petite d'une matière colorante, la fuchsine, peut colorer plusieurs millions de fois son volume d'eau; un grain de musc peut se répandre dans une très vaste salle, se manifestant par son odeur, et la balance la plus sensible n'accuse pas de diminution de poids du fragment d'où se sont dégagées les particules odorantes.

La possibilité de partager les corps en fragments de plus en plus petits avait fait supposer qu'il n'y avait pas de terme à la divisibilité et qu'on pouvait subdiviser à l'infini ; mais la découverte des lois des combinaisons des corps entre eux suivant des proportions définies est un des plus puissants arguments que l'on invoque en faveur d'une divisibilité limitée. On admet donc généralement que les corps se composent de particules, séparées les unes des autres, que l'on nomme *atomes* quand le corps est simple, et *molécules* quand le corps tout entier et, par suite, chacune de ses parties renferme plusieurs espèces de substances; chacune des molécules posséderait toutes les propriétés du corps tout entier. Simplement placées à côté les unes des autres, les particules élémentaires des corps pourraient se déplacer sans le moindre effort et le corps n'aurait aucune forme déterminée. Pour expliquer la forme des corps, leur état de volume à un moment donné, on fait intervenir des forces molé-

culaires, s'exerçant de particule à particule, les maintenant à des distances invariables les unes des autres, ou tendant au contraire à les écarter. Ces actions diminuent à mesure que la distance augmente, et la force répulsive s'accroît si l'on soumet le corps à l'action de la chaleur. Entre des particules de nature différente, s'unissant pour former un corps nouveau, on admet qu'il s'exerce une autre action que l'on nomme *affinité*, capable de rattacher, les unes aux autres, les molécules qui peuvent se combiner.

Quelques savants sont partisans de l'unité de matière et considèrent les propriétés des corps comme résultant de la nature du mouvement propre à chaque substance. Pour expliquer le retour d'une substance à son état primitif au moment où elle se dégage d'une combinaison, M. William Thomson assimile les mouvements du milieu élastique, qu'il nomme matière, à celui de ces tourbillons de fumée en forme d'anneaux que l'on voit se produire dans la combustion de l'hydrogène phosphoré (fig. 1) ou quelquefois s'échapper de la cheminée d'une locomotive au départ.

On a imaginé un appareil qui permet d'obtenir ces couronnes à volonté et, en leur donnant de grandes dimensions, d'en étudier la forme. Une caisse en bois percée en avant d'une ouverture circulaire contient deux vases, dont l'un renferme une dissolution d'alcali volatil et l'autre de l'acide chlorhydrique du commerce; par la réaction des gaz qui s'échappent de ces solutions, se produisent d'abondantes fumées remplissant la caisse. Un coup sec appliqué sur un morceau de drap, formant la paroi opposée à l'ouverture, chasse les fumées, et produit une belle cou-

ronne, s'échappant en ligne droite. M. Helmholtz, qui a étudié les tourbillons, a montré que les particules de fumée roulent sur elles-mêmes et exécutent des mouvements de rotation, allant de l'intérieur à l'extérieur dans le sens de la propagation, et s'exécutant autour d'un axe circulaire formant en quelque sorte le noyau des tourbillons. — De là M. Helmholtz passe au cas d'un milieu dans lequel il n'y aurait aucun frottement; il montre que ces anneaux se pro-

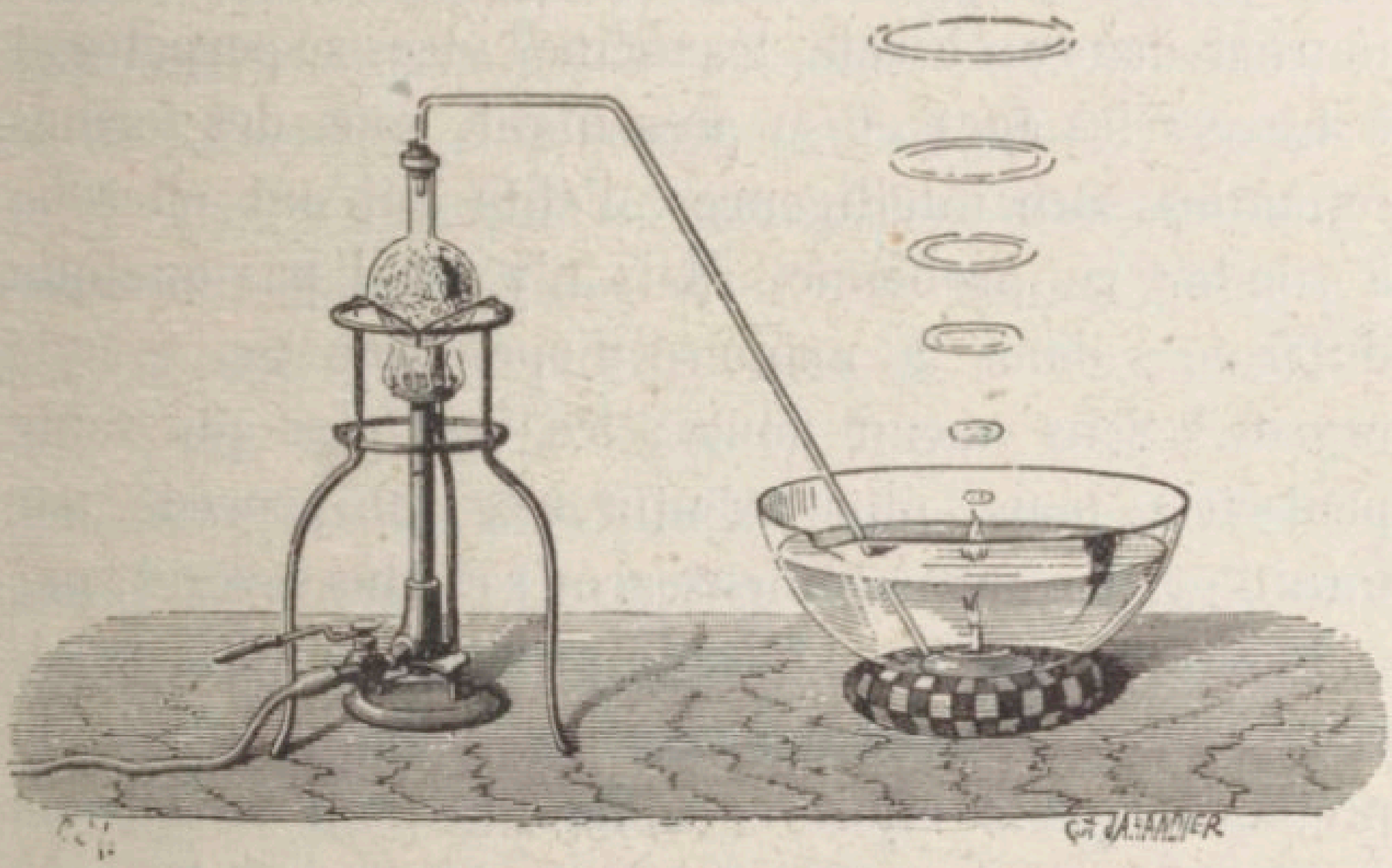


Fig. 1. — Anneaux-tourbillons de l'hydrogène phosphoré.

pageront et changeront de forme sans que rien vienne détruire les liaisons qui existent entre les parties constituantes.

Des expériences, effectuées en Angleterre, ont montré que si on déforme ces anneaux, ils tendent à reprendre la forme circulaire; si on place sur leur trajet une lame, ils s'infléchissent autour d'elle, sans se laisser entamer, et offrent ainsi l'image matérielle de quelque chose d'indivisible et insécable. Deux an-

neaux, se mouvant suivant une même ligne, peuvent se traverser sans perdre leur individualité propre; l'anneau qui est en retard se contracte pendant que sa vitesse augmente; il traverse celui qui le précède, puis se dilate à son tour, et ainsi de suite.

L'idée d'unité de la matière est-elle absolument nouvelle? — « Non, répond M. Würtz; elle est renouvelée de Descartes; tant il est vrai que, quand il s'agit de l'éternel et peut-être insoluble problème de la constitution de la matière, l'esprit humain semble tourner dans un cercle, les mêmes idées se perpétuant à travers les âges et se présentant, sous des formes rajeunies, aux intelligences d'élite qui ont cherché à sonder ce problème. Mais n'y a-t-il pas quelque différence dans la manière d'opérer de ces grands esprits? Sans aucun doute; les uns plus puissants peut-être, mais plus aventureux, ont procédé par intuition; les autres, mieux armés et plus sévères, par induction raisonnée. Là est le progrès, là est la supériorité des méthodes modernes, et il serait injuste de prétendre que les efforts considérables dont nous avons été les témoins émus n'ont pas poussé l'esprit humain plus avant dans le problème ardu dont il s'agit que n'avaient pu le faire un Lucrèce et même un Descartes. » (A. Würtz, *la Théorie atomique.*)

Enfin d'autres, au nombre desquels nous pouvons citer l'illustre savant Faraday, ont au contraire considéré les corps comme un assemblage de centres de forces et regardent la matière comme inséparable de la force; d'où il résulte que la matière doit toujours être dans un état de mouvement, de tendance au mouvement ou de résistance au mouvement et ne peut

jamais être dans un état de repos absolu. L'on donne aujourd'hui le nom d'*énergie* à la propriété que possèdent les corps de pouvoir produire un travail en passant de l'état de repos à l'état de mouvement; dans le passage inverse l'énergie semble avoir disparu, mais la physique moderne a démontré qu'elle s'est simplement transformée et qu'il y a modification de mouvement apparaissant sous forme de chaleur, lumière ou électricité.

Grove, dans son traité de la *Corrélation des forces physiques*, énonce ainsi le principe de la conservation de l'Énergie : « La lumière, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, le mouvement et l'affinité chimique sont des manières d'être de la matière, qui peuvent toutes se convertir l'une en l'autre. Considérez l'une comme la cause et l'autre sera l'effet. Ainsi nous pouvons dire que la chaleur produit l'électricité ; l'électricité, la chaleur; que le magnétisme produit l'électricité ; l'électricité, le magnétisme, et ainsi de suite. Il nous faut humblement attribuer leur cause à une seule influence répandue partout et nous contenter d'en étudier les effets et de développer par expérience leurs rapports mutuels. »

Les découvertes modernes nous offrent souvent des exemples remarquables de transformations des forces physiques. Citons celles qui, dans les derniers temps, ont causé le plus d'étonnement et ont donné lieu à des résultats réellement merveilleux.

Faraday avait montré que le mouvement d'un aimant en regard d'un fil métallique pouvait produire un courant électrique ; de puissantes machines, fondées sur ce principe, furent imaginées par différents con-

structeurs ; aujourd'hui nous voyons nos places publiques, nos gares de chemin de fer, un grand nombre d'établissements industriels éclairés par la lumière intense que donne le courant jaillissant entre deux charbons. — Que se passe-t-il ? Une chaudière à vapeur alimente un moteur qui met en mouvement un système d'aimants autour desquels est disposé un circuit métallique ; le courant électrique produit décompose un sel métallique ou va alimenter un appareil d'éclairage. L'énergie calorifique de la vapeur d'eau s'est transformée en mouvement, ce mouvement a transformé le magnétisme en électricité et celle-ci à son tour a pu, en se modifiant, effectuer un travail de décomposition ou devenir une source de lumière.

Dans le téléphone, le mouvement de la plaque vibrante change le magnétisme d'un aimant. Cette modification produit un courant électrique qui, réagissant sur l'aimant de l'appareil récepteur, actionne à son tour la plaque dont les vibrations reproduisent un son identique à celui qui a été émis dans l'embouchure de l'appareil transmetteur.

Le photophone découvert, comme l'appareil précédent, par le savant inventeur américain Graham Bell, montre aussi la transformation de *l'énergie radiante* en *énergie sonore*, due à une modification d'un courant électrique sous l'influence de la lumière. L'appareil se compose d'une plaque vibrante sur laquelle on dirige un faisceau lumineux renvoyé, à travers une lentille, vers un réflecteur parabolique portant à son foyer une pile de plaques de sélénium intercalées dans un circuit comprenant une pile P et un téléphone (fig. 2). Les variations de forme, qu'impriment au

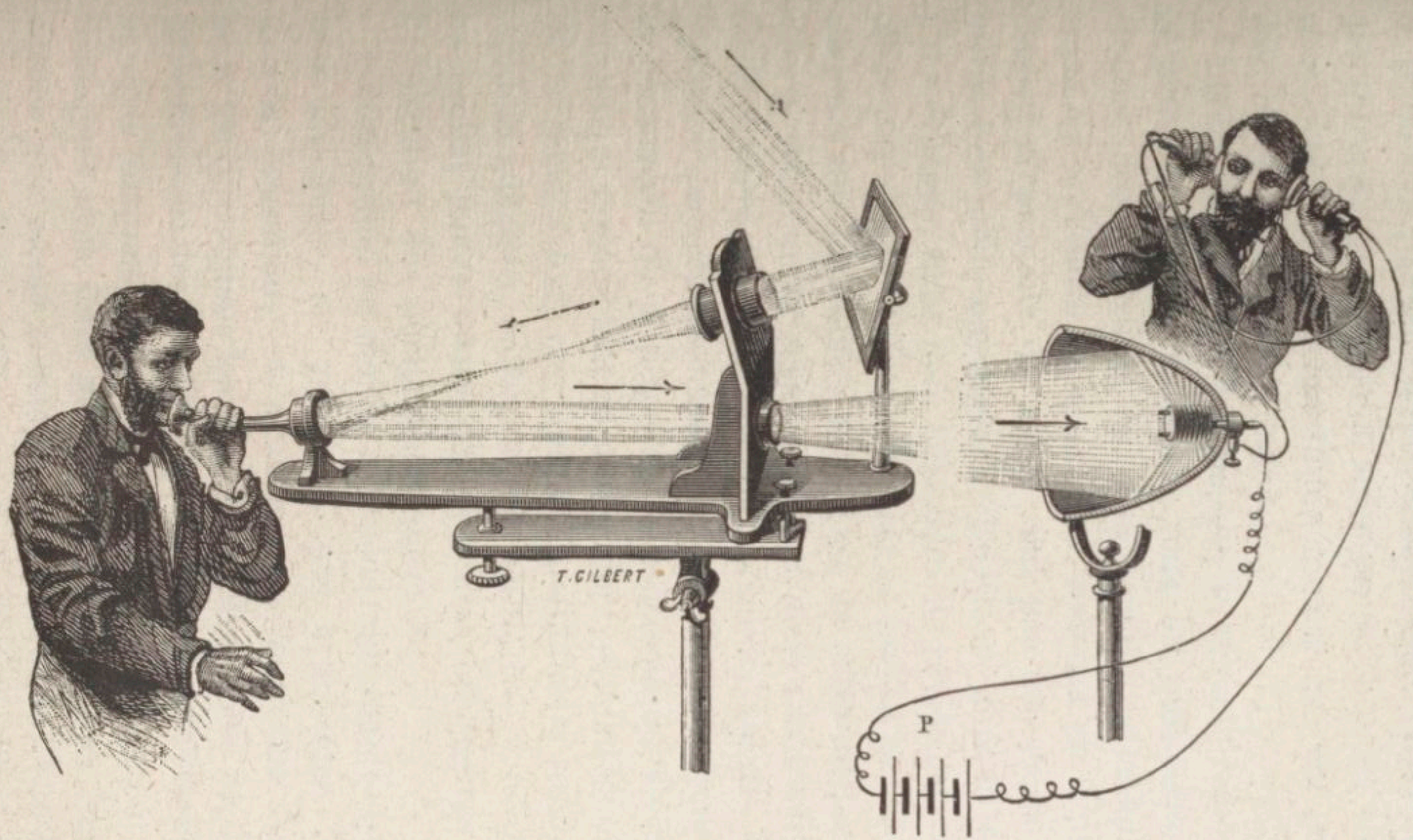


Fig. 2. — Photophone de Graham Bell.

faisceau lumineux les mouvements de la lame vibrante, se traduisent par une variation du courant électrique qui traverse les plaques de sélénium et dans les téléphones par des sons identiques à ceux qui ont produit le mouvement de la lame.

Les transformations de l'énergie de la matière nous conduisent donc à considérer tous les phénomènes comme des modalités de mouvements, accomplis entre les molécules, se traduisant, soit par un déplacement d'ensemble du corps, soit par des déplacements très petits accomplis à l'intérieur, dont la vue nous échappe, mais dont l'existence se révèle par des effets physiques, chaleur, lumière et électricité. C'est toujours une hypothèse, mais c'est un acheminement vers la solution du grand problème de la constitution de la matière; et nous devons considérer, comme un immense progrès accompli dans ces derniers temps, la découverte du principe de la conservation de l'énergie qui ramène tout au mouvement, et a fait bannir de la science tous ces fluides hypothétiques imponderables auxquels, en faisant une pétition de principe, on prêtait toutes sortes de propriétés nécessaires à l'explication des phénomènes observés.

L'observation du monde extérieur nous montre que tous les objets ne procurent pas à nos sens les mêmes sensations et c'est par les contrastes que nous les distinguons les uns des autres; nous reconnaissons aussi des degrés divers dans leur consistance et nous sommes ainsi amenés tout naturellement à distinguer trois *états* différents de la matière. Nous voyons une même substance affecter successivement ces diverses formes : l'état solide, liquide et gazeux, et

nous expliquons ces modifications par la mise en jeu des forces moléculaires. La matière peut donc se transformer et l'étude de ces transformations a conduit à la découverte de lois remarquables, à des expériences intéressantes et à des applications utiles, que nous nous proposons de passer en revue dans les chapitres qui vont suivre.

CHAPITRE II

Forces attractives et répulsives. — Dimensions des molécules. — Cohésion; elle s'exerce à une courte distance. — Porosité, dilatabilité. Compressibilité des corps solides. — État amorphe. Etat cristallin. — Malléabilité. Ductilité. Dureté. — Applications de la dureté du diamant. — Gravure sur verre. — Modifications des propriétés par un corps étranger. — Action de la chaleur. — Verre trempé. — Soufre mou. — Phosphore amorphe.

Un certain nombre de phénomènes sont dus à l'action de forces attractives et répulsives, s'exerçant entre les corps placés en présence; ces actions ont lieu à distance, et nous nous les représentons en supposant que ces forces, appliquées aux masses agissantes, sont dirigées, suivant la ligne qui les joint, vers les masses s'il y a attraction, et en sens contraire s'il y a répulsion.

Approchons, par exemple, un bâton de verre, électrisé par frottement sur un morceau de laine, d'une petite balle de liège ou d'une balle de moelle de sureau suspendue à l'extrémité d'un fil de soie, nous verrons la balle se diriger vers le bâton de verre, arriver au contact et être repoussée; un bâton de verre électrisé repousse cette balle, parce que l'un et l'autre sont chargés de la même électricité. De même deux aiguilles aimantées AB, placées en regard, manifestent un phénomène d'attraction si on présente à l'extrémité de l'une qui se dirige vers le nord celle de l'autre qui se dirige vers le sud, un phénomène

de répulsion si les extrémités se dirigeant toutes deux vers le nord ou toutes deux vers le sud sont mises en présence (fig. 3). Plusieurs aiguilles aimantées mobiles, placées en ligne, se dirigeront suivant une file dans laquelle les pôles de noms contraires se trouveront en regard. L'expérience des spectres ou fantômes magnétiques montre bien les figures d'équilibre de petits aimants soumis à l'action d'un barreau aimanté; au-dessous d'un écran, formé d'une feuille de papier ou de verre, on place un barreau aimanté et l'on saupoudre

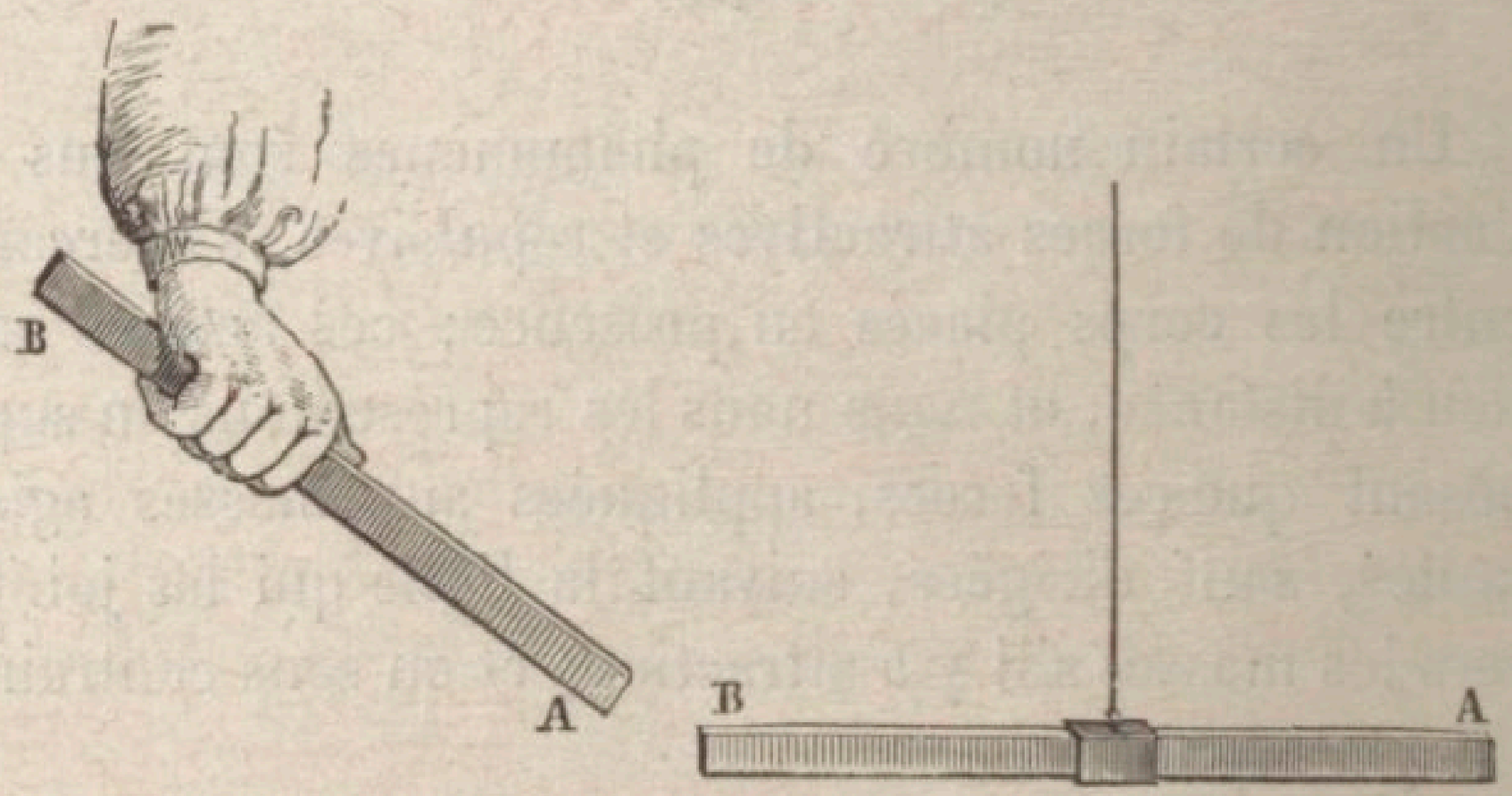


Fig. 3. — Attraction de deux barreaux aimantés.

l'écran de limaille de fer passée au tamis; quelques secousses légères imprimées à la limaille donnent lieu à la formation de petits filets qui se disposent suivant des lignes courbes passant par les extrémités *pp* des barreaux (fig. 4). Ces lignes, représentant les directions de la résultante des actions qui, en chaque point du champ magnétique, sollicitent les fragments de métal, ont été nommées par Faraday *lignes de force*. M. Sylvanus Thompson a appliqué ce même procédé à l'étude des actions réciproques de

deux courants électriques, de courants électriques et d'aimants, et il a indiqué un moyen simple et ingénieux d'en conserver une trace durable. La poudre métallique est appliquée sur une plaque de verre recouverte d'un enduit de gomme arabique ou de gélatine ; par un courant de vapeur d'eau on ramollit la couche qui, en se solidifiant, maintient en place

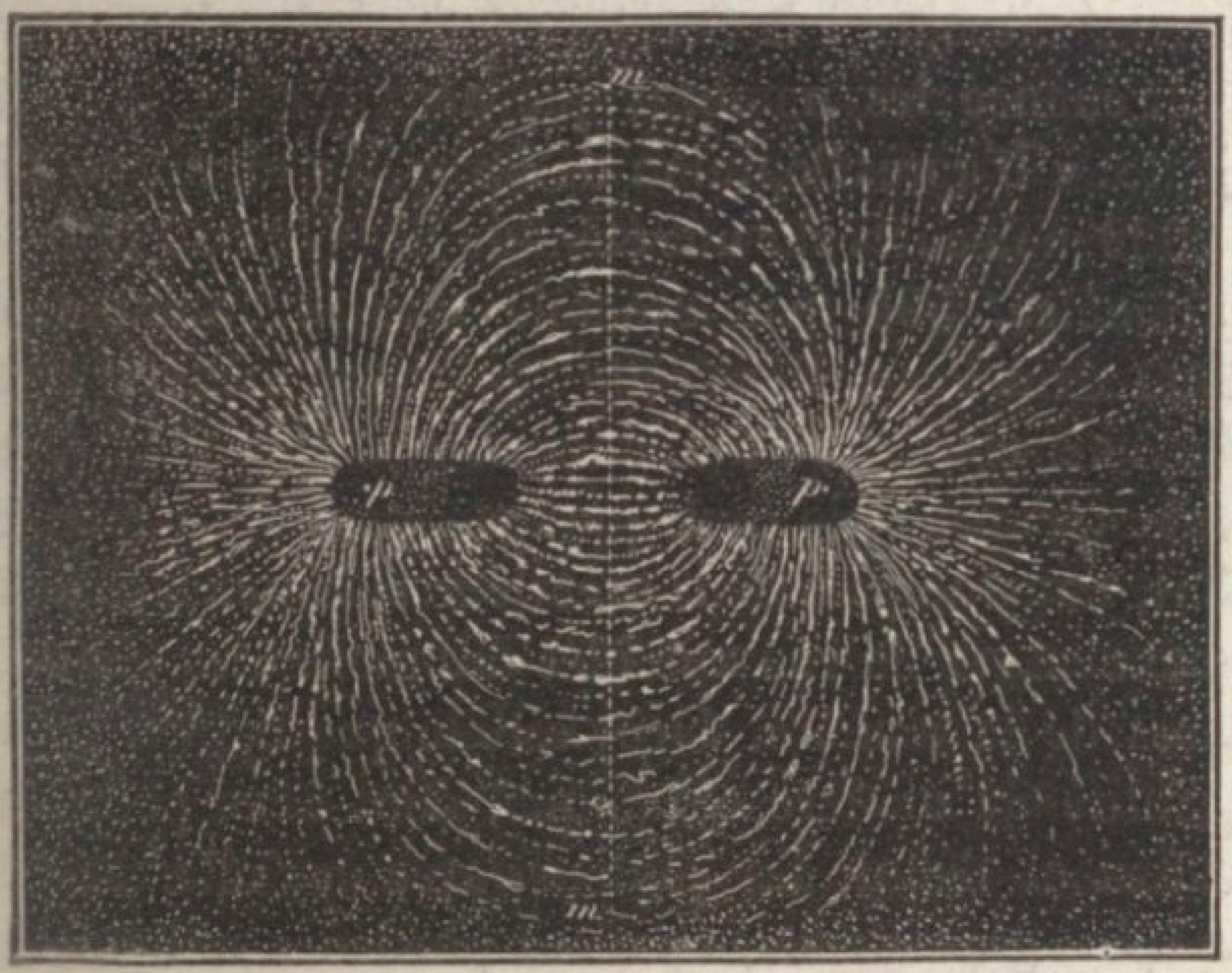


Fig. 4. — Fantôme magnétique.

les grains de limaille et conserve l'image du phénomène.

Entre les molécules des corps nous admettons qu'il s'exerce également des actions attractives et répulsives ; mais dans ce cas c'est entre des masses de dimensions très petites qu'agissent les forces. Quelle peut être la dimension des molécules? Nous ne pouvons évidemment pas l'apprécier par l'observation directe ; les

microscopes les plus puissants, qui nous permettent d'apercevoir sur le verre des lignes distantes de 1/2 250 000 de millimètre, ne peuvent pas nous donner la perception des molécules élémentaires. M. W. Thomson est arrivé par le calcul à cette conclusion que dans une goutte d'eau, ayant les dimensions du globe terrestre, chaque molécule aurait les dimensions d'un grain de plomb de chasse. M. John Lubbock, dans son dernier discours à la Société royale de Londres, après avoir énoncé les nombres que nous venons de citer, ajoute: « D'après l'opinion de Jorby, il y aurait de 500 à 2000 molécules sur une étendue de 1/2 000 000 de millimètre, 500 par exemple dans l'albumine et 2000 dans l'eau. Dans cette hypothèse, même si nous pouvions construire des microscopes bien plus puissants qu'aucun de ceux que nous possédons maintenant, nous ne pourrions avec leur aide nous faire directement par la vue une idée des molécules élémentaires de la matière. Jorby estime que la plus petite quantité de matière organique, dont nous puissions nettement définir les contours avec nos microscopes les plus grossissants, contient plusieurs millions de molécules d'albumine et d'eau, et il en conclut qu'il peut y avoir dans la structure des tissus organiques un nombre presque infini de caractères, que nous ne pouvons à présent imaginer. »

Dans les corps solides, offrant une forme par eux-mêmes, présentant au toucher une certaine résistance, nous admettons la prédominance des actions attractives et nous leur donnons le nom de *cohésion*. Les actions s'exercent à de très petites distances, car lorsque nous plaçons en regard deux corps solides nous ne voyons

aucune attraction se manifester. On peut cependant la constater en opérant avec quelques précautions pour assurer le plus grand rapprochement des surfaces de contact. Si on coupe une balle de plomb en deux, à l'aide d'un instrument bien tranchant, de façon à obtenir une section bien plane, on pourra, en rapprochant les deux parties, les faire adhérer l'une à l'autre. On se sert, dans le même but, de deux rondelles en glace doucie et bien aplanies, que l'on nomme plans de Magdebourg; on les presse l'une contre l'autre; il se produit une assez grande adhérence pour qu'on puisse y suspendre un poids assez lourd sans produire la séparation; la pression atmosphérique n'est pas la cause du phénomène, car il est possible de réaliser l'expérience en plaçant l'appareil dans le vide. Les fabricants de glace savent très bien que des glaces posées à plat l'une sur l'autre, sans qu'on les maintienne à distance à l'aide de bandelettes de papier, peuvent s'accoler à tel point qu'il devient impossible, au bout d'un certain temps, de les séparer. Un bouchon de verre, usé à l'émeri, s'adaptant exactement au goulot d'une bouteille s'attache quelquefois avec une telle force aux surfaces de contact qu'on éprouve une grande difficulté à l'enlever. L'interposition d'un corps étranger ne se combinant pas avec le verre permet d'éviter ces inconvénients; les robinets en verre notamment, que l'on emploie dans des appareils de chimie très fragiles, doivent être enduits d'un corps gras pour être manœuvrés avec facilité. Le rapprochement de parcelles très petites d'un corps, opéré à l'aide d'une forte presse, permet d'obtenir un bloc compact : c'est ainsi qu'on a préparé pendant long-

temps le graphite par un procédé imaginé par M. Brockedone, avant qu'on disposât du graphite découvert par M. Alibert dans les monts Ourals. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur une série de faits très intéressants se rapportant à ce sujet.

Les molécules des corps solides ne se touchent pas; les corps qui nous paraissent continus renferment en réalité dans leur intérieur des espaces libres, auxquels on a donné le nom de *pores*, que nous ne pouvons pas apercevoir à l'œil nu, car il n'y a aucun rapprochement à établir entre les pores et les cavités relativement énormes que l'on observe dans les corps désignés sous le nom de corps poreux. La porosité des corps solides donne l'explication de certains phénomènes; l'hydrophane, roche siliceuse opaque, devient transparente quand on la plonge dans l'eau; il se produit le même effet que lorsqu'on enduit un morceau de papier d'un corps gras. L'opacité est due à la réflexion de la lumière sur différentes parcelles du papier; mais l'interposition d'une substance qui empêche les réflexions de se produire permet à la lumière de traverser et produit par suite la transparence. M. Cailletet a fait sur la porosité des métaux des observations très intéressantes; un tube de fer, fermé à ses deux extrémités, fut aplati, puis introduit au milieu d'un fourneau allumé, et reprit sa forme primitive, ayant été gonflé par les gaz qui avaient pénétré à travers les pores. MM. Sainte-Claire Deville et Cailletet ont constaté que les gaz pouvaient passer à travers des tubes d'acier ou de platine chauffés au rouge. La figure 5 représente l'appareil dont ils se sont servis. On fait passer un courant d'hydrogène

à travers le tube de platine T et on ferme le robinet d'arrivée; à froid rien ne se produit, mais si l'on chauffe au rouge en préservant le platine du contact du charbon avec un tube de porcelaine, on voit le mercure s'élever dans le tube vertical et accuser un vide produit par la sortie du gaz.

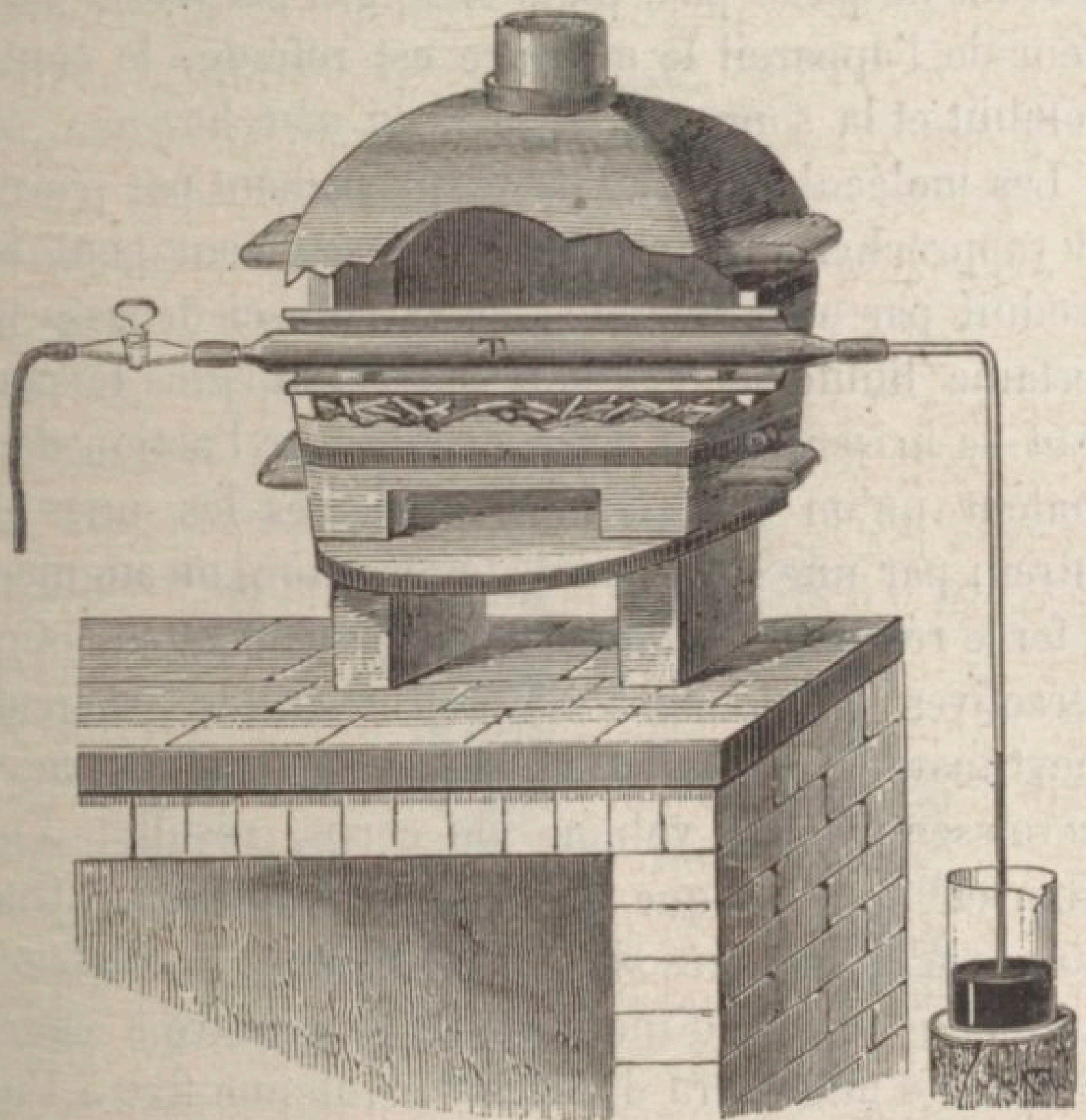


Fig. 5. — Passage des gaz à travers le platine chauffé.

Cette propriété a reçu son application dans la construction d'un appareil imaginé par M. Ansell, nommé *cherche-fuite* et destiné, comme son nom l'indique, à constater la présence du gaz d'éclairage dans l'atmosphère d'une salle. Il se compose d'une plaque de porcelaine fixée à la partie supérieure d'une coupelle

de fonte reliée, par un tube deux fois recourbé, à un tube de verre vertical. La partie recourbée renferme du mercure dont la surface libre est en regard d'un fil de platine; cet appareil est intercalé dans le circuit d'une pile aboutissant à une sonnerie électrique. Tant que le mercure ne touche pas le fil de platine, le courant ne passe pas, mais si le gaz pénètre à l'intérieur de l'appareil le mercure est refoulé, le contact s'établit et la sonnerie est mise en marche.

Les molécules des corps ne se touchant pas peuvent se rapprocher ou s'éloigner. L'écartement peut être produit par une traction, et si celle-ci dépasse une certaine limite, la cohésion n'agissant plus le corps peut se briser; mais c'est surtout par l'action de la chaleur qu'on éloigne les molécules les unes des autres; par une élévation de température on augmente la force répulsive et l'on diminue par suite les actions attractives qui tendent à rapprocher les particules constituantes; l'effet de la chaleur se traduit par un accroissement de volume du corps, résultat d'une propriété générale que l'on nomme *dilatabilité*. Quelques expériences très simples la mettent en évidence; qu'il nous suffise d'indiquer le pyromètre à cadran composé d'une barre de métal maintenue fixe à l'une de ses extrémités et s'appuyant par l'autre sur la courte branche d'un levier coudé. On chauffe cette barre au moyen d'un long réchaud à l'alcool et l'on voit immédiatement le levier se déplacer sur un cadran et accuser l'accroissement de longueur de la barre. Tous les corps ne se dilatent pas également quand on les chauffe; cette inégalité a donné lieu à quelques applications : on s'en sert pour main-

tenir constante la distance du centre de gravité du balancier d'une horloge pendant toutes les saisons; formé d'une tige unique de métal, un pendule s'allonge pendant l'été et produit un retard; en plaçant plusieurs tiges de laiton et de fer de façon que les unes se dilatent de haut en bas, les autres de bas en haut, on arrive au but que l'on se propose; cette disposition, souvent adoptée, constitue le pendule à gril. Une barre composée d'une lame de zinc et d'une lame de fer, soudées dans toute leur longueur, se courbe quand on la chauffe, le zinc, plus dilatable, produisant l'enroulement de la lame de fer; avec un pareil assemblage enroulé en spirale on peut construire un appareil thermométrique assez précis. On a pu voir dans la galerie d'électricité, à l'Exposition universelle de 1878, un avertisseur d'incendie fondé sur le même principe. Deux lames de métaux différents, zinc et cuivre par exemple, soudées par une de leurs extrémités, sont fixées par l'autre à une planchette sur laquelle est un bouton métallique relié à une pile (fig. 6). Le système des deux lames est relié à une sonnerie électrique par un fil

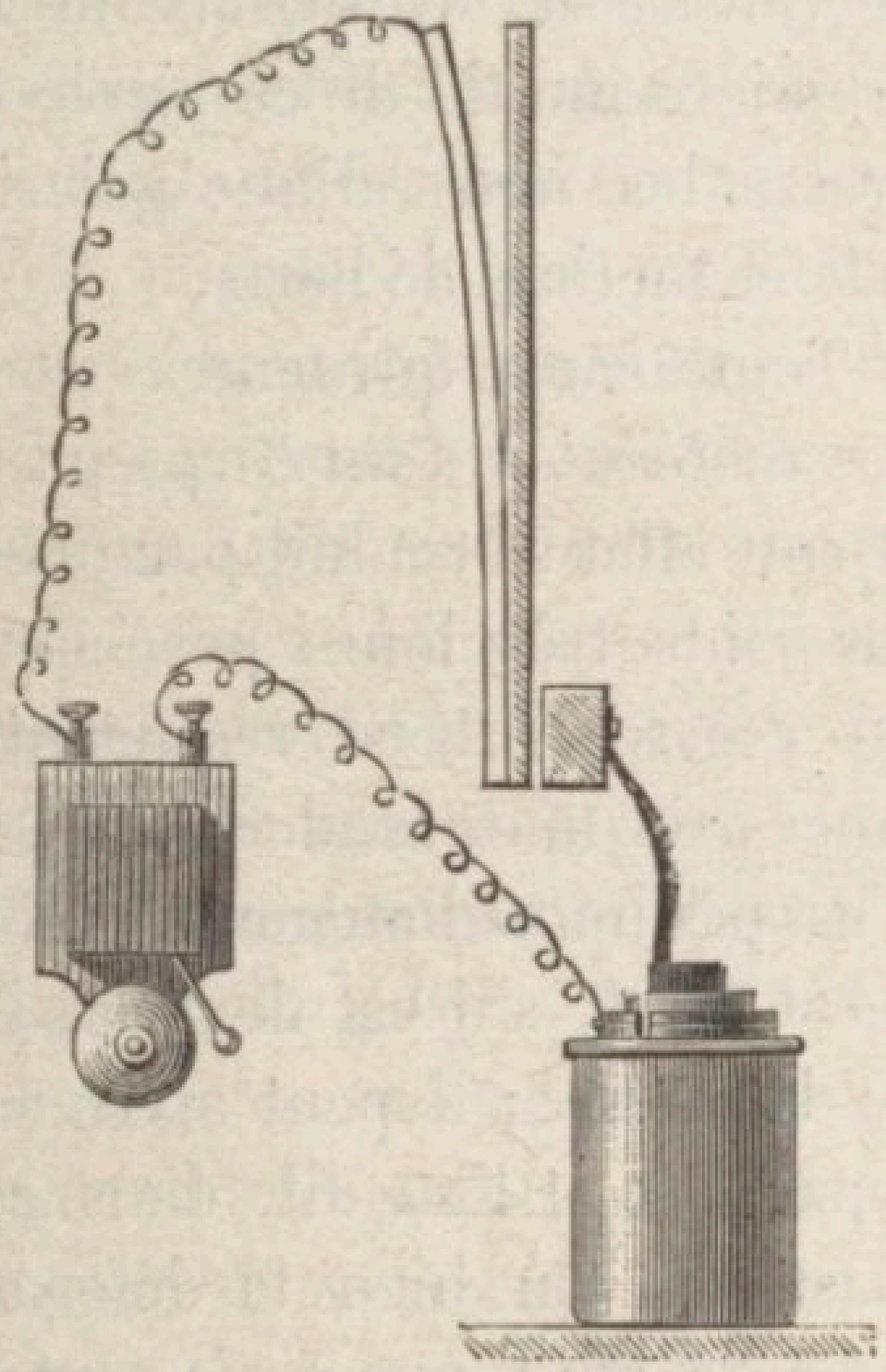


Fig. 6. — Avertisseur d'incendie.

qui retourne à la pile; une élévation de température produit la dilatation de la lame de zinc et amenant, à un moment donné, le contact avec le bouton, établit le courant qui fait partir la sonnerie.

Le retrait qu'éprouve un métal chauffé quand on le refroidit est capable d'exercer une énorme traction; on en tire parti pour produire le serrage des roues de voiture et de wagons de chemin de fer. Dans la première moitié de ce siècle on a, par ce moyen, redressé les murs d'une galerie du Conservatoire des arts et métiers de Paris.

Toute cause qui tend à produire un rapprochement des molécules d'un corps prend le nom de pression, et son effet se traduit par une diminution de volume. Un poids très lourd posé sur un objet peut produire un écrasement en réduisant l'épaisseur; un corps lancé avec une grande vitesse, rencontrant un obstacle, n'est pas immédiatement arrêté: si l'obstacle est fragile, il est brisé; s'il est flexible, il sera déformé par suite de la vitesse; il peut arriver que la forme primitive reparaisse et l'on dit, dans ce cas, que le corps est élastique, ou bien la déformation persistera si l'on a opéré avec un corps mou. Tel est le principe du *balancier* qu'emploient les graveurs et les estampeurs pour obtenir des moulages au moyen de métaux ou d'alliages convenablement choisis. C'est par la compression d'une lame de plomb, placée sous une épreuve photographique à la gélatine bichromatée, qu'on reproduit des gravures ou des tableaux à un très grand nombre d'exemplaires; le procédé imaginé par Woodbury, et perfectionné depuis, a reçu le nom de *photoglyptie*.

Dans les solides les molécules sont souvent disposées au hasard, la cassure du corps n'offre aucune particularité remarquable et les grains de poussière que nous obtenons ne nous paraissent présenter entre eux aucune ressemblance de forme; la structure est *amorphe*. Mais il arrive parfois que les molécules se disposent de façon à former des corps solides de forme géométrique déterminée, et chaque fragment de substance ressemble au corps entier; la structure est alors *cristalline*. La cristallisation est un travail lent, s'effectuant dans des circonstances sur lesquelles nous aurons à revenir, déterminant l'orientation des molécules. On a démontré que toutes les formes cristallines peuvent se ramener à six qui sont composées de prismes rectangulaires ou obliques, et définies par le rapport de grandeur des arêtes. En étudiant la propagation de la chaleur, la dilatation, les modifications qu'éprouve la lumière dans les cristaux, on a montré qu'elles ne sont pas les mêmes dans les différents sens, et l'on tire parti de ces propriétés dans un certain nombre d'appareils d'optique.

Le déplacement des molécules dans un corps qui n'est pas cassant peut être produit de plusieurs manières. Un métal qui s'amincit sous le choc du marteau est malléable; la *malléabilité* varie d'un métal à l'autre, et pour un même métal varie avec la température. L'or battu entre deux membranes de baudruche à l'aide d'un marteau à large panne donne des feuilles assez minces pour qu'on puisse apercevoir le jour au travers. Le zinc, cassant à froid, peut devenir malléable à une température voisine de 150°; au delà il est réduit en fragments par le choc.

Le laminoir, formé de deux cylindres métalliques à axes parallèles, est l'appareil employé pour réduire les métaux en feuilles; un des cylindres est mis en mouvement par une série d'engrenages et l'autre entraîné par le frottement quand le métal vient frotter entre les deux; avec des laminoirs de forme particulière on peut obtenir également des barres de formes diverses, par exemple les rails du chemin de fer (fig. 7).

La *ductilité* est la propriété que l'on utilise pour la réduction des métaux en fils de diamètres de plus

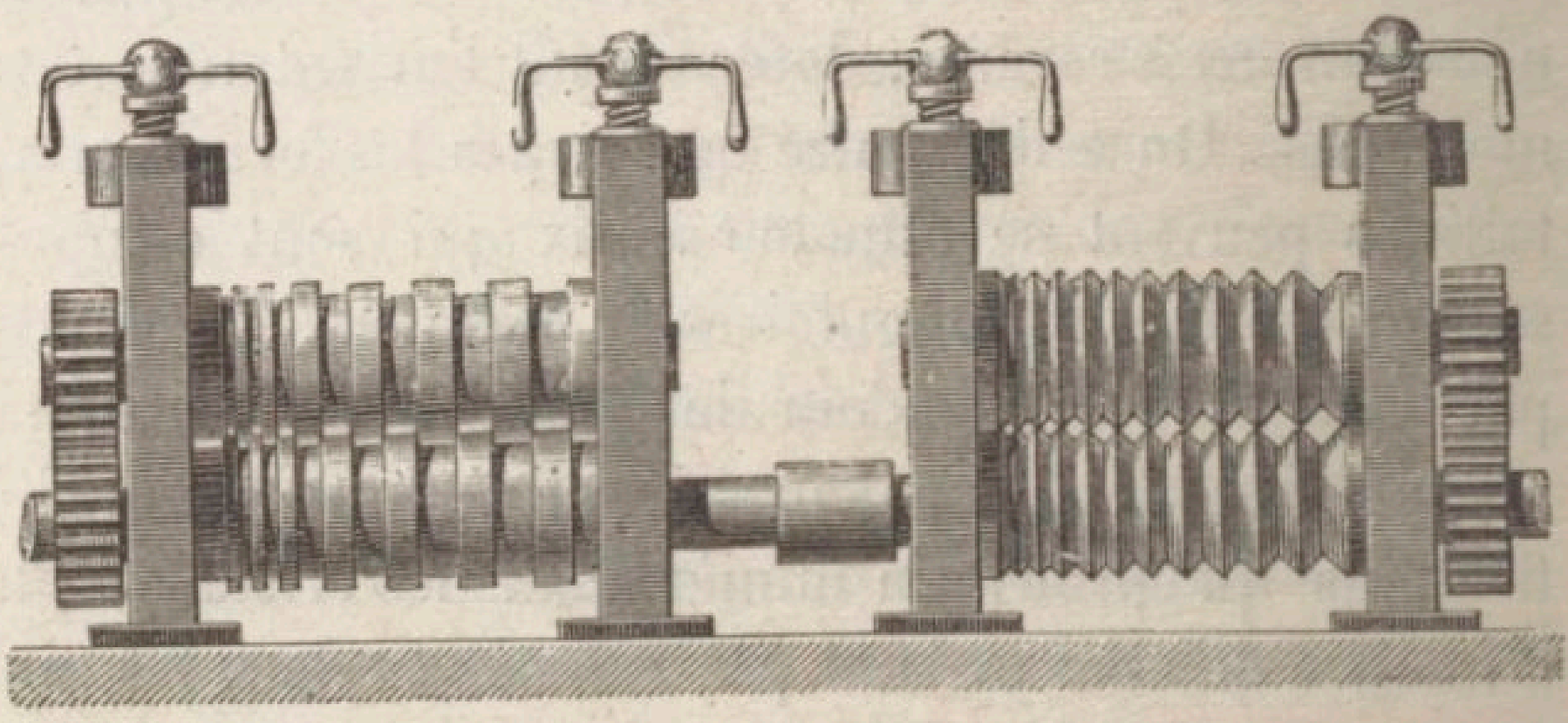


Fig. 7. — Laminoir.

en plus petits; on étire les métaux au moyen de filières qui sont formées de plaques d'acier percées d'orifices dont les diamètres vont en diminuant de l'un à l'autre. La plaque d'acier étant saisie dans des tenons ou maintenue dans un étau, on force le métal à passer par l'ouverture, soit en tirant avec de fortes pinces, soit en enroulant sur un tambour. En donnant aux orifices de la filière différents profils, il est possible d'obtenir des barres ou des tubes de formes diverses; on fabrique ainsi les tubes dont se servent les opticiens pour les longues-vues, jumelles, des

règles plates ou carrées en laiton employées pour les appareils de physique et différents usages.

Certains corps résistent au frottement et laissent difficilement entamer leur surface, tandis que d'autres sont, au contraire, faciles à rayer; la *dureté* d'un corps se mesure par la propriété qu'il a de rayer d'autres corps sans être rayé par eux. On ne peut pas exprimer la dureté d'une manière absolue, et l'on a coutume de l'établir par comparaison avec un certain nombre de corps bien connus qui sont les suivants, en allant du corps le plus tendre, au corps le plus dur : *Talc*, *gypse*, *spath d'Islande*, *spath fluor*, *phosphate de chaux*, *feldspath*, *cristal de roche*, *topaze*, *corindon*, *diamant*. Ce dernier corps est le plus dur de tous et ne peut être rayé que par sa propre poussière. La dureté du diamant est utilisée pour graver sur verre, polir les pierres fines; dans ces dernières années, deux ingénieurs MM. Pihet et Leschot l'ont employé au forage des trous de mine, et grâce à ce nouveau perforateur, on a pu mener activement les travaux de percement des tunnels du mont Cenis et du Saint-Gothard. Le perforateur est formé d'une bague en fer dans laquelle sont fixés quatre diamants communs ; animé d'une grande vitesse l'outil entame la roche, et au moyen d'un jet d'eau on empêche l'échauffement du métal en même temps qu'on se débarrasse des fragments détachés par l'outil.

Déjà MM. Bigot, Dumaine et Hermann avaient employé le diamant pour polir le granit et le porphyre le plus dur; c'est à eux que l'on doit l'urne funéraire de Napoléon aux Invalides et l'immense fontaine de granit qui orne les Champs-Élysées, en face du palais

de l'Industrie. *Le Moniteur* rendait ainsi compte de cette vaste entreprise : « Pour amener de Brest jusqu'à Paris la masse de granit pesant 25 000 kilos dans laquelle a été découpée, comme à l'emporte-pièce, la grande vasque de 3^m,40, que de peines! Pour traîner ce rocher de la carrière à laquelle la mine l'a arraché, pas de route; l'arsenal de Brest veut bien fournir les apparaux et, grâce à ce solide concours, cette difficulté est vaincue; mais le colosse une fois sur le bord de la mer, le capitaine de navire chargé de le transporter, hésite, on hésiterait à moins. Enfin il se décide et le conduit à Rouen; là, nouveaux ennuis pour le transporter sur le chaland. Il arrive à Paris; on l'amène jusqu'à la porte du chantier, elle est trop étroite, il faut abattre un pan de mur pour donner place à ce dé de Titans. Aucun obstacle n'a rebuté la volonté de M. Hermann, et prenant à parti son quartier de montagne, il est sorti victorieux de la tâche de géant qu'il s'est imposée. »

Pour user la surface des corps durs il faut, au frottement exercé par un autre corps dur, ajouter l'énergie développée par ce corps dur animé d'une grande vitesse; c'est ainsi qu'opèrent les couteliers et les armuriers à l'aide de meules de grès animées d'un mouvement de rotation. Les tailleurs de diamants et les lapidaires emploient des meules d'acier horizontales, sur lesquelles est un mélange d'huile avec de la poussière de diamant ou avec de l'émeri s'il s'agit de pierres fines, rubis, topaze, améthyste ou autres; dans les tailleries de diamant, les meules font jusqu'à 600 tours à la minute.

Un Américain, M. Tilghmann a, dans ces dernières

années, imaginé un nouveau procédé de gravure dans lequel il met à profit la force vive du sable entraîné par un courant d'air ou par de la vapeur d'eau. En quelques minutes il a pu trouer un bloc d'acier de quelques millimètres d'épaisseur; en deux heures une pierre, de dureté moyenne, peut être percée d'un trou

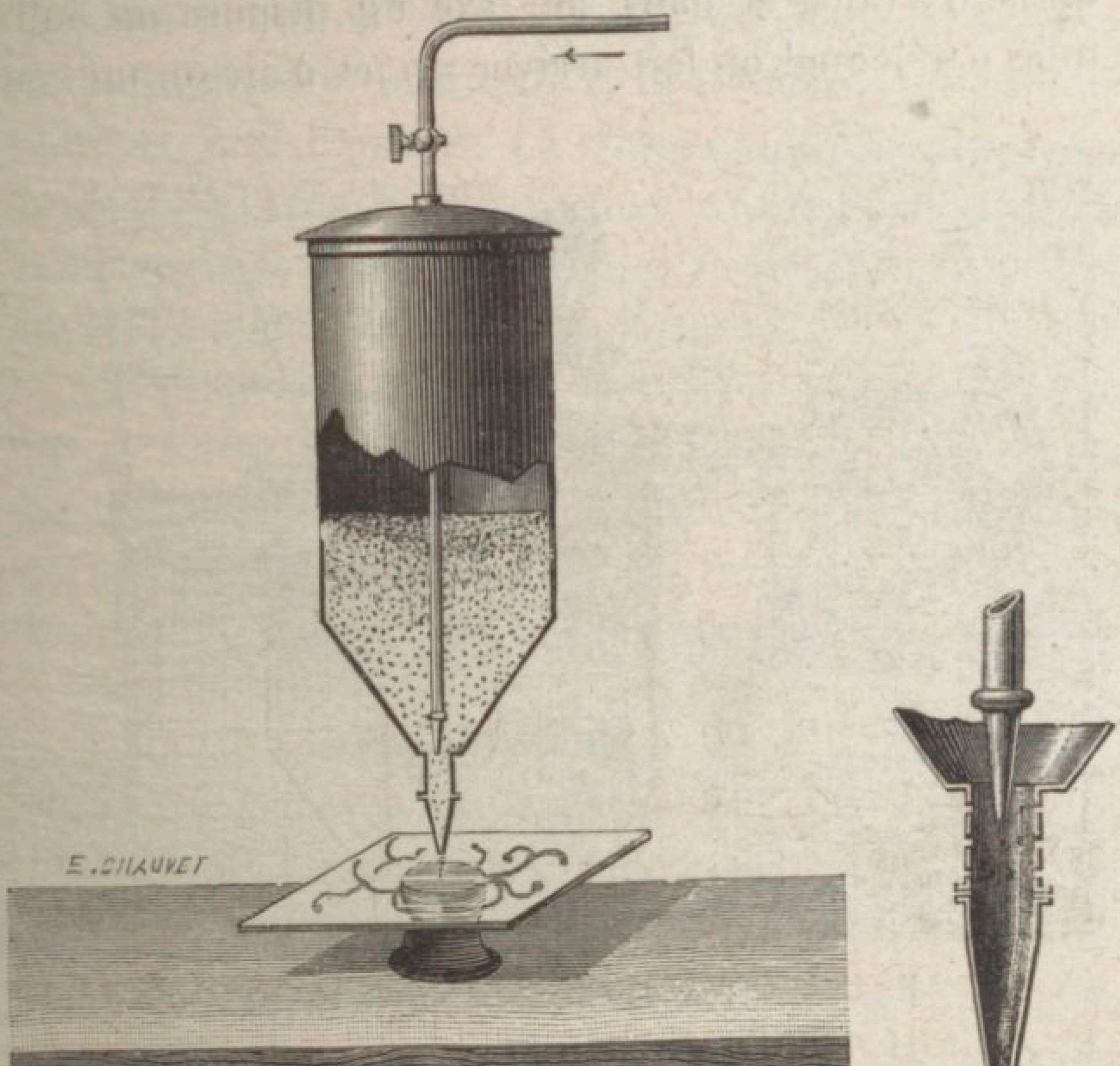


Fig. 8. — Appareil de M. Hervé Mangon pour la gravure sur verre.

de 4 centimètres de diamètre sur 80 centimètres de longueur. Pour graver sur verre on recouvre la plaque d'une substance molle, le papier par exemple, partout où on veut préserver de la gravure; les parties non recouvertes sont entamées par le jet de sable. En se servant d'un mélange de corindon et d'émeri en poudre

s'écoulant d'un réservoir par un tube de 2 mètres de long, M. F. Morse, de New-York, a obtenu des dessins d'une très grande finesse. M. Hervé Mangon a construit dans ce but une trémie renfermant du sable très sec, qui s'écoule d'une manière continue par un tube placé à la partie inférieure ; ce tube porte des ouvertures latérales et dans son axe est disposé un autre tube par lequel on fait arriver un jet d'air ou un cou-

Fig. 9. — Taille des limes au moyen du sable.

rant de vapeur d'eau ; le soufflet d'une lampe d'émailleur suffit pour la gravure sur verre (fig. 8).

Ce même procédé a été appliqué d'une manière avantageuse à la taille des limes (fig. 9) ; la lime maintenue dans une pince et animée d'un mouvement latéral de va-et-vient est poussée en avant et reçoit le jet d'un mélange d'eau et de sable, entraîné par un courant de vapeur d'eau, qui, par un tube incliné, retombe dans

un seau, après avoir produit son effet. En changeant l'inclinaison du tube de fer, on peut faire varier la quantité de sable introduite dans le courant d'eau et modifier l'action corrosive.

« Le nouveau procédé est très usité en Amérique ; de nombreux ateliers de Bridgeport, New-Haven, Hutford et autres villes manufacturières de la Nouvelle-Angleterre l'utilisent et le trouvent bien moins coûteux que l'ancien. La Compagnie Nicholson, fabricant de limes à Providence, a aussi fait un traité pour avoir le droit d'appliquer le procédé aux limes qu'elle confectionne. » (*La Nature.*)

Les propriétés que nous venons de passer en revue peuvent être modifiées par des causes très diverses, en particulier l'action de la chaleur et la présence d'un corps étranger. Nous avons déjà remarqué que le zinc, cassant à froid, devient malléable quand on le chauffe ; le fer, dur et aigre à la température ordinaire, peut facilement être travaillé au marteau quand il a été chauffé au feu de forge. Dans le travail du laminoir et de la filière les métaux éprouvent une modification dans l'arrangement des molécules qui les rend cassants, ils sont écrouis ; par la chaleur, ils perdent cette propriété et deviennent aptes à subir de nouvelles opérations.

L'addition d'un corps étranger change souvent la dureté, rend le métal cassant ; le fer contenant un autre métal, le manganèse, additionné de charbon en faible proportion devient l'acier que nous utilisons pour la fabrication des outils tranchants. Chauffé et brusquement refroidi l'acier se *trempe*, devient dur et cassant ; si on le réchauffe il devient élastique et sert

alors à faire les ressorts des pièces d'horlogerie. Le cuivre, qui est un métal mou, devient dur et sonore par l'addition d'étain; il se travaille facilement au burin et à la lime si l'on y ajoute du zinc; l'or et l'argent, mous à l'état de pureté, durcissent quand on les mélange au cuivre et donnent les alliages des orfèvres et ceux qu'on destine à la fabrication des monnaies. Tandis que l'acier durcit par la trempe d'autres alliages, celui des tamtams, par exemple, se ramollit et peut alors être travaillé au marteau.

Fig. 10. — Larme batavique.

Parmi les corps sur lesquels la trempe exerce des effets très remarquables, nous devons citer le verre, d'autant plus que, dans ces dernières années, grâce aux recherches actives et patientes de M. de la Bastie, l'industrie du verre trempé s'est beaucoup perfectionnée et donne des produits jouissant de propriétés très précieuses. On avait depuis longtemps fabriqué, dans les verreries, des gouttes de verre trempé qu'on désignait sous le nom de *larmes bataviques* et de petites fioles qu'on nommait *fioles de Bologne*. Les larmes bataviques, obtenues en coulant du verre très chaud dans une masse d'eau froide, présentent la forme d'une poire très allongée; mises sur une enclume et soumises au choc du marteau elles ne se brisent pas, mais si l'on rompt la queue à l'aide d'une pince elles volent en éclats et sont réduites à l'état de poussière très fine. La rupture est si brusque que si l'on place la larme dans un verre rempli d'eau

celui-ci est brisé par le choc. On expliquait ces faits en admettant que les molécules intérieures étaient dans un état d'équilibre forcé dû à la contraction de la couche superficielle. M. de Luynes a montré qu'on pouvait user une larme batavique par sa large base sans la briser; tandis qu'en frottant sur une meule la partie allongée, lorsqu'on atteint un certain point la rupture a lieu; en maintenant la larme dans une masse de plâtre il a pu observer ce qui se passe et a reconnu l'existence de couches successives, se raccordant en un point situé à la naissance du col. Cet arrangement a été mis en évidence par M. Mascart; en éclairant convenablement une larme batavique placée dans l'essence de térébenthine, il a observé des couches parallèles à la surface alternativement brillantes et obscures.

Le verre trempé peut résister aux chocs et aux variations de température; un objet de verre trempé peut tomber sans se briser; on peut, dans un vase de cette substance fondre du plomb et faire cuire des aliments; enfin on a démontré qu'il résiste mieux à la flexion que le verre ordinaire; on a placé des gobelets en verre trempé et en verre ordinaire dans un panier à salade, ceux-ci ont été cassés tandis que les autres ont parfaitement résisté. La préparation consiste à chauffer le verre, également dans toutes ses parties, à le plonger chaud dans un bain d'huile ou de graisse fondue et à le laisser refroidir à la température de 40°; après cela on le porte dans une étuve à 70°, dans un bain de soude caustique à 60°, on lave ensuite dans de l'eau à 50° et finalement dans de l'eau à la température ordinaire.

Malgré les perfectionnements apportés à la fabrication du verre trempé, beaucoup de personnes hésitent encore à l'adopter dans les usages domestiques, à cause des accidents auxquels pourraient donner lieu la rupture des vases pour des causes fortuites. Le *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville rapportait, en 1878, le fait suivant :

« Une capsule en verre durci, de moyenne grandeur, était employée dans le laboratoire de M. Fournier, à Marseille. Cette capsule fut chauffée graduellement sur un fourneau à gaz, jusqu'à 110°, et maintenue à cette température jusqu'à ce que les corps gras qu'elle contenait eussent cessé de bouillonner : on laissa refroidir la capsule et on la porta sur le plateau d'une balance très propre. Dès qu'elle eut touché le métal, elle se brisa avec explosion en projetant au loin son contenu.

« Les fragments ramassés avaient la forme d'aiguilles de 2 à 3 millimètres de largeur, sur 60 à 70 de longueur. Quelques débris du fond étaient un peu plus grands, mais sans dépasser quelques centimètres carrés. Le préparateur en fut quitte pour quelques brûlures ; mais on juge de ce qui aurait pu arriver si l'on eût opéré avec des acides. »

Le verre trempé ne peut être ni soumis à la gravure, ni coupé au diamant sans voler en éclats, ce qui limite les emplois d'une substance aussi remarquable à d'autres points de vue.

La modification des propriétés d'une substance se manifeste encore d'une manière plus saillante quand on soumet le soufre ou le phosphore à l'action de la chaleur. Du soufre fondu à une température voisine

de 400° brusquement refroidi, en le projetant dans l'eau, reste mou et se présente sous forme de fils analogues à ceux que l'on obtient avec le caoutchouc ; abandonné à lui-même, ou chauffé dans l'eau bouillante, le soufre mou repasse à l'état de soufre ordinaire.

Plus profonde est la transformation du phosphore chauffé. Maintenu en vase clos à la température de 250°, il devient rouge, infusible à une basse température; tandis que le phosphore ordinaire est très inflammable et ne peut être conservé que sous l'eau, le phosphore rouge ne s'enflamme qu'à 250° ; enfin poison violent à l'état de phosphore blanc, il devient inoffensif quand il passe à l'état de phosphore rouge. Cette modification, que l'on nomme allotropique, permet d'étendre les applications du phosphore en supprimant les inconvénients fâcheux qui pouvaient résulter du maniement de cette substance. La fabrication s'effectue en grand dans les usines de M. Coignet, de Lyon, à l'aide d'un appareil récemment perfectionné; le phosphore ordinaire est chauffé dans une marmite en fonte portant un couvercle muni d'un tube à travers lequel peut se dégager la vapeur qui brûle à l'extérieur. Des thermomètres plongés dans des tubes traversant le couvercle donnent la température, qu'on maintient constante en réglant l'arrivée de l'air dans le fourneau à coke.

Il est donc permis d'admettre que les propriétés des corps solides sont en rapport avec l'arrangement des molécules, lequel dépend de la chaleur que renferme la substance, et l'industrie tire souvent parti de l'étude théorique des transformations qui peuvent résulter d'une variation de température.

CHAPITRE III

Définition de l'état liquide. — Transmission des pressions. — Équilibre dans les vases communiquants. — Faits en désaccord avec ce principe. — Actions capillaires. — Propriétés des lames liquides. — Tension superficielle. — Applications de la tension superficielle. — Expériences de M. Plateau. — Phénomènes électro-capillaires. — Diffusion des liquides. — Dialyse. — Applications industrielles.

On range sous le nom général de corps liquides ceux qui ont la propriété de couler, c'est-à-dire qui, abandonnés à eux-mêmes sur une pente, obéissent à l'action de la pesanteur, de sorte que les particules se déplacent jusqu'à ce que la surface libre soit perpendiculaire à la direction du fil à plomb. Dans ce cas seulement le liquide est en repos et l'expérience permet de reconnaître qu'une massse liquide immobile satisfait à cette condition. On se base pour cela sur ce qu'un objet donne, dans un miroir plan, une image symétrique de l'objet par rapport à ce miroir. On fait plonger dans un liquide coloré un corps pesant suspendu à l'extrémité d'un fil, et l'on constate que l'image observée est en prolongement, ce qui n'a lieu que dans le cas où le fil à plomb est perpendiculaire à la surface. Pour expliquer la mobilité des molécules, en vertu de laquelle le liquide prend telle forme qu'on veut lui donner, en le mettant dans un vase quelconque, et se rendre compte de la constance du volume, on admet que, dans les corps qui affectent cet état, en chaque point agissent deux forces : l'une

attractive et l'autre répulsive, qui se font mutuellement équilibre, d'où résulte que partout la distribution des molécules est la même. Cette égale répartition n'a lieu toutefois que dans le cas où la masse liquide n'a pas une trop grande hauteur, car au fond d'un lac, à une assez grande profondeur dans la mer, il y a rapprochement par suite de la pression des tranches supérieures sur les tranches inférieures. Quand on exerce une pression sur un corps solide, il y a, dans le voisinage des points où l'on a agi, rapprochement des particules et par suite accroissement de la densité, mais à une certaine distance la constitution n'a pas varié; il est facile de s'en rendre compte en observant, par exemple, que l'empreinte du nom du fabricant sur une lame d'outil tranchant n'a produit aucune modification sur le revers. Dans les liquides il n'en est plus de même; qu'on rapproche les molécules en un point, partout nous pourrions observer le même effet s'il nous était permis de voir ce qui se passe dans ce monde d'infiniment petits, que nous supposons exister et que nous appelons atomes de la matière. Cette conception théorique se traduit par le principe de la *transmission des pressions* énoncé par Pascal, que l'observation directe ne peut pas vérifier, mais qui se trouve démontré par les conséquences et les applications. Les pressions transmises par un liquide sont proportionnelles aux surfaces pressées et les mêmes dans tous les sens; tel est ce principe, dont la presse hydraulique, les grues hydrauliques et les ascenseurs sont la conséquence pratique. La presse hydraulique rend tous les jours d'immenses services à l'industrie, elle est assez con-

nue pour que nous nous dispensions d'en donner ici une description détaillée; nous voulons seulement signaler une modification apportée à cet appareil par un constructeur, M. Desgoffe, et utilisée dans un appareil, dont nous aurons à parler plus tard, employé par M. Cailletet pour la liquéfaction des gaz. Dans le grand corps de pompe de la presse hydraulique s'engage latéralement un piston creux portant un écrou qui s'adapte sur une tige à vis dont la tête est maintenue entre des colliers et qu'on peut faire tourner à l'aide d'une roue munie de poignées sur la circonférence. Le mouvement de rotation de cette roue déplace le piston en avant ou en arrière; après avoir fait jouer la pompe de la presse, on produit avec ce piston l'ascension du cylindre compresseur, ce qui augmente considérablement la puissance de l'appareil.

Du principe de Pascal on déduit comme conséquence l'égalité de niveau d'un même liquide placé dans une série de vases communiquants, et l'on en tire parti dans un très grand nombre de cas. Les puits stagnants, les puits jaillissants, les sources, la distribution de l'eau dans les villes à l'aide de réservoirs placés sur un plateau élevé sont des applications de ce fait. Cependant cela n'est vrai que dans le cas où les vases, qui sont reliés les uns aux autres, ont même diamètre et que les dimensions des surfaces libres sont assez considérables; quand on considère des vases communiquants de diamètre assez restreint, les lois de l'équilibre des liquides se trouvent en défaut. On avait observé, depuis longtemps, que si l'on plonge un tube de verre très étroit dans de l'eau, le niveau s'élève à l'intérieur au-dessus de la surface extérieure ;

si l'on prend un appareil formé de tubes verticaux de diamètres inégaux reliés par leur base et qu'on place différents liquides dans ces tubes on constate qu'il n'y a plus égalité de niveau (fig. 11). Avec l'eau le niveau est plus élevé, tandis qu'avec le mercure il est plus bas dans le petit tube que dans le grand. Tout d'abord ces effets furent observés dans des tubes très fins, et pour ce motif on désigna sous le nom général de *capillarité* la cause qui les produisait. On

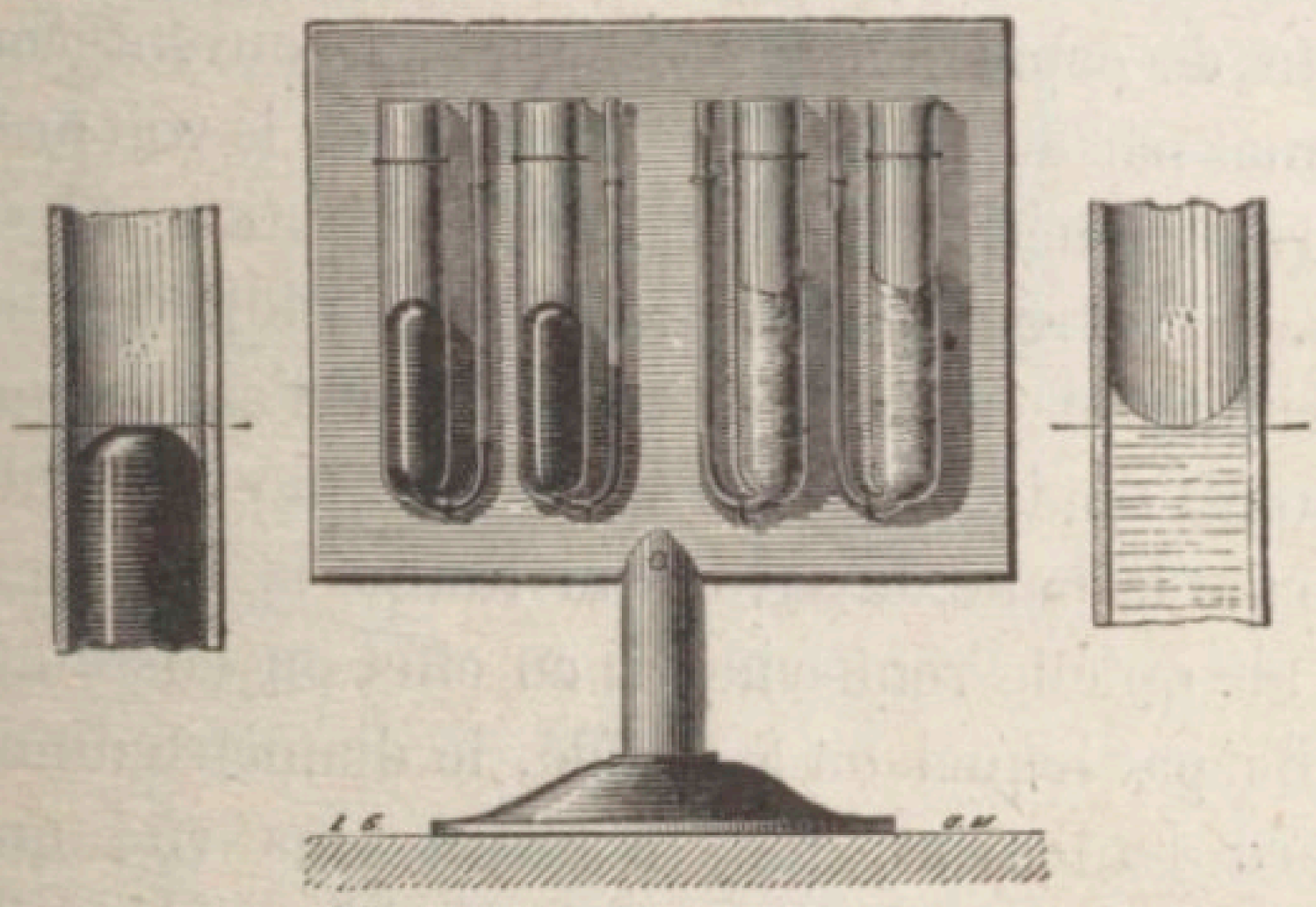


Fig. 11. — Appareil de tubes capillaires.

observa plus tard que la même chose a lieu le long des parois des vases; la surface du liquide se relève en général dans le voisinage d'un corps solide, tandis qu'elle s'abaisse si le liquide est du mercure. L'étude de cette classe des phénomènes a été reprise dans ces derniers temps, et l'on a montré que, toutes les fois que les molécules d'un liquide ne sont pas entourées de molécules identiques, c'est-à-dire dans le voisinage de la surface libre ou au contact d'un autre corps, les forces attractives ou répulsives n'étant plus

équilibrées entrent en jeu et peuvent acquérir une très grande valeur.

On admet généralement aujourd'hui une théorie, proposée d'abord par Thomas Young, et reprise dans ces derniers temps par plusieurs physiciens, entre autres M. Van der Mensbrugghe, qui résulte de la comparaison des propriétés de la surface libre d'un liquide avec celles d'une membrane élastique mince. Quelques exemples nous serviront à mieux justifier cette manière de voir. En soufflant dans un de ces petits ballons de caoutchouc, — employés souvent comme réclames par de grands magasins, — on le voit prendre la forme sphérique; avec une dissolution de savon placée à l'extrémité d'un tube on produit des bulles sphériques de savon; de même que l'enveloppe du ballon est tendue et presse sur le gaz qui y est contenu, de même la lame de savon qui limite la bulle presse sur l'air qu'elle renferme; si en effet on laisse ouvert le tube par lequel on a soufflé, le diamètre diminue, d'abord lentement, puis d'autant plus vite que la balle est devenue plus petite. M. Plateau a indiqué un moyen de soustraire un liquide à l'action de la pesanteur et d'étudier les formes qu'il prend sous l'influence des actions moléculaires. On prépare un mélange d'alcool et d'eau ayant une densité égale à celle de l'huile d'olives et l'on y plonge une pipette remplie d'huile; au milieu du mélange flotte une goutte liquide qui prend la forme sphérique; à mesure que le diamètre augmente de nouvelles molécules arrivent des couches intérieures à la surface. A l'aide de petites charpentes métalliques on peut forcer la goutte à changer de forme et l'on reconnaît

que la surface extérieure offre une figure satisfaisant à certaines lois établies par la théorie. Placée entre deux anneaux en fil de fer et soumise à une traction, cette goutte devient d'abord cylindrique, puis affecte une forme telle que la coupe suivant l'axe est une courbe semblable à celle que décrit une corde pesante et flexible fixée par ses deux extrémités. Si

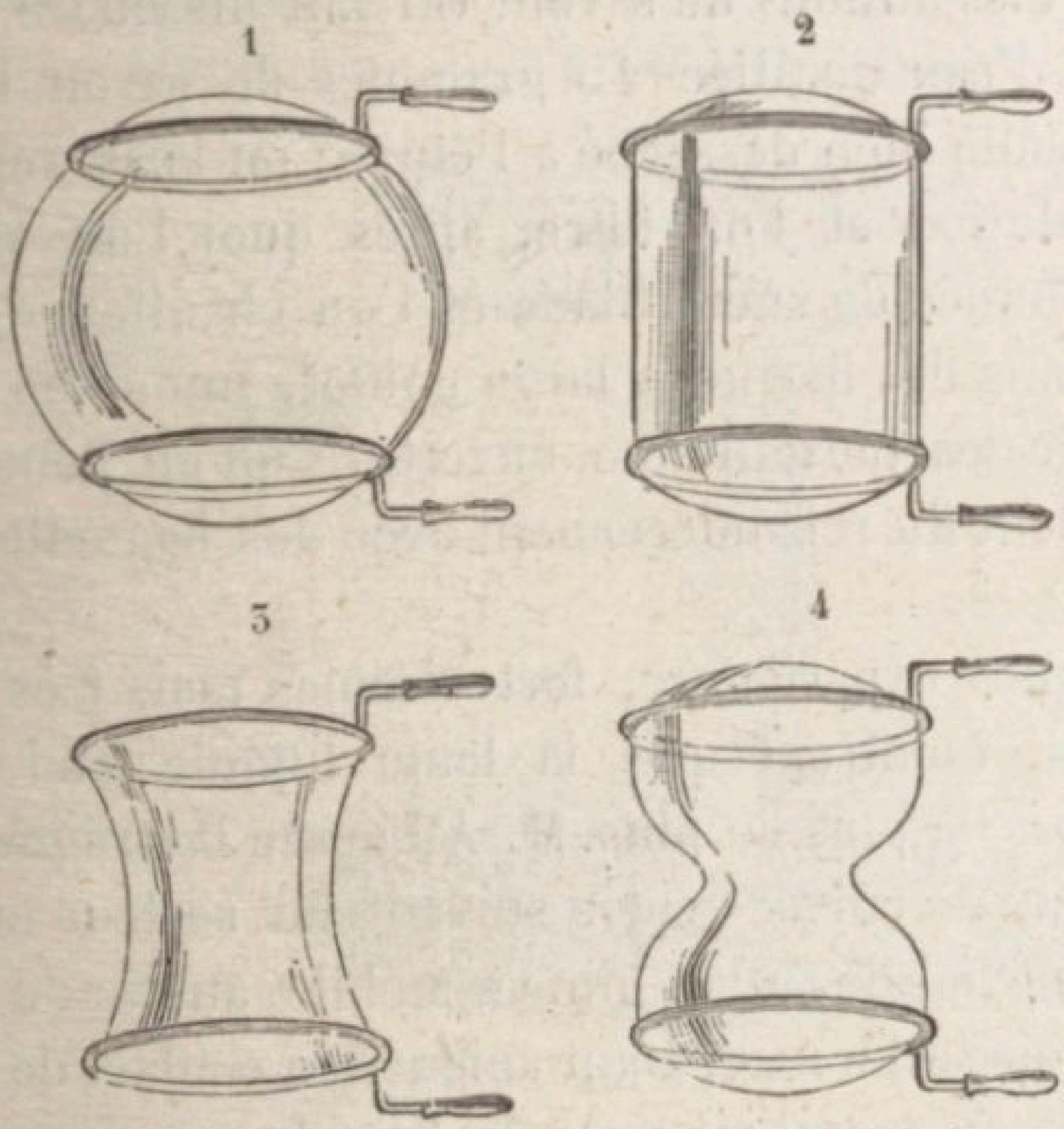


Fig. 12. — Formes successives d'une goutte soumise à une traction.

on écarte les deux anneaux de plus en plus la goutte se creuse en son milieu (fig. 12) ; finalement elle se coupe en deux et l'on observe entre les deux portions une autre petite goutte comme celle qu'a observée Savart dans la veine liquide.

Une lame de savon peut être considérée comme une couche de liquide limitée par deux surfaces extérieures et se prête bien à l'étude des phénomènes

capillaires. Pour conserver longtemps les membranes liquides, on ajoute de la glycérine ou du sucre qui empêchent l'évaporation. M. Terquem, professeur à la Faculté des sciences de Lille, qui s'est beaucoup occupé de ce sujet et auquel nous empruntons quelques-uns des faits que nous rapportons ici, a indiqué les précautions à prendre pour obtenir de bonnes dissolutions de savon. On fait dissoudre dans 1 litre d'eau distillée 15 grammes de savon blanc de Marseille bien desséché à l'étuve ; on laisse reposer la dissolution et l'on filtre, après quoi l'on ajoute 300 grammes de sucre blanc et l'on chauffe au bain-marie dans des flacons à large goulot, munis de bouchons ficelés portant une ouverture qu'on bouchera au moment du refroidissement avec des baguettes de verre.

Quelques expériences, fort simples mais très instructives, montrent que la lame liquide tend à se contracter de plus en plus. M. Athanase Dupré prenait une lame de cuivre évidée suivant un secteur circulaire ; une tige de cuivre mince, mobile, autour du centre de la circonférence, étant amenée au contact de l'un des côtés on mouillait avec le liquide savonneux et on écartait la tige qui, abandonnée à elle-même, revenait vers son point de départ par suite de la contraction de la lame liquide (fig. 13). On plonge un entonnoir de verre dans le liquide glycérique, il se forme une lame liquide adhérant aux bords de l'entonnoir : cette lame s'avance vers sa partie effilée si l'orifice de l'entonnoir est ouvert et se bombe du côté de l'ouverture ; l'orifice étant bouché avec le doigt, la lame s'arrête par suite de la pression qu'exerce l'air em-

prisonné, mais la convexité se produit vers la partie évasée de l'entonnoir. En portant son attention sur ces faits on arrive à cette conclusion qu'une lame liquide convexe exerce une pression au-dessous d'elle, tandis qu'une lame concave au contraire peut produire une traction, et l'on comprend alors pourquoi, à une dépression du liquide dans un tube étroit, dans le cas du mercure par exemple, correspond une surface convexe tandis qu'à une ascension, que nous obser-

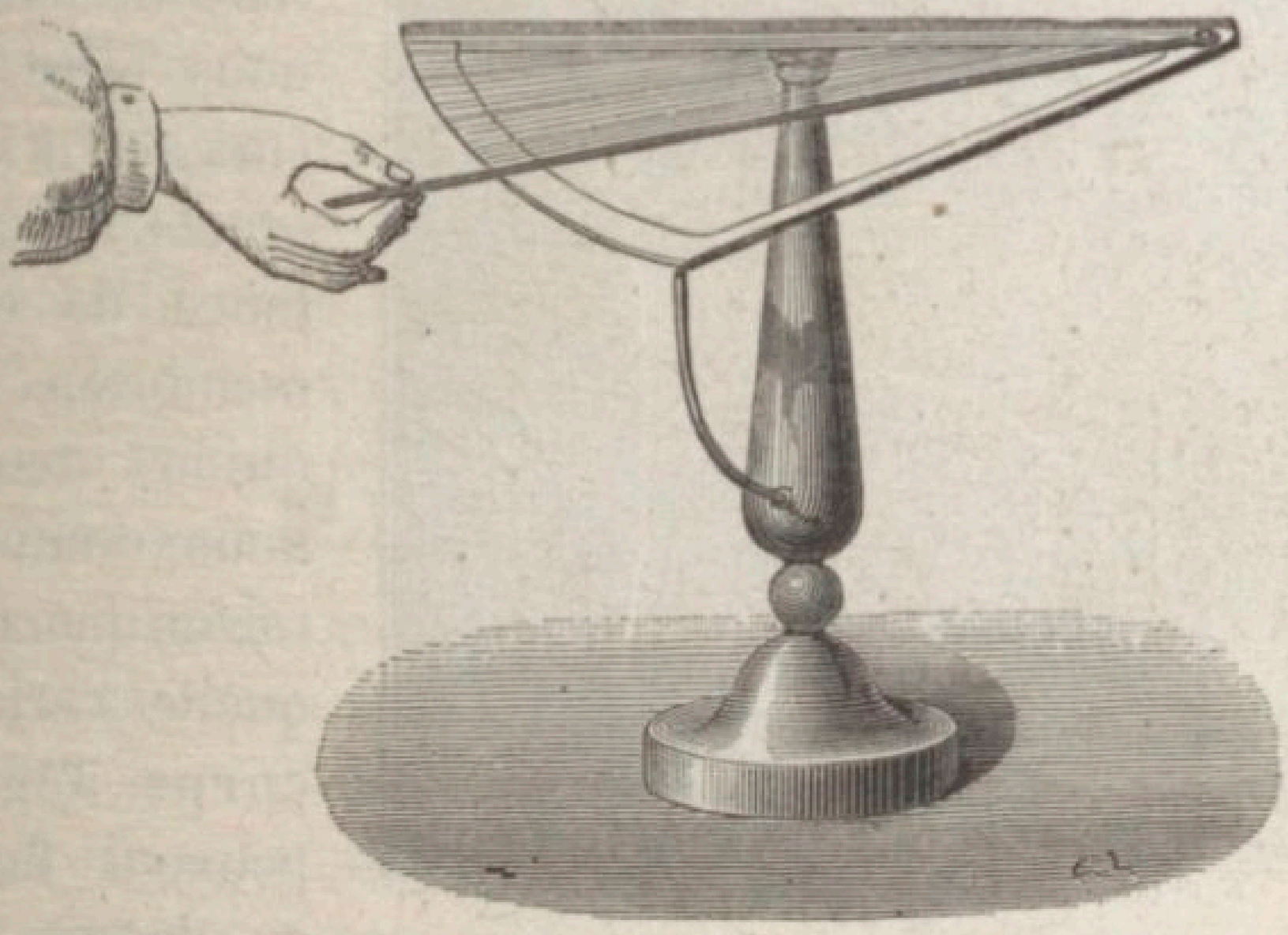


Fig. 13. — Expérience d'Athanase Dupré.

vons avec l'eau dans un tube capillaire, correspond une surface concave.

M. Terquem démontre la contractilité d'une lame de savon par l'expérience suivante : Deux baguettes de verre sont reliées par des fils et ceux-ci sont réunis par un troisième fil auquel on en attache un autre qui permet d'exercer une traction. Ce cadre est plongé dans une cuvette contenant le liquide saponique, on le retire lentement, il se forme une lame qui, tirant

sur les cotés flexibles du cadre, leur donne la forme d'arcs de cercle (fig. 14). Le fil transversal adhère à cette lame et prend une forme quelconque ; mais si on vient à crever la lame dans la partie inférieure, ce dernier fil prend également la forme circulaire, la surface liquide tendant à prendre la plus petite étendue limitée par le contour extérieur. En tirant sur le fil on force la lame à se courber et on la voit prendre une forme dont une selle de cheval nous offre une image assez exacte. L'existence de cette membrane liquide tendue nous donne la raison pour laquelle certains corps légers peuvent flotter au-dessus de l'eau sans être mouillés, pourquoi l'araignée d'eau peut marcher sur la surface d'une rivière ou d'un bassin. Le mercure se recouvre facilement de poussière qui en ternissent la surface. Si l'on enfonce une baguette de verre on voit ces grains de poussière, entraînés sur la couche superficielle, s'écarter de plus en plus, de même que l'on voit le dessin tracé sur des ballons de caoutchouc transparents s'agrandir quand on insuffle de l'air ou un autre gaz.

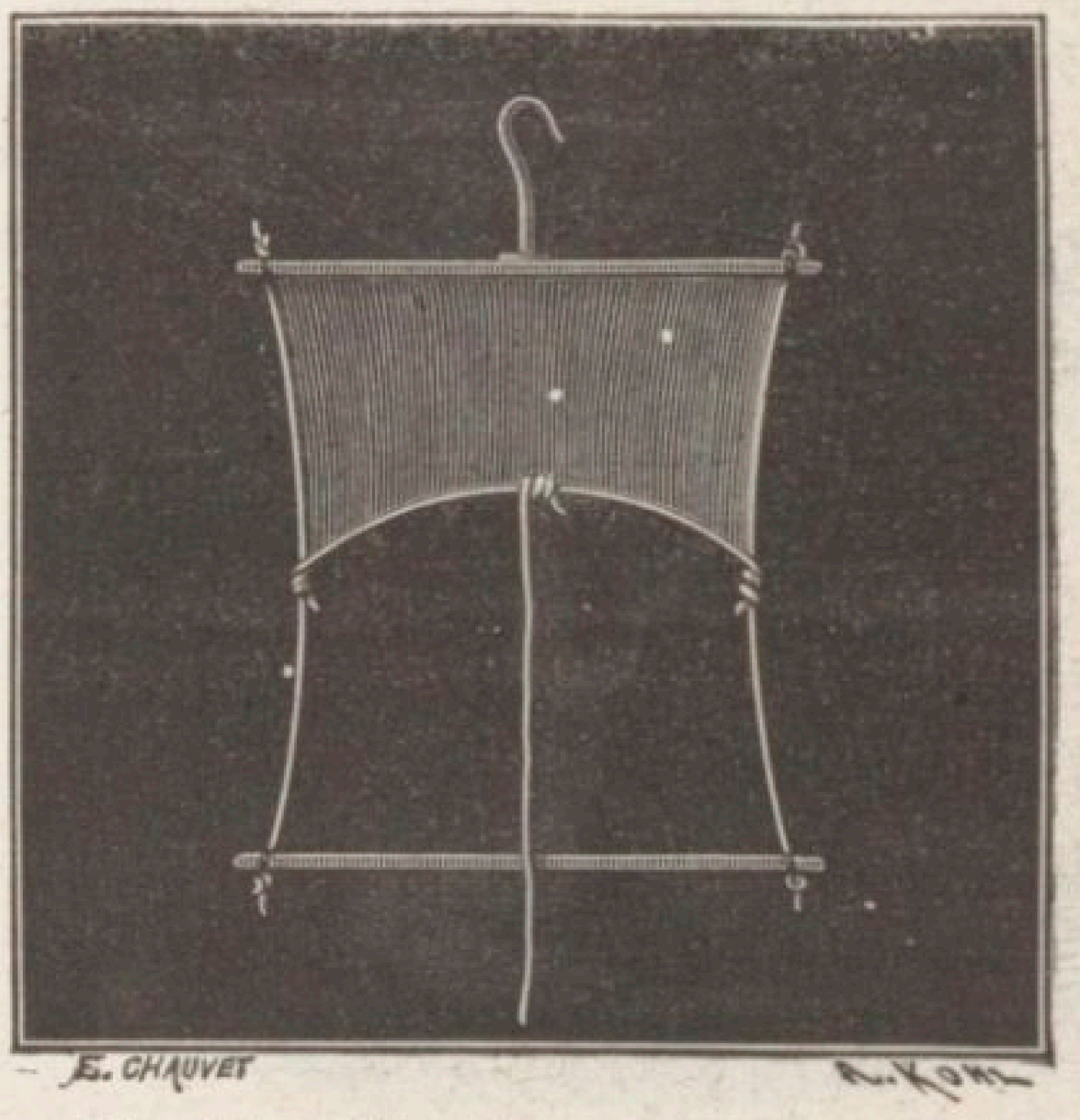


Fig. 14. — Expérience de M. Terquem.

Remarquons en passant que les lithographes ont tiré parti de cette propriété pour obtenir des reproductions, agrandies ou diminuées, d'un dessin ou d'une épreuve quelconque. Pour cela ils fixent sur un châssis dont les quatre côtés sont mobiles, les bords d'une feuille de caoutchouc ; sur un enduit convenable, qui puisse s'étendre ou se rétrécir sans se fendiller, ils impriment ce qu'ils veulent reproduire ; après avoir tendu la feuille de caoutchouc, de façon à donner à l'épreuve la dimension voulue, ils l'appliquent sur une pierre lithographique qui, après la pression, retient l'encre.

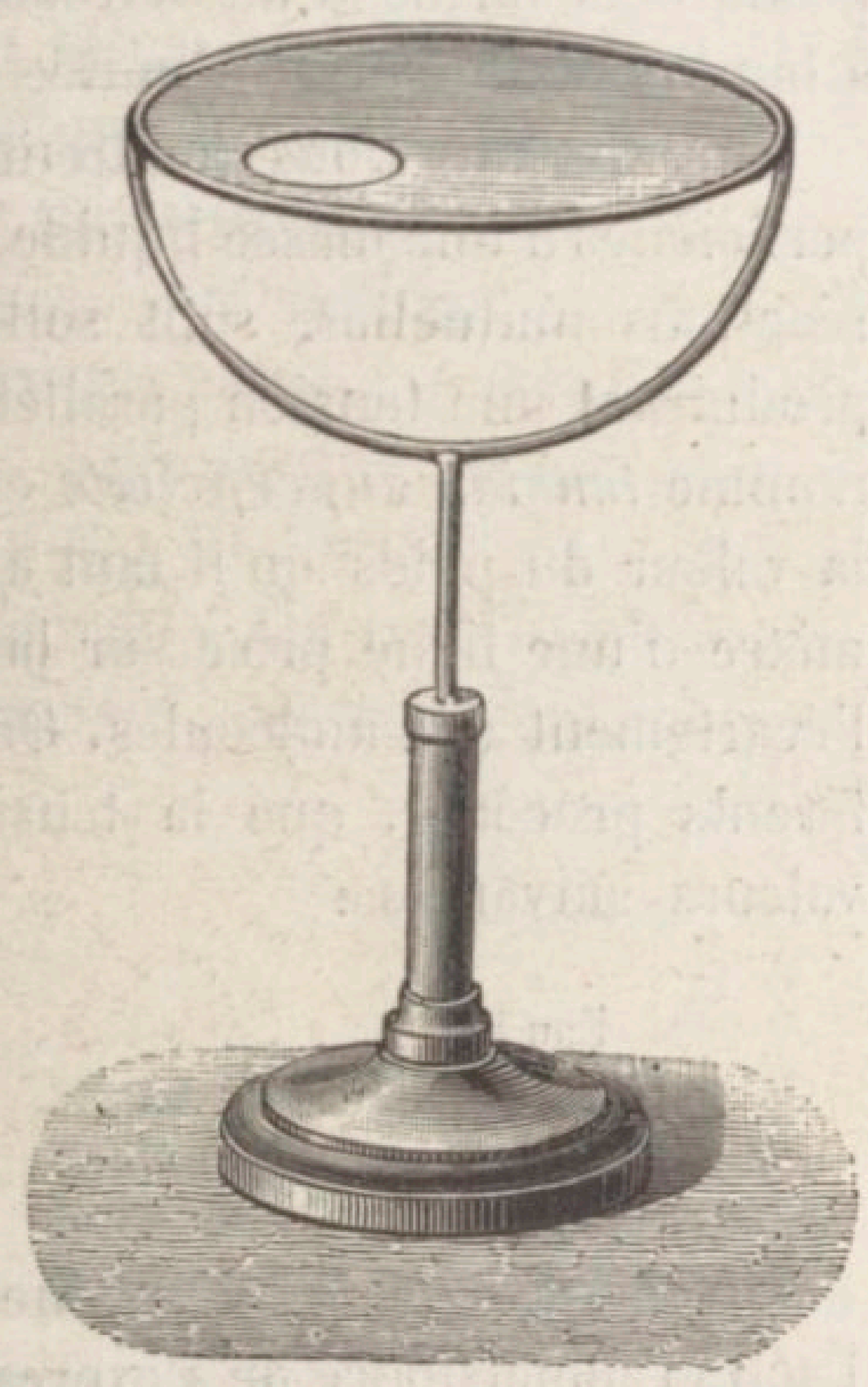


Fig. 15. — Tension d'un anneau en fil de soie entouré d'une lame de savon.

Deux liquides différents étant superposés, l'un d'eux occupant une très petite étendue à la surface de l'autre, chaque goutte forme une petite masse lenticulaire dont les bords sont limités par une circonférence ; on observe bien cela quand on verse un corps gras fondu sur une couche d'eau chaude et l'on désigne vulgairement les gouttelettes lenticulaires sous le nom d'yeux. Une lame liquide, qu'on arrêtera à un contour flexible,

prend généralement la forme circulaire : on le montre par une expérience qui consiste à produire une lame savonneuse sur un anneau métallique et à poser délicatement sur cette lame un fil de cocon noué, qui est mouillé par le liquide; on crève la lame à l'intérieur du contour déterminé par le fil et l'on voit celui-ci prendre la forme d'une circonférence correspondant à la plus petite surface limitée par le fil (fig. 16).

Tous ces faits nous montrent que les molécules superficielles d'une masse liquide, étant soumises à leurs réactions mutuelles, sont sollicitées par des forces produisant une tension parallèle à la surface que l'on nomme *tension superficielle* et qu'on représente par la valeur du poids qu'il faut ajouter à chaque millimètre d'une ligne prise sur la surface pour produire l'écartement des molécules. On trouve ainsi, par différents procédés, que la tension superficielle a les valeurs suivantes :

Eau à 0°	$7^{\text{milligr}},66$
Acide sulfurique, 14°,5	6,333
Mercure.	55,03

L'épaisseur de cette couche fictive est très petite, l'action moléculaire ne s'exerçant qu'à une faible distance. M. Plateau a calculé que la bulle de savon la plus mince avait une épaisseur de $\frac{1}{17000}$ de millimètre; cette longueur est encore bien supérieure au rayon de la sphère d'activité de deux molécules.

Cette théorie nous rend aussi compte de la formation des gouttes liquides et cette étude a donné quelques résultats pratiques qui présentent un certain intérêt. Un liquide, qui s'écoule lentement par un tube,

produit une masse de forme ovoïde dont les bords supérieurs adhèrent à l'ouverture. Le volume de cette masse et son poids varient avec la nature du liquide et l'on peut tirer parti de cette propriété pour reconnaître la nature du corps qui forme la goutte et en constater la pureté. M. le docteur Réveil a dressé un tableau des différentes solutions employées en pharmacie, où se trouve indiqué le nombre de gouttes nécessaires pour donner un poids égal à 1 gramme. A l'aide d'un compte-gouttes, formé d'une pipette de la contenance de 5 centimètres cubes, munie d'un orifice tel qu'il laisse écouler 100 gouttes quand on remplit le tube d'eau distillée, M. Duclaux a pu évaluer la richesse alcoolique des vins. Les résultats sont contenus dans le tableau suivant correspondant à la température de 15° :

7 pour 100 alcool.	137 gouttes
8.	141 —
9.	145,5
10.	149,5
11.	153,5

Une masse liquide, agitée par un courant d'air ou soumise à des soubresauts brusques et fréquemment répétés, donne lieu à la production de membranes minces qui forment ce qu'on désigne généralement sous le nom de *mousses*. M. Plateau a cherché les lois de formation de ces lames et a reconnu qu'à une arête d'intersection aboutissaient toujours trois et à un même sommet quatres lames liquides. Cette loi peut être vérifiée en introduisant dans le liquide saponique des charpentes de fils métalliques, de préférence des fils de laiton étamés qui n'altèrent pas la

solution. Prenons par exemple une charpente figurant les arêtes d'un cube, plongeons-la dans la dissolution de savon et retirons lentement; les lames ne peuvent pas adhérer aux différents côtés du cadre, car alors la loi ne serait pas satisfaite; quand on voit l'expérience pour la première fois on éprouve un véritable étonnement à l'aspect de la figure qui se pro-

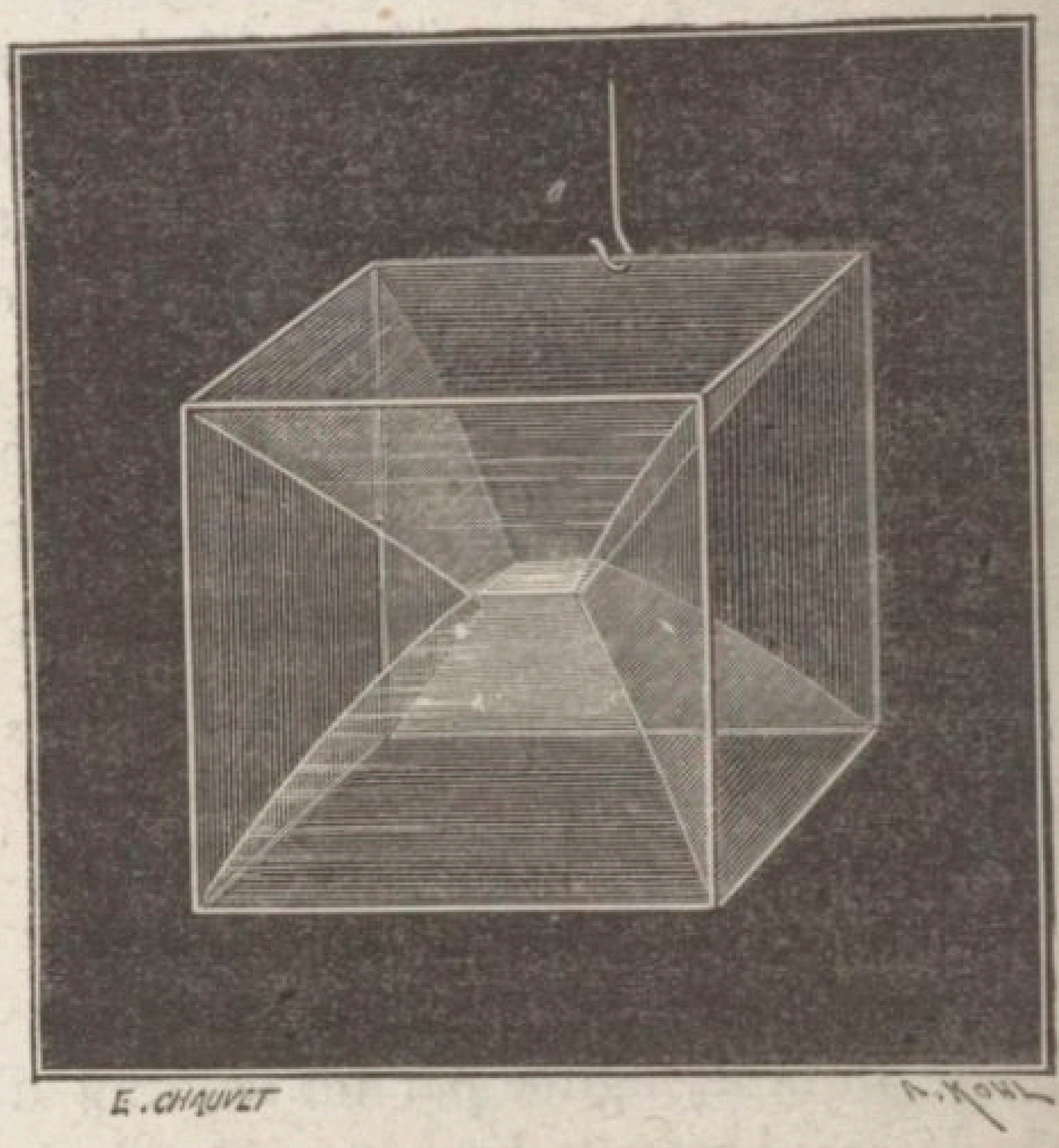


Fig. 16. — Lames de savon maintenues par une charpente cubique.

duit; j'ai pu, moi-même, constater dans les cours combien les auditeurs étaient émerveillés à la vue du phénomène. Les lames liquides forment une figure composée de surfaces légèrement convexes qui se raccordent à un carré, situé au centre de la charpente, parallèle à la face du cube par laquelle on l'a plongé dans le liquide (fig. 16). En soufflant légèrement dans l'un des angles rentrants de cette figure, on produit

une déformation, les côtés du petit carré se rapprochent et, arrivés au contact, reforment un autre petit carré perpendiculaire au premier (fig. 17). Si, par hasard, on obtenait une figure dans laquelle on n'eût pas la forme indiquée elle correspondrait à un état d'équilibre instable et l'on voit dans ce cas que toutes les lames ne tardent pas à se disjoindre et projettent des

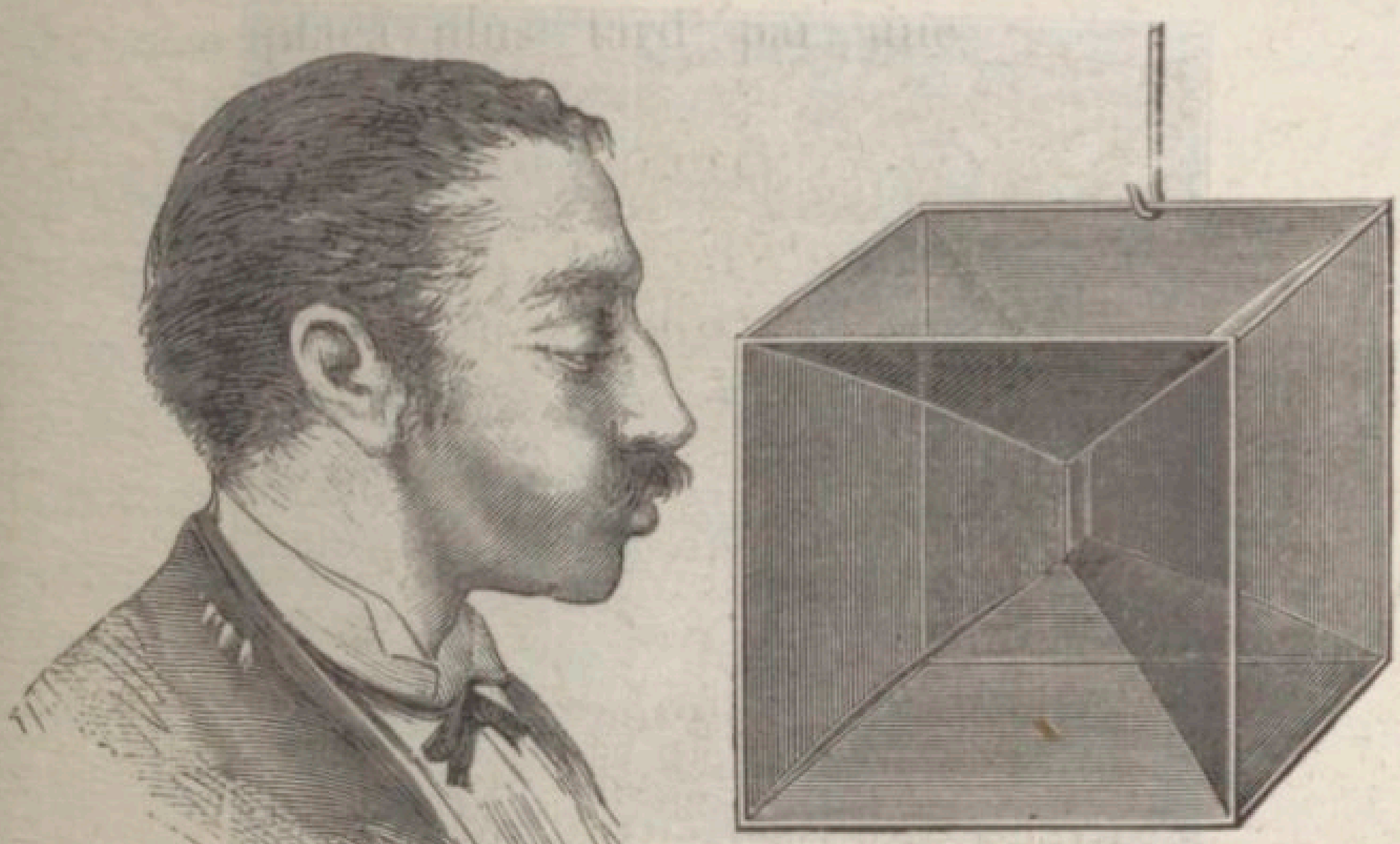


Fig. 17. — Déformation de la figure par insufflation.

gouttelettes liquides comme une bulle de savon qui crève.

Si l'on replonge le cube par l'une des bases dans une dissolution de savon, il se forme sur cette base une lame liquide, qui grimpe vers le centre, et la nouvelle figure obtenue se compose des lames précédentes raccordées à un petit cube placé au milieu de la charpente (fig. 18).

En observant les mousses produites à la surface

d'un verre de bière, on reconnaît qu'elles satisfont à la loi précédemment énoncée ; deux lames obliques tendues doivent être équilibrées par une troisième lame tendue dont le prolongement est dans l'intérieur de l'angle formé par les deux autres. M. Hollmann, de Philadelphie, a imaginé un appareil par lequel il montre ce phénomène en projection et s'en sert pour

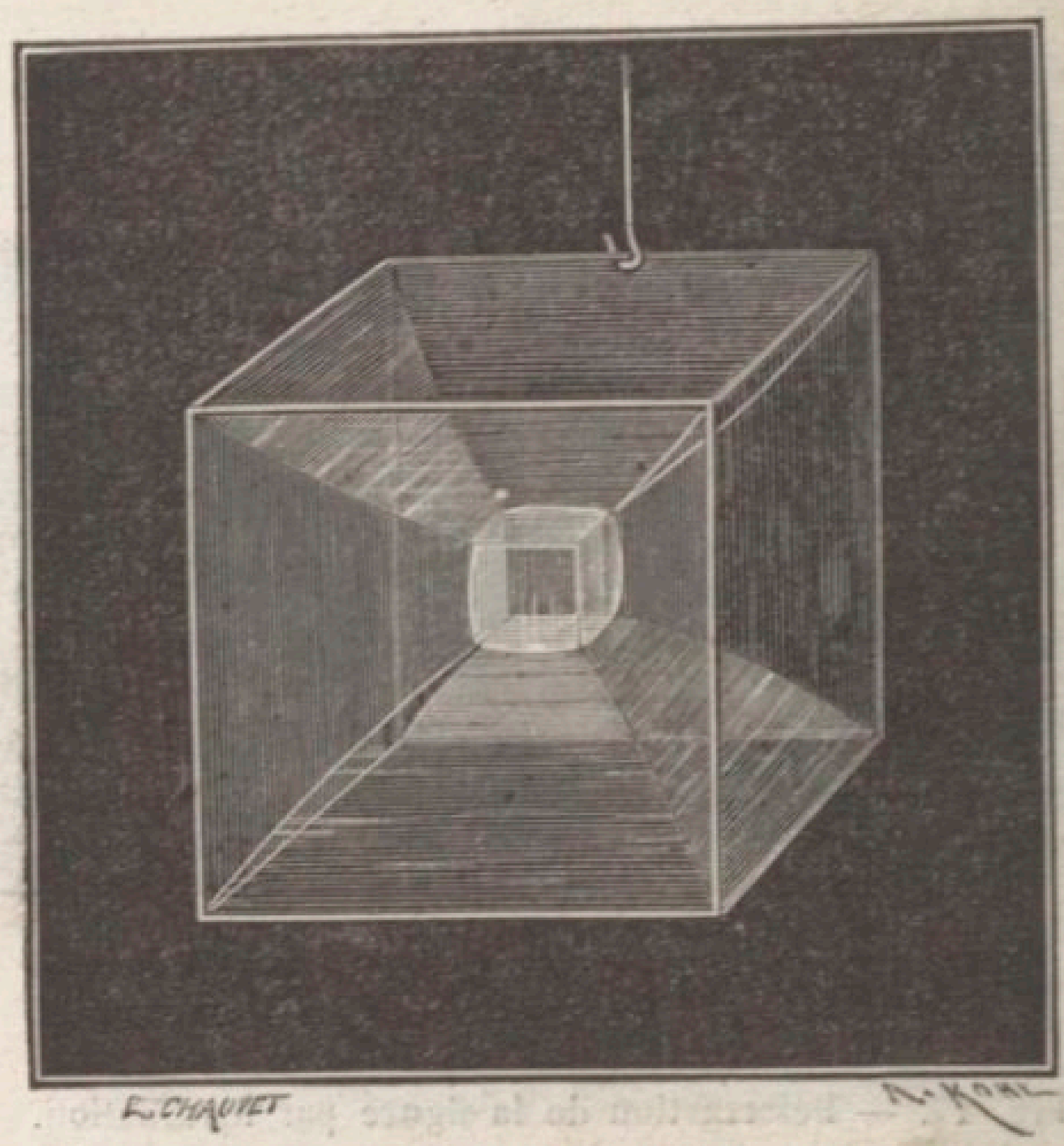


Fig. 18. — Forme que prennent les lames liquides après une seconde immersion.

expliquer la formation des cellules dans les végétaux. Nous empruntons au journal *la Nature* la description de cet appareil et des effets observés :

« Il comprend une cuve rectangulaire très mince dont les deux grandes parois sont formées par des glaces en verre épais. Entre ces deux glaces est une bande de caoutchouc formant les parois latérales et maintenue comprimée dans les deux cadres au moyen

de quatre presses à vis pour former un assemblage étanche (fig. 19). On remplit cette petite cuve plate avec une dissolution de savon d'une certaine consistance et l'on y envoie, par l'intermédiaire d'un tube à pointe effilée, et en soufflant au besoin avec la bouche, des bulles d'air qui viennent se dégager régulièrement dans le liquide. Celles-ci s'échappent lentement dans la cuve en raison de la résistance qu'elles y rencontrent, d'autre part l'attraction capillaire exercée sur elle par les parois en verre les empêche de prendre la forme sphérique, comme elles le feraient sous l'action d'une pression constante dans toutes les directions. Elles se développent donc en s'allongeant à travers le liquide, pour aller d'une paroi à l'autre; en même temps la réaction mutuelle que les cellules, ainsi appliquées contre les parois, exercent entre elles leur donne bientôt une forme entièrement polygonale tout à fait analogue à celle que présentent les tissus de végétaux dont la tige est coupée horizontalement. Notre gravure montre l'apparence observée dans ces conditions; mais elle ne saurait reproduire l'effet véritablement merveilleux qu'on obtient en éclairant cette petite cuve à la lumière transmise. Les rayons qui traversent la cuve rencontrent en effet d'un point à un autre une résistance variable tenant aux faibles différences d'épaisseur des parois si légères des petites bulles ainsi formées; il en résulte une décomposition de la lumière amenant la production des rayons teintés de toutes les couleurs du spectre; ceux-ci illuminent ainsi ces petites cellules et les rendent visibles à tout un auditoire. Les interférences qui se produisent alors témoignent d'une façon frap-

pante de la teinte de l'enveloppe des cellules; puisque l'épaisseur en est comparable à la longueur d'onde des rayons lumineux, elle ne doit pas dépasser 1/8000 à 1/10 000 de millimètre ».

Un liquide qui s'élève entre deux lames de verre, placées à peu de distance l'une de l'autre, présente une surface courbe dont la concavité est tournée vers la partie supérieure ; d'après ce que nous avons

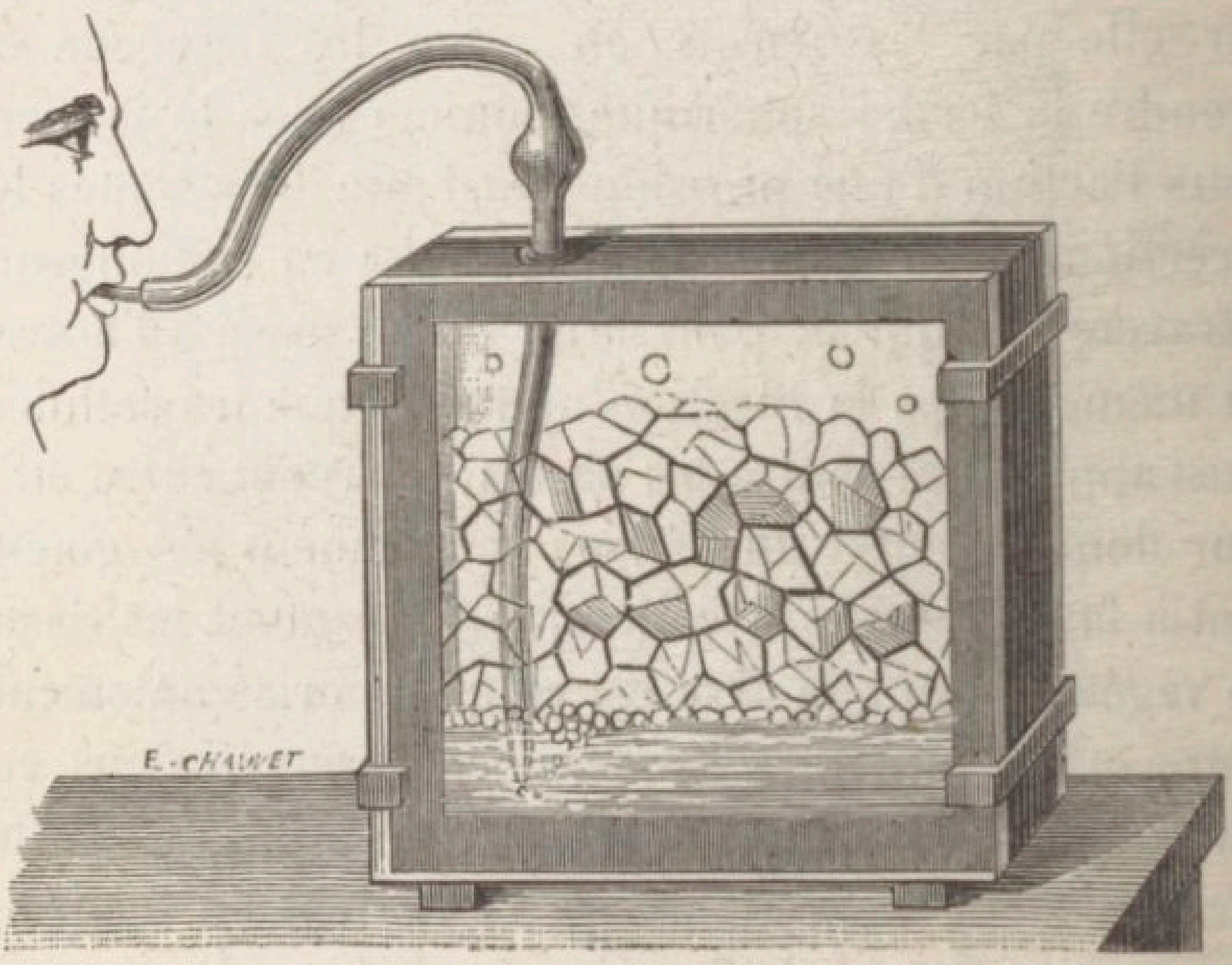


Fig. 19. — Appareil de M. Hollmann.

vu, la pellicule qui limite la surface peut exercer un effort de traction et, par suite, nous pouvons déjà prévoir que les lames de verre abandonnées à elles-mêmes devraient se rapprocher pourvu toutefois que leur masse ne fût pas trop considérable. C'est en effet ce qu'on constate, si l'on emploie des lames de verre mince, ou si l'on se sert de feuilles de mica suspendues verticalement à un support par des fils

flexibles. Cela nous explique aussi un effet que nous voyons souvent se produire quand un corps léger flotte à la surface de l'eau; un bouchon de liège, par exemple, arrivé dans le voisinage de la paroi d'un verre, se précipite immédiatement vers les bords et reste adhérent. Deux bouchons de liège approchés l'un de l'autre au-dessus d'un liquide s'attirent et restent collés l'un à l'autre; l'inverse a lieu si l'un des bouchons n'est pas mouillé, ce qu'on obtient en brûlant la surface ou en le recouvrant de noir de fumée à l'aide d'une lampe fumeuse.

Si par un moyen quelconque nous déformons la surface libre d'une masse liquide nous accomplissons un travail dont une partie peut être consommée en pure perte et donner lieu à une transformation de l'énergie, c'est-à-dire à un dégagement de chaleur ou d'électricité. Le dégagement de chaleur est assez faible et nous ne savons pas si, jusqu'à présent, il a pu être constaté; mais il est évident que l'inverse aura lieu, c'est-à-dire que la chaleur pourra modifier la tension superficielle des liquides en accomplissant un certain travail. C'est en effet ce qu'a constaté M. Wolf dans une étude sur la modification des phénomènes capillaires sous l'action de la chaleur. Mais nous voulons insister plus particulièrement sur l'action que l'électricité exerce sur la surface des liquides et, réciproquement, le dégagement d'électricité par la déformation des surfaces libres, qui ont donné lieu à des applications remarquables. On avait déjà observé depuis longtemps que le mercure servant à faire passer un courant électrique dans un liquide décomposable était animé à sa surface de mouvements divers et de tour-

billons. L'expérience suivante montre bien le phénomène; au-dessus d'une large goutte de mercure placée dans une assiette, on verse une solution d'acide chromique ou une solution acidulée de bichromate de potasse et l'on amène au contact de l'un des bords un fil de fer; l'oxyde formé à la surface du mercure est réduit et la goutte se contractant cesse de toucher le fil de fer, s'oxyde de nouveau, et ainsi de suite, d'ou résulte un mouvement oscillatoire très curieux à observer.

M. Lippmann, qui a fait une étude particulière de ces phénomènes électro-capillaires, a montré que si on électrise du mercure placé dans un tube étiré en pointe entre deux couches d'eau acidulée par un courant électrique trop faible pour décomposer l'eau, on produit une déformation des surfaces, l'électrisation négative produisant une diminution de la surface de contact et l'électrisation positive une augmentation de cette surface.

Sur ces phénomènes sont fondés plusieurs appareils imaginés par M. Lippmann. L'électromètre capillaire très sensible, qu'il a construit, se compose d'un tube étiré en pointe très fine renfermant du mercure; une couche d'eau acidulée, placée dans un vase où plonge la pointe du tube, contient une masse de mercure que l'on fait communiquer par un fil de platine avec le circuit d'une pile complétée par un fil de platine qui, traversant le tube, plonge dans le mercure. La partie supérieure du tube vertical, contenant le mercure, est reliée à une poire en caoutchouc qui permet de soulever ou d'abaisser la colonne mercurielle de façon à ramener à un repère fixe l'extrémité inférieure engagée dans la pointe capillaire; la pres-

sion à exercer, pour obtenir ce résultat, mesurée à l'aide d'un manomètre, donne la mesure du courant électrique.

Un petit moteur électrique, construit par le savant physicien, est fondé sur le même principe. Deux paquets de tubes capillaires verticaux sont suspendus aux extrémités d'un balancier communiquant avec des masses de mercure renfermées dans des vases et surmontées d'une couche d'eau acidulée, le courant

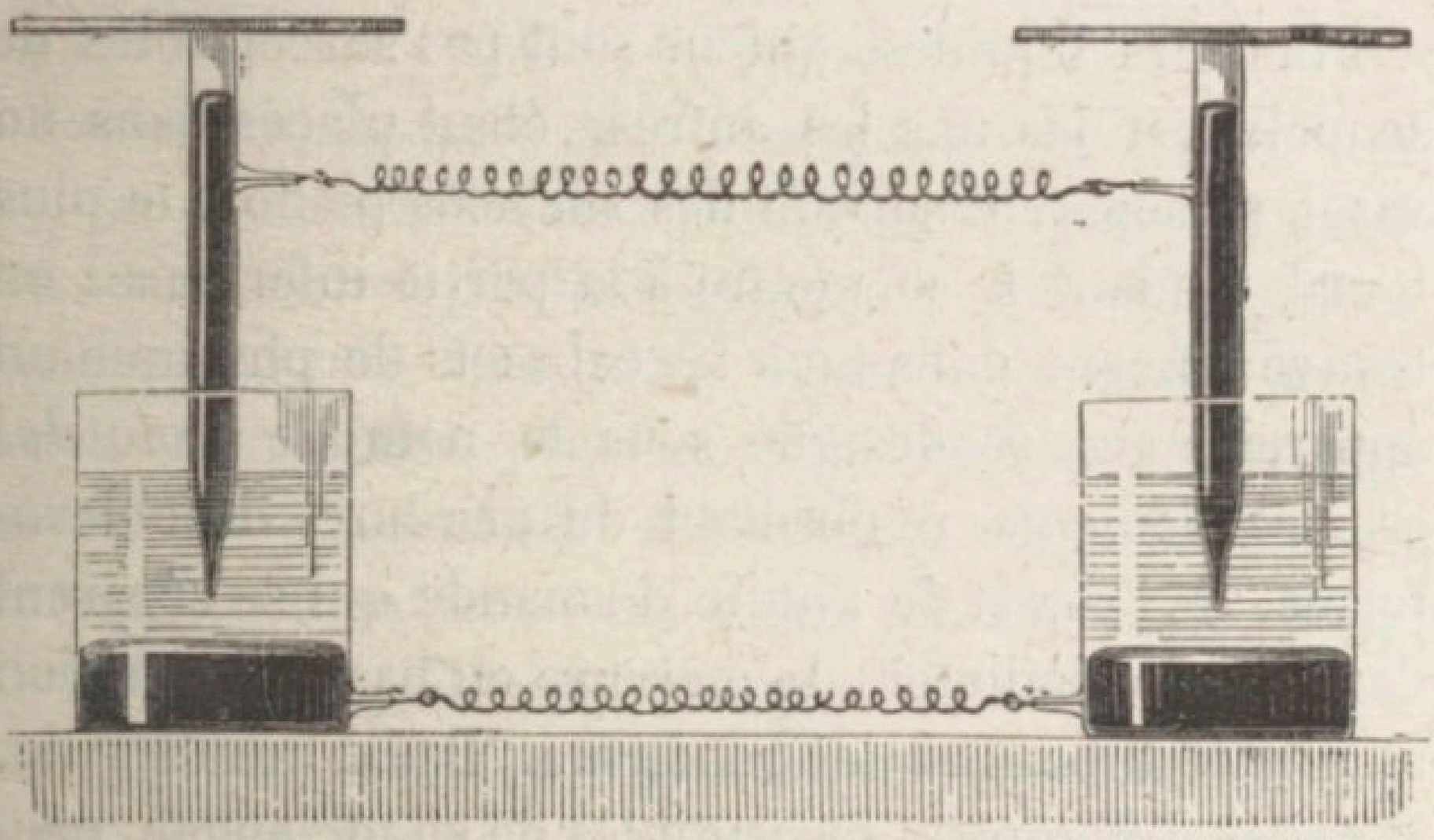


Fig. 20. — Téléphone électro-capillaire de M. A. Bréguet.

d'une pile va de l'un à l'autre des vases et la déformation des surfaces, soulevant les tubes d'un côté, les abaissant de l'autre, donne au balancier un mouvement de bascule que l'on rend alternatif en renversant, à l'aide du balancier lui-même, le sens du courant qui traverse les tubes.

M. A. Bréguet a imaginé un téléphone fondé sur le développement d'électricité qui résulte de la déformation des surfaces capillaires. Réduit à sa plus simple expression, il se compose d'un tube, terminé

en pointe capillaire, plongeant dans une couche d'eau acidulée placée dans un vase au-dessus d'une masse de mercure. Le tube, contenant aussi une colonne de mercure, est fermé par une plaque mince de sapin ; on relie deux appareils semblables par des fils métalliques de façon à former un circuit complet ; l'un de ces appareils fonctionne comme récepteur, l'autre sert de transmetteur (fig. 20.) Nous nous contentons de citer cette application ingénieuse sans discuter les résultats pratiques qu'on a pu obtenir.

Plusieurs liquides, qui ne sont pas susceptibles de se mélanger les uns les autres, étant placés dans un vase, se séparent suivant des surfaces planes, le plus lourd tendant à se mettre à la partie inférieure ; on trouve encore dans tous les cabinets de physique un appareil vulgaire désigné sous le nom de *fiole des quatre éléments* renfermant du mercure, du chloroforme, de l'eau et de l'huile d'amande qui se séparent dans l'ordre indiqué, le mercure en bas, après qu'on a agité le tube qui les renferme. Deux liquides de, densités différentes, susceptibles de se mélanger, peuvent aussi se superposer dans un vase, mais au bout d'un temps plus ou moins long, il y a passage du liquide le plus dense dans les couches supérieures ; et réciproquement du liquide le moins dense dans les couches inférieures ; on a donné le nom de *diffusion* à cette pénétration réciproque de deux liquides mis en contact et primitivement séparés. Un corps solide, en dissolution dans un liquide, peut se diffuser dans l'eau pure, et, en cherchant les proportions des corps qui se sont mélangés à l'eau pure, on reconnaît qu'elles sont variables avec le temps pour des substances de

natures différentes; chacune d'elles a un pouvoir de diffusibilité propre qu'on représente par le temps nécessaire pour qu'il y ait une même quantité de corps diffusés; on obtient ainsi les résultats suivants :

Substances.	Temps nécessaire pour qu'elles se diffusent également.
Acide chlorhydrique.	1
Sel marin.	2,33
Sucre.	7
Sulfate de magnésie.	40
Caramel.	98

Graham ayant comparé différents corps a reconnu que les sels métalliques se diffusent très vite, tandis que les subtances pouvant former avec l'eau des gelées se diffusent très lentement. Il en a conclu la séparation en matières *colloïdes* et *cristalloïdes*, ces dernières se diffusant très rapidement; l'absorption à travers les membranes animales est très facile pour le cas des cristalloïdes tandis qu'elle est très lente avec des colloïdes. Poursuivant le développement de ses idées sur ce sujet le savant chimiste anglais en avait conclu que le travail digestif avait pour but la transformation de colloïdes en cristalloïdes. Il avait aussi observé qu'une subtance colloïde peut être traversée par les corps diffusibles, et en avait déduit une méthode d'analyse souvent employée quand on veut séparer d'une dissolution des sels métalliques qu'elle renferme ou un colloïde. Un vase en verre large et de peu de hauteur est fermé à sa partie inférieure par une feuille de parchemin végétal; il contient la dissolution à traiter et plonge dans l'eau pure; au bout d'un certain temps la séparation est effectuée, le cristalloïde s'étant

mélangé à l'eau pure; l'appareil porte le nom de dialyseur et le procédé employé celui de dialyse (fig. 21 et 22). Dutrochet avait étudié déjà, en 1826, l'échange

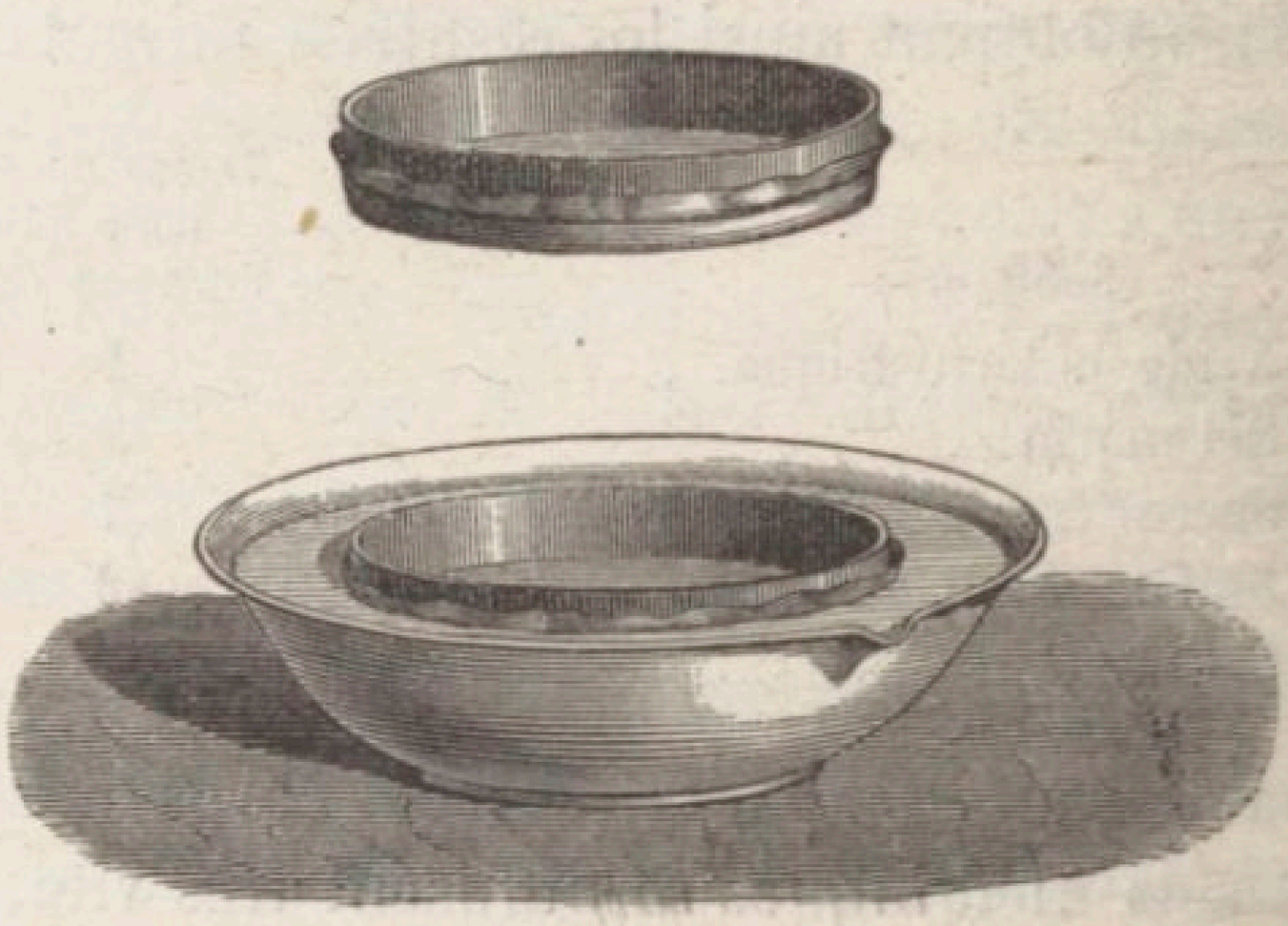


Fig. 21. — Dialyseur.

qui s'accomplit, à travers des membranes animales, entre l'eau sucrée ou salée et l'eau pure et avait re-

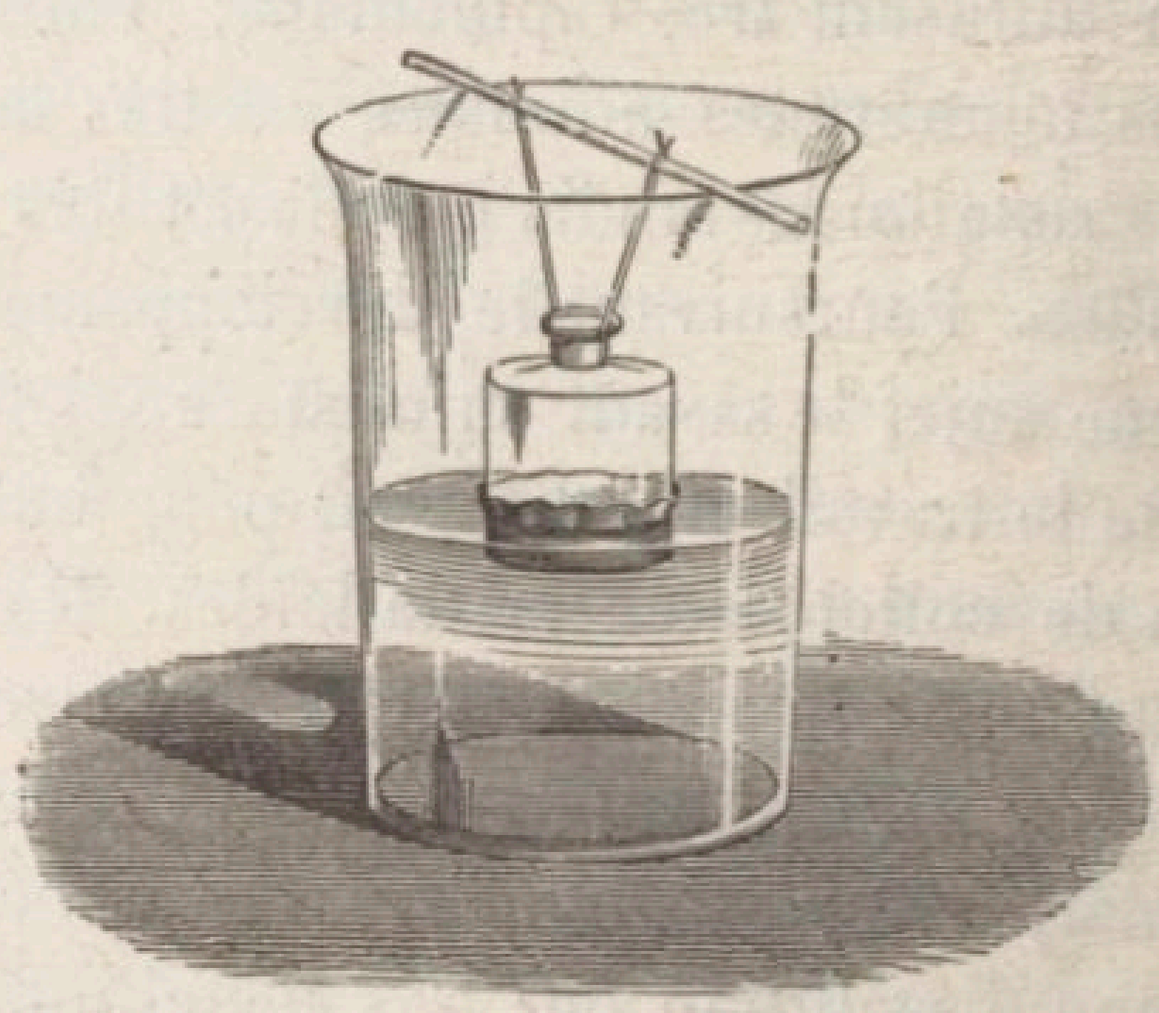


Fig. 22. — Dialyseur.

connu qu'il y avait deux courants, l'un, de l'extérieur à l'intérieur du vase, donnant lieu à un phénomène *d'endosmose*, et l'autre, de l'intérieur à l'extérieur, produisant *l'exosmose*; il y a en général inégalité entre ces

deux actions et le volume de liquide augmente soit au delà soit en deçà de la membrane. M. A. Guebhard a étudié l'osmose de l'alcool à travers les membranes minces de gutta-percha que livre l'industrie sous le nom de baudruche de gutta-percha, et décrit ainsi le phénomène dans les procès-verbaux de l'Association française pour l'avancement des sciences :

« Ce n'est ni la bavure lente du phénomène de l'imbibition, ni le suintement continu des écoulements capillaires, mais une sorte de projection rythmique, avec détente, de véritables jets filiformes à travers une multitude d'orifices, alors même que la membrane, préalablement essayée sous fortes pressions de gaz ou de liquide, ne présentait aucune solution de continuité; ces jets, très fins, mais parfaitement visibles dans le milieu aqueux par suite de leur plus forte réfringence, s'élancent parfois normalement jusqu'à 12 ou 13 millimètres de la membrane verticale, puis, emportés par leur moindre densité, gagnent la surface de l'eau en formant des chapelets d'anneaux horizontaux, qui s'élèvent en se dédoublant ou se pénétrant les uns les autres, autour d'un axe vertical extrêmement fin. C'est ce que l'on constate en regardant de haut en bas; mais en raccourci transversal il semble voir une série de volutes ou, si l'on veut, de champignons superposés; apparence analogue à celle qu'a observée, mais avec beaucoup moins de netteté et à l'état statique seulement, le professeur Tito Martini, de Venise, dans l'épanouissement de veines teintées aux couleurs d'aniline. En réalité, ce que l'on observe n'est que la projection verticale, par transparence, d'une série de tores horizontaux

produits par la décomposition, très nette et très constante en pareille circonstance, des diverses forces en jeu, suivant trois axes rectangulaires. La forte réfringence de l'alcool donne lieu, de part et d'autre de l'axe, à deux points lumineux qui figurent assez bien les volutes d'un chapiteau ionique, tandis que la superposition de plusieurs anneaux de diamètres décroissants peut donner, grâce à la diffusion des couleurs d'aniline, l'aspect de chapeaux chinois ou de parasols qu'a figurés le professeur italien. »

Le chimiste et l'industriel tirent souvent un parti avantageux de ces propriétés osmotiques des liquides. Nous ne voulons citer ici qu'une application très ingénieuse faite par un savant industriel, M. Dubrunfaut, pour retirer des jus sucrés les sels métalliques dont la présence nuit à la cristallisation du sucre. Son appareil se compose de 50 cadres de bois rectangulaires dont les parois verticales sont formées par du papier-parchemin; des cloisons horizontales présentant des ouvertures placées soit à droite soit à gauche permettent de faire circuler le liquide en serpentant. L'une des caisses ainsi formée, reçoit un courant de mélasse et la caisse juxtaposée un courant d'eau chauffée à 80° dans laquelle, à travers la membrane, se diffusent les sels métalliques. La diffusion se fait mieux si l'eau et le sirop circulent en sens contraires. Ajoutons à cela qu'on tend à transformer de plus en plus l'industrie sucrière en substituant aux anciens procédés celui qui consiste à produire la dissolution du sucre par diffusion à travers les parois des cellules de la betterave; celle-ci étant traitée par l'eau chaude, l'albumine se coagule et le nombre des opérations à effectuer se

trouve par cela même réduit. Nous voyons, par ces exemples, quel précieux concours prêtent à l'industrie les recherches accomplies dans les laboratoires d'étude.

CHAPITRE IV

Les quatre éléments d'Aristote. — Van Helmont, Scheele, Lavoisier, Priestley. — Propriétés communes aux gaz et aux liquides. — Expansibilité et compressibilité des gaz. — Loi de Mariotte. — Expériences nouvelles de M. Cailletet. — Théorie des gaz. — Diffusion des gaz.

« Les péripatéticiens trouvaient dans la flamme du bois qui brûle, dans la fumée qui s'en exhale, dans l'eau qui en suinte et dans la cendre qu'il laisse, les quatre éléments naturels des corps. » Cette citation, que nous empruntons aux remarquables leçons de M. Dumas sur la philosophie chimique, nous montre l'importance excessive qu'attribuaient les savants à la forme extérieure des corps ; les quatre éléments, entrant dans la composition de tous les corps, représentent les trois états de la matière auxquels on rattachait la chaleur, qui pendant longtemps a été regardée comme un fluide matériel. Tous les corps pouvaient se transformer soit en eau, soit en air, soit en terre. Dans le traité des gaz de Héron d'Alexandrie, savant qui vivait au premier siècle de notre ère — traité traduit dernièrement par M. A. de Rochas — nous retrouvons nettement exprimée cette croyance des premiers philosophes qui se sont occupés des phénomènes physiques. « L'eau se transforme en outre en une matière terreuse ; si nous versons de l'eau dans un trou en terre, après peu de temps l'eau disparaît

absorbée par la substance de la terre de manière à se mélanger avec elle et à se transformer en terre. »

« Bien plus, les substances les plus subtiles sont transformées en plus grossières, comme il arrive à la lampe qui s'éteint faute d'huile; nous la voyons pendant quelque temps s'élever ; elle semble faire des efforts pour atteindre la région qui lui est propre, les hauteurs de l'atmosphère, jusqu'à ce que, vaincue par la masse d'air qui la frappe, elle cesse d'aspirer à sa place légitime, et, mélangée et entrelacée avec les molécules de l'air, elle se transforme elle-même en air. Le même fait s'observe avec l'air ; car si un petit vase renfermant de l'air et soigneusement clos est placé dans l'eau avec son ouverture en haut, puis qu'on le découvre de manière à permettre à l'eau de s'y précipiter, l'air s'échappe du vase ; mais, réduit à l'impuissance par la masse d'eau, il se mélange de nouveau avec elle et se transforme au point de devenir de l'eau. »

On trouve, dans le même ouvrage, l'expression des idées des savants de cette époque sur la matérialité de l'air et sur la constitution de cet *élément*. « Les molécules de l'air sont toutes contiguës, mais sans être ajustées exactement les unes aux autres dans tous les sens et laissant entre elles des espaces vides comme le font les grains de sable sur le bord de la mer. On peut se figurer que ces grains correspondent aux molécules de l'air et que l'air qui existe entre les grains correspond aux espaces vides entre les molécules de l'air. »

Jusqu'au dix-septième siècle s'est maintenue cette croyance à l'existence d'un seul fluide aériforme. Van

Helmont reconnut, le premier, la différence de propriétés entre l'air ordinaire et le corps qui se produit par la combinaison du charbon, et désigna sous le nom de *gaz* les corps qui affectent le même état physique que l'air atmosphérique ; il établit de plus une différence, qui s'est maintenue jusqu'au commencement de ce siècle, entre les gaz et les vapeurs, les premiers conservant toujours l'état aériforme et les autres pouvant, au contraire, faire retour à l'état liquide. A la fin du dix-huitième siècle on connaissait un petit nombre de gaz lorsque apparurent les trois grands chimistes qui devaient, par leurs découvertes à jamais célèbres, créer, pour ainsi dire de toutes pièces, une nouvelle science, la chimie moderne. Scheele, le savant pharmacien suédois, Priestley, théologien anglais, qui par le fait du hasard fut amené à s'occuper de physique d'abord et de chimie ensuite, et auquel on doit la découverte de plusieurs gaz, avaient déjà enrichi la science de faits nouveaux. Mais le plus illustre de tous, Lavoisier, apportant dès le début, dans ses travaux scientifiques, cette méthode rigoureuse qui devait le conduire à surpasser tous ses contemporains par le merveilleux enchaînement des faits qu'il observait, par l'étude de la composition des corps, regardés jusque-là comme indécomposables, étudiait les gaz observés, en déterminait la nature et séparait les éléments qui entraient dans leur composition. Par des déductions savantes, dans son Traité de la chaleur, il précisait les conditions dans lesquelles s'accomplissent les changements d'état et était ainsi amené à prévoir les résultats remarquables auxquels on est arrivé de nos jours seulement, c'est-à-dire la

transformation des substances gazeuses en liquides et solides.

Tous les gaz ont un ensemble de propriétés communes qui les distinguent des liquides et des solides. Comme les liquides ils peuvent couler, et à cause du facile déplacement de leurs molécules on a donné aux liquides et aux gaz le nom général de *fluides*; en vertu de cette propriété, les gaz prennent parfaitement la forme des vases qui les renferment; leur forme est indéterminée sauf celle de la surface libre, qui est horizontale par suite de l'action de la pesanteur. En général les gaz sont incolores et nous ne pouvons pas apercevoir leur surface de séparation, mais une expérience bien simple nous permettra de constater l'existence d'une surface libre. Dans un vase de verre de grandes dimensions faisons arriver, par la partie inférieure, un courant d'acide carbonique; celui-ci formera une couche au fond du vase, parce qu'il est plus dense que l'air environnant; arrêtons le dégagement avant que le vase soit complètement rempli, et laissons tomber des bulles de savon: celles-ci vont flotter sur

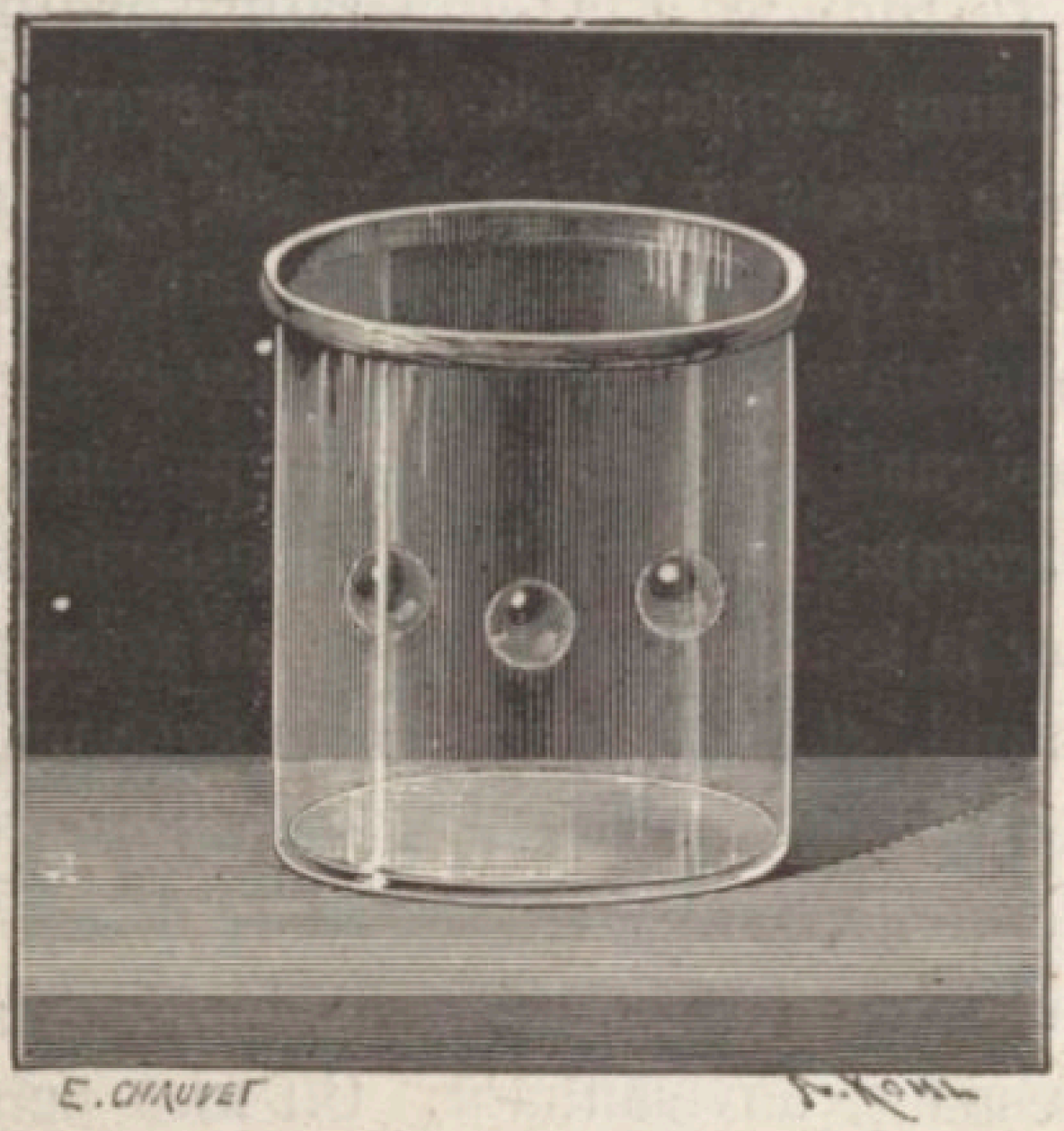


Fig. 23. — Bulles de savon au-dessus d'une couche d'acide carbonique.

la couche de gaz acide carbonique et se rangeront sur une surface horizontale (fig. 23).

Le principe de transmission des pressions est aussi applicable aux gaz, mais comme, à volume égal, ils ont un poids de beaucoup inférieur à celui des liquides, on peut négliger l'action du poids des couches supérieures sur les tranches inférieures.

Un liquide, à la température ordinaire, conserve un volume constant, et si l'on exerce sur lui une très forte pression, dans la presse hydraulique par exemple, il éprouve une contraction si faible que pendant longtemps on l'avait regardée comme nulle, et qu'on désignait cette classe de corps sous le nom de *fluides incompressibles*. Un gaz, au contraire, est caractérisé par la tendance à prendre un volume de plus en plus grand, et, par comparaison avec un ressort tendu, on les a désignés sous le nom de fluides élastiques et l'on donne le nom d'*élasticité* ou d'*expansibilité* à la propriété qu'ils possèdent de tendre à occuper tout l'espace environnant. On met cela en évidence par deux expériences très simples mais très concluantes. Une vessie, fermée par un robinet, est placée sous une cloche dans laquelle on fait le vide; on voit la vessie se distendre de plus en plus, et si l'on poussait le vide très loin, la résistance des parois pourrait être vaincue et la vessie éclaterait; si on laisse rentrer l'air, le gaz reprend son volume primitif (fig. 24). Une bouteille, pleine d'air fermée par un bouchon de liège qui ne renferme pas de crevasse, placée dans les mêmes conditions, se débouche quand on a fait le vide dans la cloche qui la contient. L'explication de ces expériences se conçoit aisément; quand on supprime la pression

de l'air environnant qui, comme l'air intérieur, presse sur les parois, l'expansibilité du gaz agit sur les parois internes et déplace les parties mobiles. Ces expériences ont donné lieu à la construction d'un baromètre, très employé aujourd'hui, où les variations de la pression extérieure sont accusées par la déformation qu'éprouve une boîte en argent à parois minces dans laquelle on a

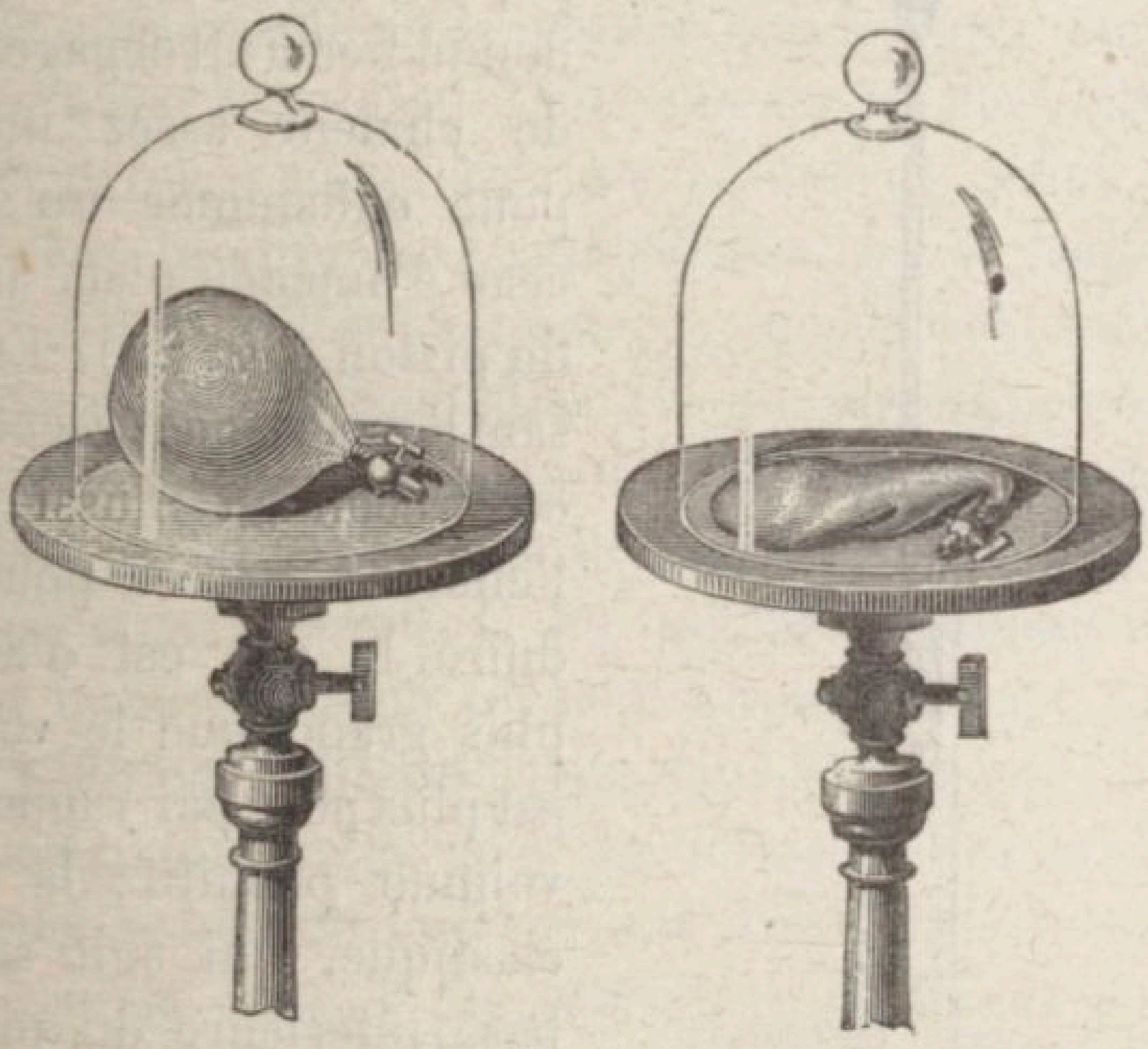


Fig. 24. — Élasticité des gaz.

fait un vide partiel. Cet instrument, nommé *baromètre holostérique* est d'un usage si répandu, qu'il est inutile d'entrer pour le moment dans une description détaillée; nous nous contentons d'en faire connaître le principe.

Sous l'influence d'un accroissement de la pression extérieure un gaz peut être réduit à un volume de plus en plus petit, ce qu'on démontre à l'aide de l'appa-

reil nommé *briquet à air* composé d'un cylindre en cristal à parois très épaisses, dans lequel se meut un piston plein fixé à l'extrémité d'une tige métallique. En appuyant sur le sommet de la tige du piston qui s'oppose à la sortie du gaz, on réduit le volume et l'on peut arriver à une très petite distance de la partie inférieure du tube. Ce rapprochement des molécules donne lieu à un dégagement de chaleur assez intense pour enflammer un morceau d'amadou placé au bas du piston (fig. 25). En faisant l'expérience précédente on reconnaît aussi que l'effort à exercer pour réduire le gaz est d'autant plus grand que le volume est plus petit par rapport au volume primitif; la force élastique, qui agit sur la base inférieure du piston, va en augmentant à mesure que la masse gazeuse diminue de volume. Cette expérience nous donne en outre le principe des appareils employés pour comprimer l'air. Relions le cylindre à un récipient quelconque en plaçant à la base une soupape pouvant s'ouvrir du cylindre vers le réservoir et recommençons l'expérience. A un moment donné, la force élastique de l'air sera plus grande sur la base supérieure de la soupape que sur

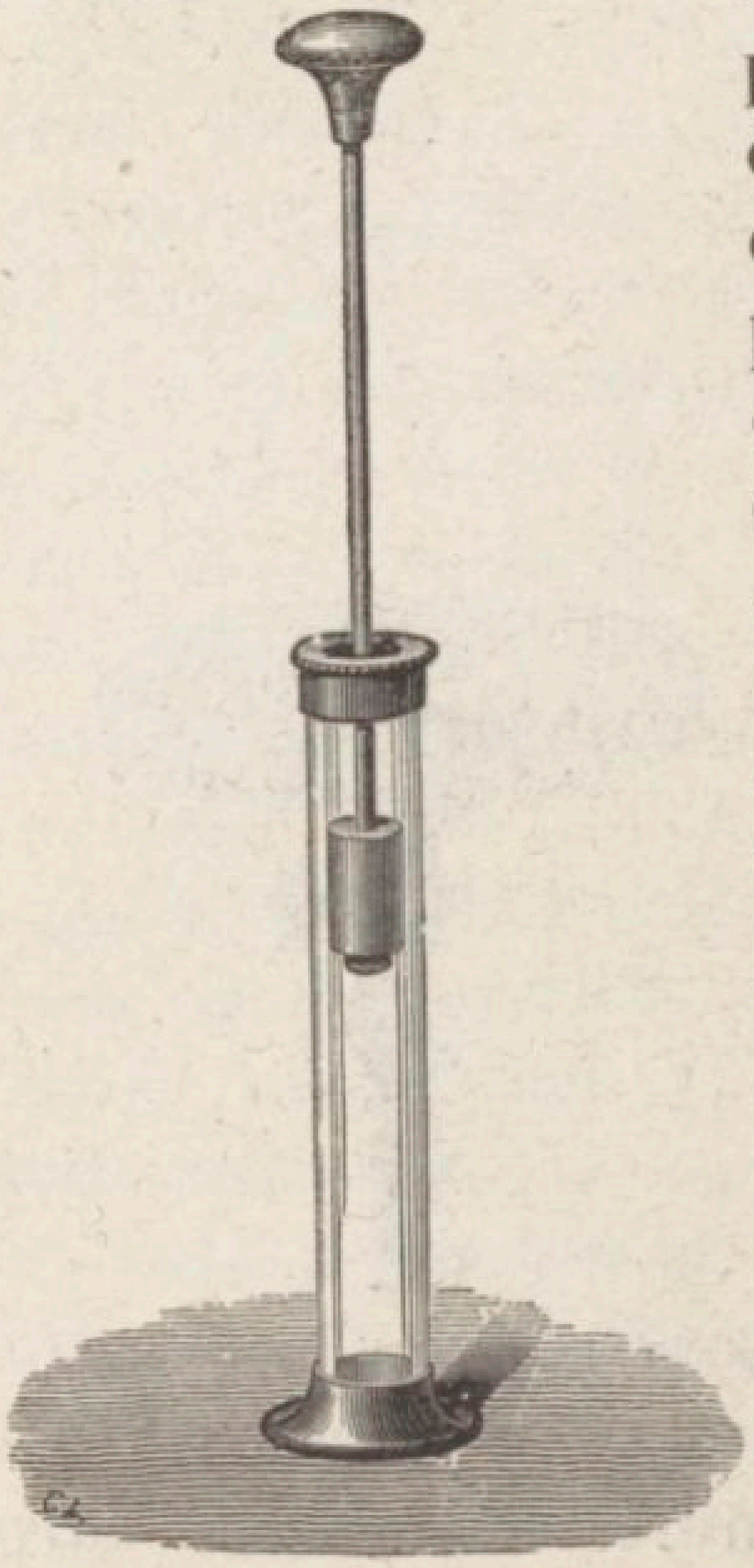


Fig. 25. — Briquet à air.

la base inférieure, l'air pourra alors abaisser cette soupape et pénétrer dans le réservoir. Si celui-ci était ouvert par sa partie inférieure et plongé dans une masse d'eau, la pression de l'air pourrait refouler le liquide, ce qui nous donne le principe des appareils employés pour les constructions effectuées sous l'eau, pour le sondage des profondeurs de la mer, c'est-à-dire des cloches à plongeur et des scaphandres.

Ce qui précède nous montre que la force élastique varie avec le volume d'une masse gazeuse, mais ne nous donne aucune relation nettement définie entre ces deux conditions. Les physiciens ne se contentent pas d'étudier les phénomènes, de chercher les circontances dans lesquelles ils se manifestent, mais se proposent de découvrir des relations entre les causes et les effets que l'on nomme lois physiques. Dans le cas présent, la loi qui lie le volume du gaz à sa force élastique est fort simple; elle fut énoncée en 1700 par l'abbé Mariotte dans son *Traité du mouvement des eaux*, dans les termes suivants : « La condensation de l'air se fait suivant la proportion des poids dont il est chargé. » La loi de Mariotte s'énonce ainsi : « Les volumes d'une masse gazeuze varient en raison inverse des pressions qu'elle supporte, la température restant constante. » Ce qui veut dire que si les pressions deviennent 2, 3, 4, 5, les volumes sont réduits à la moitié, au tiers, au quart, au cinquième de la valeur qu'ils avaient à la pression ordinaire que l'on prend pour unité.

Une conséquence pratique de la loi de Mariotte a été l'adoption d'appareils nommés *manomètres*, propres à mesurer les pressions du gaz, plus spé-

cialement employés pour les chaudières à vapeur. Le réservoir de gaz ou de vapeur est relié à un tube deux fois recourbé fermé à l'autre extrémité et contenant un certain volume d'air auquel une colonne de mercure, placée dans la courbure du tube, transmet la pression du gaz; la réduction de volume éprouvée par l'air permet d'évaluer la pression, qui l'a produite. Dans nos chaudières à vapeur nous pouvons atteindre des pressions très élevées; il y avait donc lieu de rechercher si la loi restait vraie quand on augmente indéfiniment la pression et, au point de vue théorique, de la vérifier expérimentalement pour les gaz autres que l'air. Une expérience, due à Despretz, avait prouvé que certains gaz se contractent plus que ne l'indique la loi; en plaçant plusieurs petites cloches remplies de divers gaz dans un réservoir en verre plein d'eau, fermé à sa partie supérieure par un piston, ce physicien vit le volume de l'acide sulfureux décroître très rapidement et, à un moment donné, le gaz se transformer en une goutte liquide dont le volume n'était qu'une très petite fraction du volume initial. D'autres physiciens, en particulier Dulong et Arago, en 1827, cherchèrent la variation de compressibilité de l'air avec la pression dans le but de déterminer les tensions de la vapeur d'eau aux différentes températures. Les résultats obtenus jusqu'alors étant en désaccord, Regnault reprit cette étude à l'aide d'appareils très ingénieux, et par une méthode très précise, arriva à montrer que l'air et les autres gaz se compriment plus que ne le veut la loi de Mariotte; mais les expériences ne furent pas poussées au delà de 28 atmosphères, la pression

d'une atmosphère étant celle qu'exerce une colonne de mercure de 760 milimètres et équivalant au poids de 1 kilogramme 33 grammes pressant sur un centimètre carré de surface.

Un savant correspondant de l'Académie des sciences, M. Cailletet, s'est attaché, depuis plusieurs années, à l'étude des gaz et a été ainsi conduit à un certain nombre de découvertes très remarquables qui ont eu un très grand retentissement dans le monde savant. Après avoir installé, sur le penchant d'un coteau, un tube d'acier rempli de mercure, aboutissant par sa partie supérieure à un réservoir de mercure qu'on pouvait transporter à différentes hauteurs et par sa partie inférieure à un tube fermé rempli d'air ou d'un autre gaz, il a repris de nouvelles expériences en utilisant le puits artésien de la Butte aux Cailles, dont la hauteur atteignait 500 mètres.

« L'appareil que j'ai employé pour les recherches se compose d'un tube laboratoire en acier dont la longueur est de $1^{m},80$ et le diamètre intérieur 25 millimètres ; un obturateur conique en fer sert à fermer l'appareil au moyen d'un écrou (fig. 26). A la base est fixé un tube T en acier doux de 250 mètres de longueur et disposé de telle sorte qu'il peut s'enrouler dans une

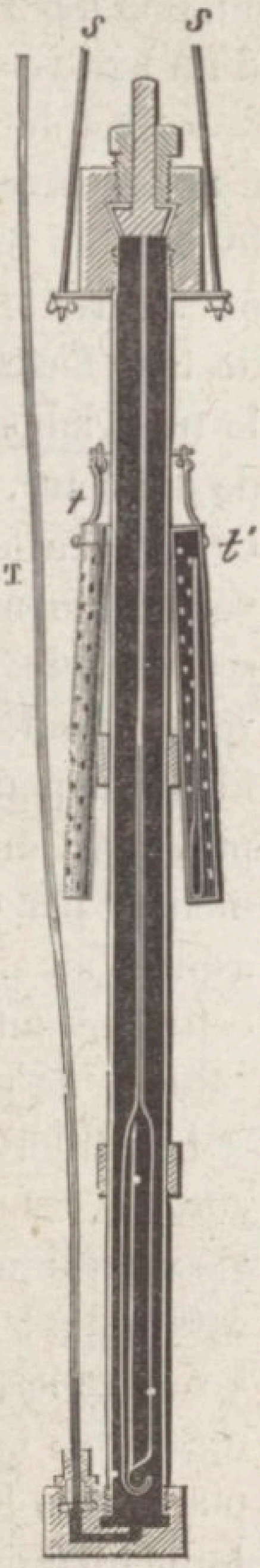


Fig. 26. — Tube laboratoire de M. Cailletet.

hélice creusée sur la circonférence d'un gros cylindre en bois de 2 mètres de diamètre qui se meut autour d'un axe vertical.

« Un aide, en agissant sur des engrenages au moyen d'une manivelle, fait tourner le cylindre, et, suivant le sens du mouvement, le tube descend dans le puits ou s'enroule sur le cylindre. Pour ne pas exercer de trop fortes tractions sur le tube fin, on a suspendu le tube laboratoire à un fil d'aciers de 4 millimètres de diamètre, gradué avec une très grande précision. Ce fil s'enroule sur un tambour qui reçoit son mouvement au moyen d'une manivelle actionnée par un second aide. Une poulie à double gorge, établie au niveau du sol, dans l'axe du puits supporte le tube et le fil de suspension au moment où ils pénètrent dans le puits. Au moment où l'on veut opérer, on doit commencer par remplir l'appareil de mercure, après avoir aspiré l'air au moyen d'une machine à faire le vide ; sans cette précaution il reste toujours de l'air qui divise la colonne de mercure et altère les résultats [1] » (fig. 27).

Les différentes parties du tube d'acier étaient raccordées les unes aux autres à l'aide de manchons à vis s'appliquant sur des rondelles de fer soudées aux extrémités ; des rondelles de cuir interposées servent à rendre le tube étanche sous une forte pression de mercure. Le tube de verre renfermant le gaz était placé dans le tube laboratoire ; pour connaître le volume final on avait eu recours à un artifice très ingénieux ; la paroi intérieure était dorée, le mercure, en s'élevant, s'amalgamait à l'or et laissait une trace bien

1. t et t' représentent des thermomètres donnant la température du gaz.

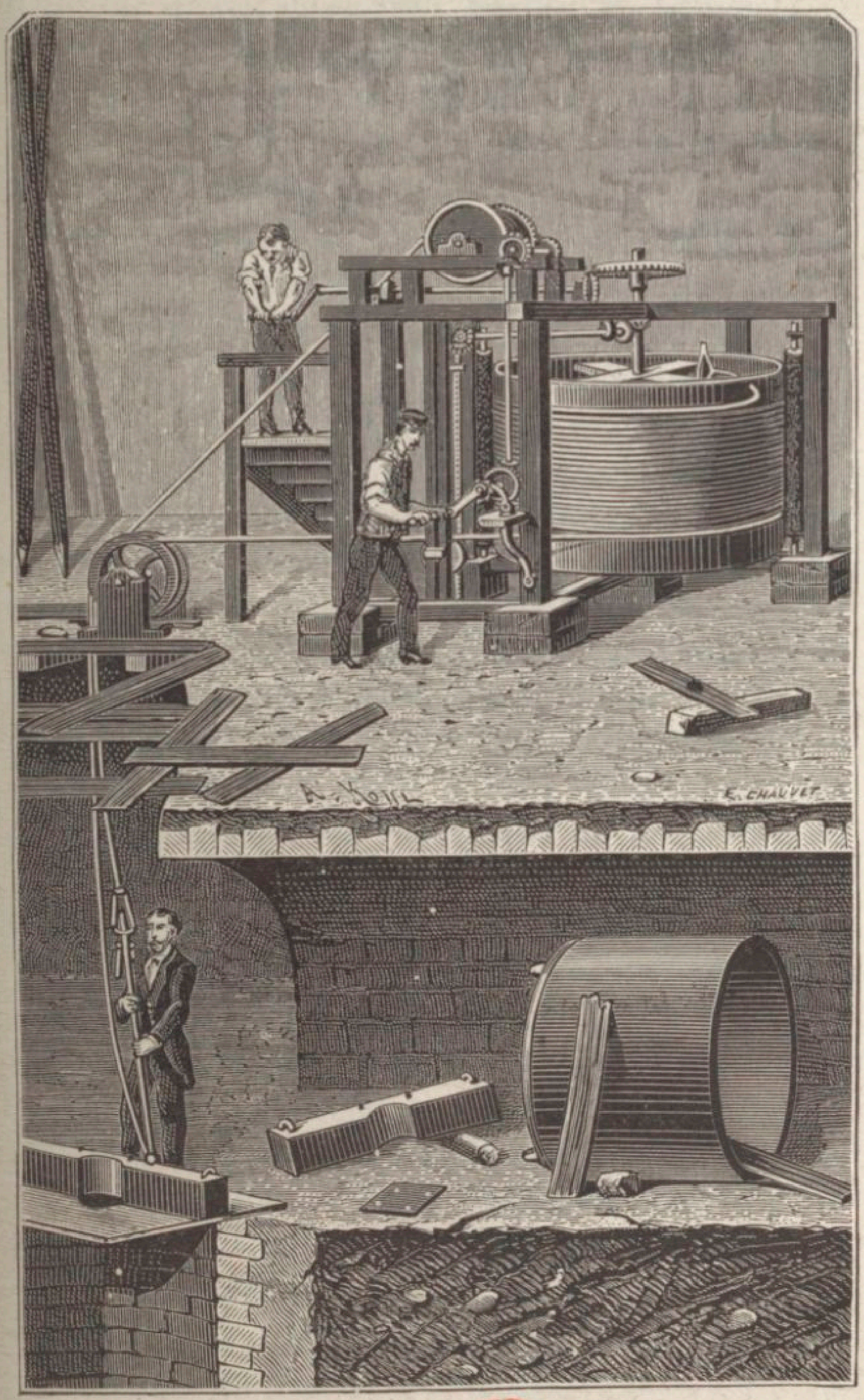


Fig. 27. — Ensemble de l'appareil de la Butte aux Cailles.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

nette du niveau qu'il avait atteint. M. Cailletet, en opérant sur l'azote, a reconnu que jusqu'à 100 atmosphères il se comprime plus que ne le veut la loi de Mariotte, et au delà jusqu'à 245 atmosphères sa compressibilité diminue.

Pour concevoir les propriétés générales des gaz, on admettait généralement que la force répulsive qui s'exerce entre les molécules l'emporte sur les forces attractives. Mais cette hypothèse ne suffit pas pour expliquer tous les phénomènes, et plusieurs savants, Herepath, Joule, Krœnig, Clausius et Clerk Maxwell, ont remis en honneur, en la perfectionnant, une théorie due à Daniel Bernouilli et énoncée par lui en 1738 dans son traité d'hydrodynamique. Il regardait un gaz comme formé de particules très petites animées de mouvements très rapides dans toutes les directions; par leurs chocs multipliés les corpuscules maintiennent un piston soulevé, et la force élastique doit dépendre du nombre de chocs dans un temps donné, c'est-à-dire du volume occupé par le gaz. D'après Bernouilli, le sens suivant lequel se meuvent les particules varie de l'une à l'autre; les savants qui ont repris cette idée sont arrivés, d'après des calculs de probabilités, à admettre qu'on peut regarder la vitesse moyenne des molécules comme constante pour un même gaz quelle que soit la direction du chemin parcouru. La valeur de cette vitesse moyenne par seconde est, à la température de la glace fondante, de 485 mètres pour l'air, 461 pour l'oxygène, 492 pour l'azote et 1848 pour l'hydrogène; ces vitesses sont comparables à celle d'un projectile à la sortie d'une arme à feu à longue portée.

Cette théorie soulève naturellement une objection sérieuse au premier abord, mais qu'un examen attentif ne laisse pas subsister; il semble qu'une particule animée d'une aussi grande vitesse devrait parcourir en ligne droite une très grande longueur, tandis que l'on voit la fumée de tabac, par exemple, tourbillonner dans l'air en formant des nuages bleus et s'avancer progressivement d'un mouvement assez lent. Mais la vitesse a été calculée en supposant une molécule isolée, tandis qu'en réalité chacune d'elles en rencontre un grand nombre d'autres, est déviée dans sa marche ou renvoyée en arrière; le mouvement de chaque molécule est une ligne brisée dont les côtés sont très petits, de sorte qu'elle n'arrive qu'à une très petite distance de son point de départ dans l'unité de temps; c'est ce qu'on appelle la longueur du chemin moyen, elle est de 90 millionièmes de millimètre pour l'air à la température de zéro et à la pression de 760 millimètres de mercure, et de 169 millionièmes de millimètre pour l'hydrogène. Les vitesses et les chemins moyens parcourus par les molécules gazeuses sont d'autant plus grands que le gaz est plus léger. M. Maxwell a donné une idée de ce qui se passe dans une masse gazeuse en la comparant à un essaim d'abeilles; si cette masse se trouve transportée dans une direction déterminée, chaque particule perd une partie de sa vitesse, d'où résulte un frottement intérieur qu'il a calculé pour les différents gaz et qui est d'autant plus faible que la vitesse est plus grande. A cette vitesse des molécules gazeuses on peut aussi, comme l'avait fait remarquer Dalton, attribuer le pouvoir refroidissant des gaz. La simpli-

cité des lois physiques qui régissent l'état gazeux et qui s'appliquent à tous les gaz parfaits a aussi conduit les savants à admettre que tous possèdent à volume égal un même nombre de molécules.

En résumé nous voyons que les propriétés des corps, qui se présentent sous le troisième état, affectent un caractère d'uniformité que nous ne retrouvons ni dans les solides, ni dans les liquides, et qui résulte de ce que les changements qui se produisent peuvent être considérés comme des modifications de mouvement; les molécules se meuvent indépendamment les unes des autres, sauf pendant le temps très court où elles entrent en collision. La chaleur a pour effet de produire un accroissement de vitesse et par suite augmente le nombre des chocs des molécules contre les parois, qui se traduit par une variation de la force élastique ou une dilatation de la masse gazeuse.

Nous avons indiqué ci-dessus une expérience qui nous permettrait de constater à l'aide de l'acide carbonique l'existence d'une surface libre; en laissant cette expérience se prolonger, on observe un phénomène curieux et dont nous pouvons facilement nous rendre compte. Le volume de la bulle augmente rapidement, la bulle devient plus lourde et descend dans la couche de gaz; l'épaisseur de la couche savonneuse diminue, ce qu'on reconnaît à l'aide des colorations, et bientôt, sous l'influence de la pression du gaz intérieur, la bulle éclate. Ceci résulte de deux causes: le gaz acide carbonique se dissout dans la lame liquide, arrive à la surface interne et se dégage dans l'air qui gonfle la bulle; la pression augmente par suite de l'accumulation du gaz qui s'est diffusé dans l'air intérieur

Comme les liquides, les gaz peuvent se diffuser quand ils sont en contact d'un autre gaz, et la diffusion peut avoir lieu soit directement, soit à travers un corps solide. Graham a fait une étude particulière de cet échange gazeux et a montré que le passage des gaz à travers de petites ouvertures est d'autant plus

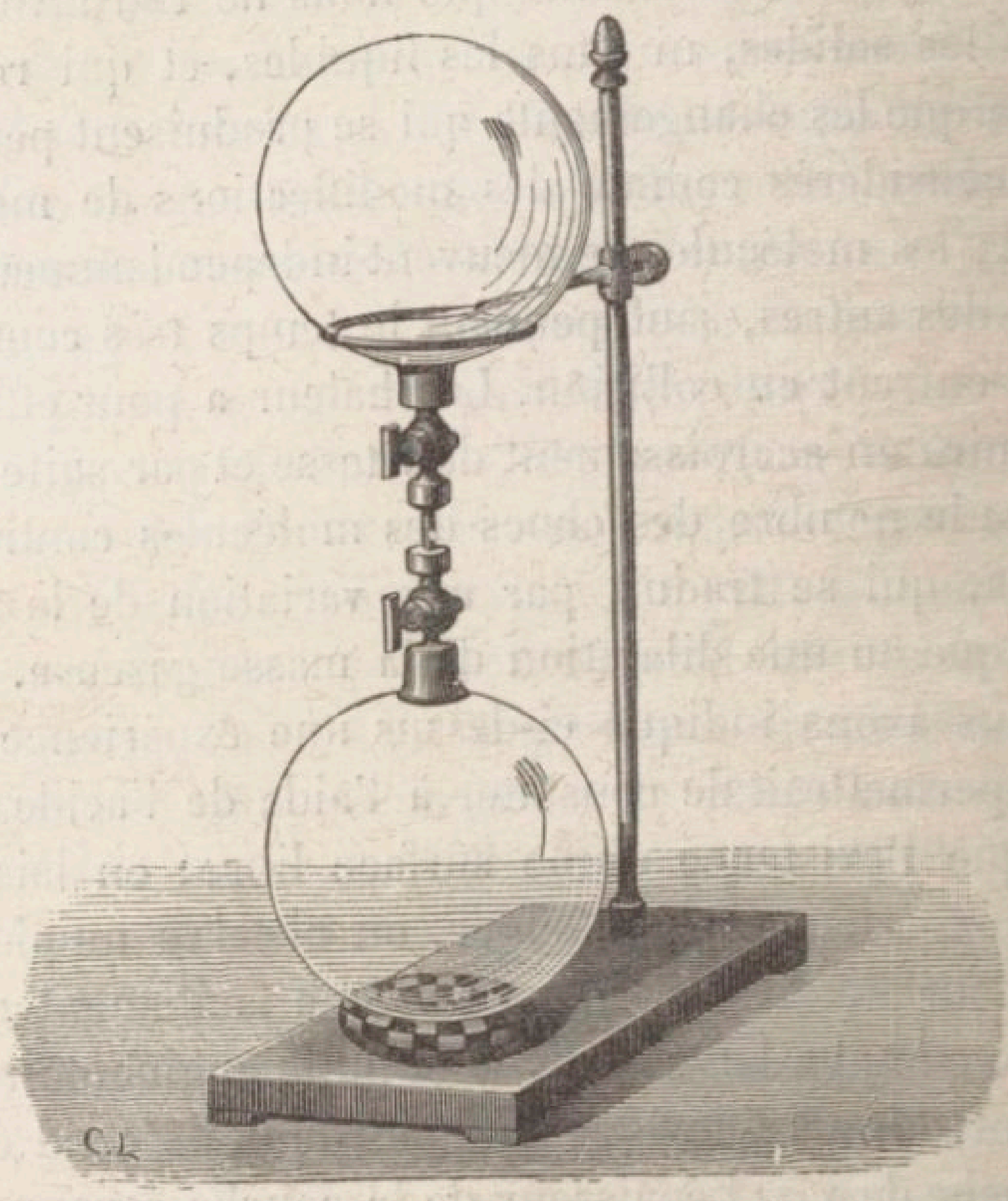


Fig. 28. — Expérience de Berthollet.

rapide que le gaz est plus léger; les recherches ont donné lieu à un très grand nombre d'applications utiles.

La première expérience connue, relative au mélange spontané des gaz est celle de Berthollet; ce savant avait rempli deux ballons de gaz, de densités très diffé-

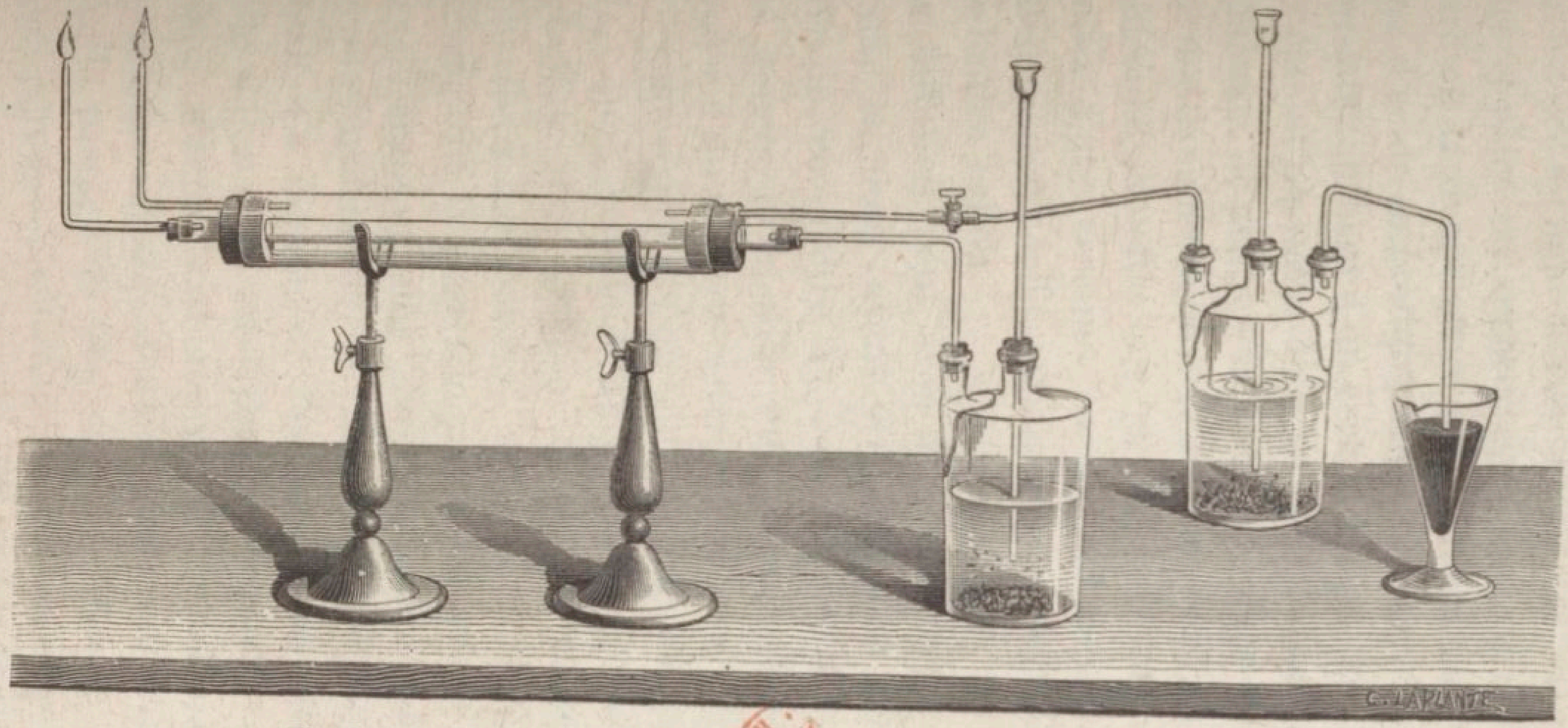


Fig. 29. — Diffusion de l'hydrogène dans une atmosphère d'acide carbonique.

rentes : l'acide carbonique et l'hydrogène; après les avoir fermés à l'aide de robinets, il les vissa l'un sur l'autre et plaça cet appareil dans les caves de l'Observatoire où la température se maintient constante, le ballon d'acide carbonique étant à la partie inférieure; il constata, au bout d'un certain temps, que les deux gaz s'étaient répandus dans les deux ballons (fig. 28). Le mélange ne peut avoir lieu, en raison de la différence des densités dans les conditions où l'on a opéré; il faut donc admettre que les molécules des deux gaz, animées d'une certaine vitesse, ont rencontré à un moment donné l'orifice commun et se sont précipitées dans l'autre ballon.

La diffusion peut avoir lieu au travers de corps poreux, et nous avons précédemment indiqué ce moyen de reconnaître la porosité des solides. Graham avait construit un appareil nommé diffusiomètre, composé d'un tube de verre cylindrique fermé à sa partie supérieure par une mince plaque de plâtre de Paris, qu'il remplaça plus tard par une plaque de graphite d'un demi-millimètre d'épaisseur. Cette éprouvette, à fond poreux, étant remplie d'hydrogène, et placée sur la cuve à mercure, on voyait le niveau s'élever, accusant une diminution de pression due à ce que l'hydrogène était sorti plus vite que l'air ne rentrait. La diminution de volume est encore plus rapide si l'on place au-dessus de l'appareil une cloche remplie d'acide carbonique. Un grand nombre de dispositions ont été adoptées pour rendre manifeste le facile passage de l'hydrogène à travers les membranes poreuses ; nous mentionnerons, en particulier, la suivante, qui est due à M. Sainte-Claire Deville. Un

tube en terre poreuse, placé dans l'axe d'un tube en verre ou en porcelaine vernissée, reçoit un courant d'hydrogène qui se dégage par un tube effilé à l'extrémité duquel on enflamme le gaz. Dans la partie annulaire on fait passer un courant d'acide carbonique : la diffusion a lieu et l'on voit la flamme baisser d'abord, puis s'éteindre quand la proportion d'acide carbonique diffusé augmente, tandis que le jet du gaz qui s'échappe de l'espace compris entre les deux tubes peut être enflammé par suite de la présence de

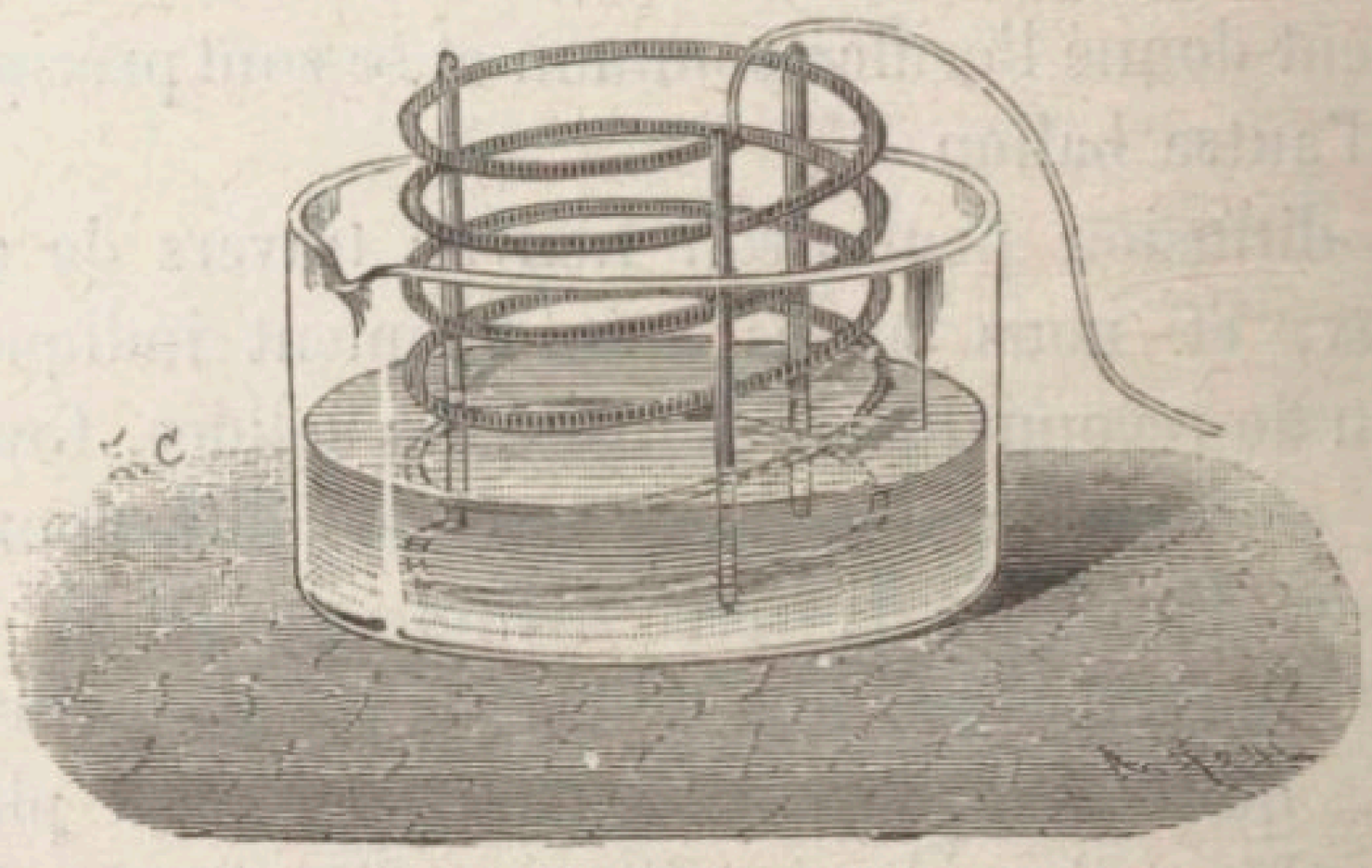


Fig. 30. — Diffusion de l'hydrogène dans un tube de fer.

l'hydrogène (fig. 29). Si on adapte sur le trajet d'un tube par lequel on dégage de l'hydrogène, un fragment de tuyau de pipe, on recueille sur la cuve à eau un très petit nombre de bulles et l'on constate aisément qu'elles sont formées d'air à peu près pur.

M. Cailletet, par des expériences très ingénieuses, a montré la diffusion des gaz à travers les métaux; à celles que nous avons citées nous ajouterons la suivante. Un tube de fer, à parois minces, aplati et enroulé en spirale, est plongé dans un vase à fond plat rempli

d'eau acidulée; à ce tube est soudé un tube de cuivre très fin qui se rend sur une cuve à eau: il s'échappe de ce dernier tube des bulles de gaz que l'on reconnaît être de l'hydrogène; celui-ci se produit au contact du fer avec l'acide, mais la diffusion fait pénétrer le gaz à travers les parois dans l'intérieur du tube de fer (fig. 30).

Toutes les fois qu'un gaz est séparé d'un autre par l'intermédiaire d'une cloison poreuse, la diffusion a lieu comme si au delà se trouvait le vide, et le phénomène continue tant que les pressions de l'un des gaz de part et d'autre de la cloison sont différentes. Il s'établit un double échange; le courant produit par le gaz le moins dense est plus rapide que pour l'autre gaz, mais au bout d'un certain temps la proportion du mélange gazeux est la même de part et d'autre. Tel est le principe d'une méthode d'analyse imaginée par Graham et nommée par lui *atmolyse*, qui permet de séparer des gaz de densités différentes renfermés dans un réservoir commun. L'appareil de Graham se composait d'un tuyau de pipe fixé dans un tube de verre plus court et plus large dans lequel on puisait le gaz à l'aide d'une petite pompe à air. Si l'on fait passer dans le tuyau de pipe un mélange détonant composé de 2 volumes d'hydrogène et 1 volume d'oxygène, on ne trouve plus après l'atmolyse que 9,3 pour 100 d'oxygène; il y a inflammation au contact d'une bougie allumée sans qu'une détonation se produise.

M. H. Deville a appliqué cette méthode à la séparation des gaz de l'eau décomposée à une haute température. Le courant de vapeur d'eau traverse un tube en terre poreuse P fixé dans l'axe d'un tube L en porcelaine

vernissée beaucoup plus large. Comme dans l'expérience précédemment citée, l'espace annulaire compris entre les deux tubes est traversé par un courant de gaz acide carbonique de T en T′ (fig. 31).

Les métaux chauffés sont plus perméables qu'à la température ordinaire, ce qui explique les dangers auxquels on est exposé, quand on emploie, comme appareils de chauffage, les poêles en fonte ; l'oxyde de carbone, qui est l'agent actif dans l'asphyxie par le

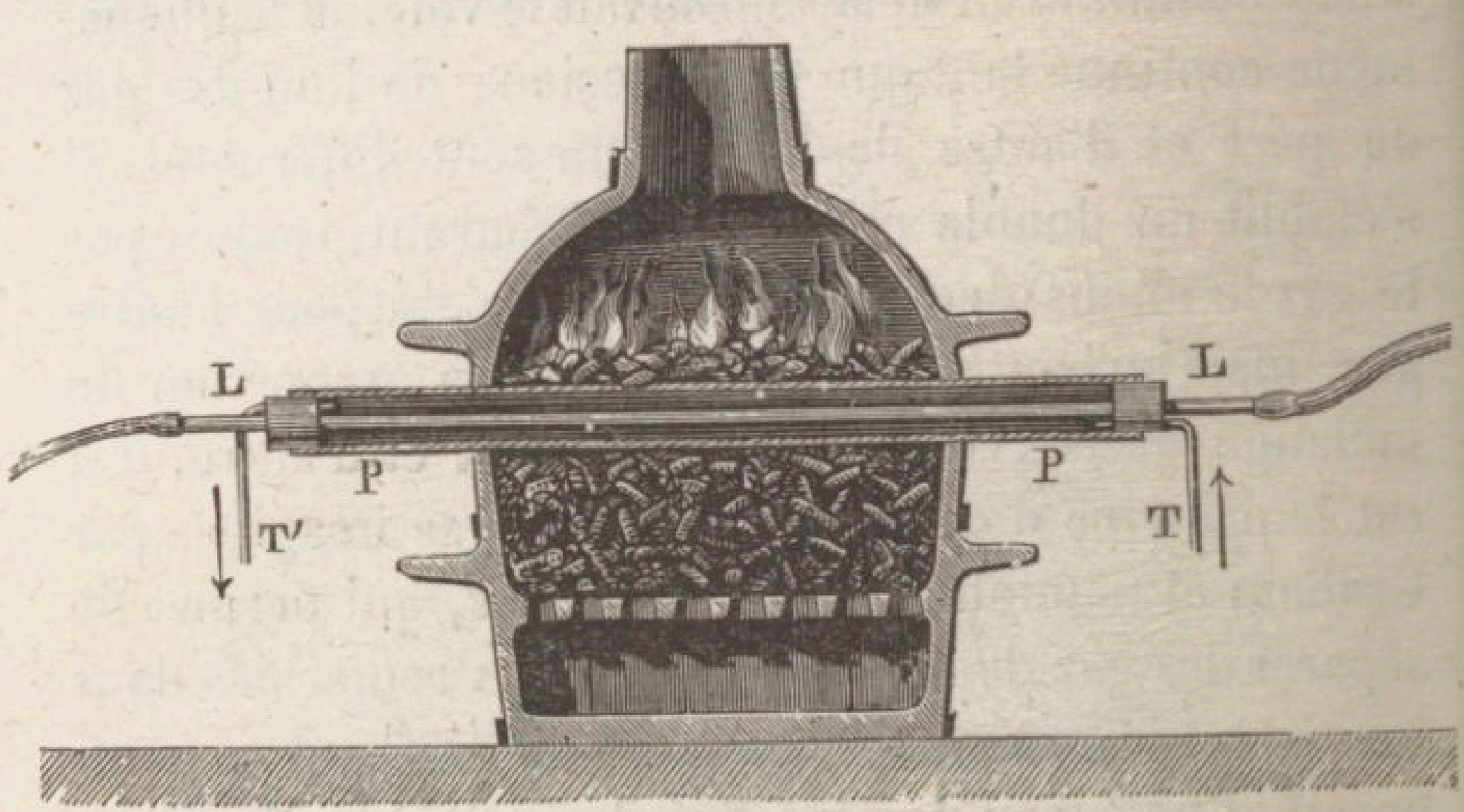


Fig. 31. — Séparation des gaz de l'eau.

charbon passant à travers les pores de la fonte, se répand dans l'air environnant et peut s'y trouver en quantité assez grande pour vicier l'atmosphère de la salle.

Un corps solide, mis au contact d'un gaz, peut en absorber une grande quantité ; les molécules gazeuses pénétrant dans les interstices, y restent emprisonnées ; ayant perdu leurs vitesses, elles donnent lieu à une disparition d'énergie actuelle qui se traduit par une élévation de température de la masse du corps. Mais,

d'autre part, la chaleur tend à produire l'effet inverse et à chasser le gaz emprisonné dans les pores du solide. Ce dégagement de chaleur peut être rendu sensible à l'aide de la mousse de platine, surtout si on la place dans un mélange de deux gaz dont une élévation de température peut provoquer la combinaison; un fragment introduit dans une éprouvette contenant un mélange détonant d'oxygène et d'hydrogène devient incandescent et provoque la détonation du gaz. Le briquet à hydrogène fonctionne de la même manière : un jet de gaz est projeté sur une petite capsule renfermant un fragment de mousse de platine qui s'échauffe et enflamme le jet, dont on se sert pour allumer une petite lampe à huile. Le charbon absorbe facilement les gaz à froid, et de tous c'est l'ammoniaque qui est le plus facilement absorbable; on a démontré qu'un certain volume de ce charbon de bois absorbe jusqu'à 90 fois son volume de ce gaz, que l'on peut ensuite dégager en soumettant à l'action de la chaleur; le charbon absorbant aussi l'acide sulfhydrique et d'autres gaz qui pourraient vicier l'air, on utilise cette propriété pour se débarrasser des émanations malsaines.

Le palladium est, de tous les métaux, celui qui absorbe le plus facilement l'hydrogène; Graham a distingué ce phénomène d'absorption des phénomènes de diffusion. Comme il n'a pas pu dégager le gaz en plaçant le palladium hydrogéné dans le vide, il a pensé qu'il se formait dans ce cas une véritable combinaison, ce qu'ont démontré depuis de nouvelles expériences de MM. Troost et Hautefeuille. Le volume du métal, se combinant avec l'hydrogène,

augmente, ainsi qu'on le met en évidence par l'expérience suivante.

On prend pour électrode négative dans la décomposition de l'eau une lame de palladium, de 10 à 15 centimètres de long, vernie sur l'une de ses faces; on fait passer le courant, le volume de la face sur laquelle a lieu le dégagement d'hydrogène augmente et la lame se recourbe de plus en plus, en forme de spirale, la face vernie se trouvant à l'intérieur (fig. 32).

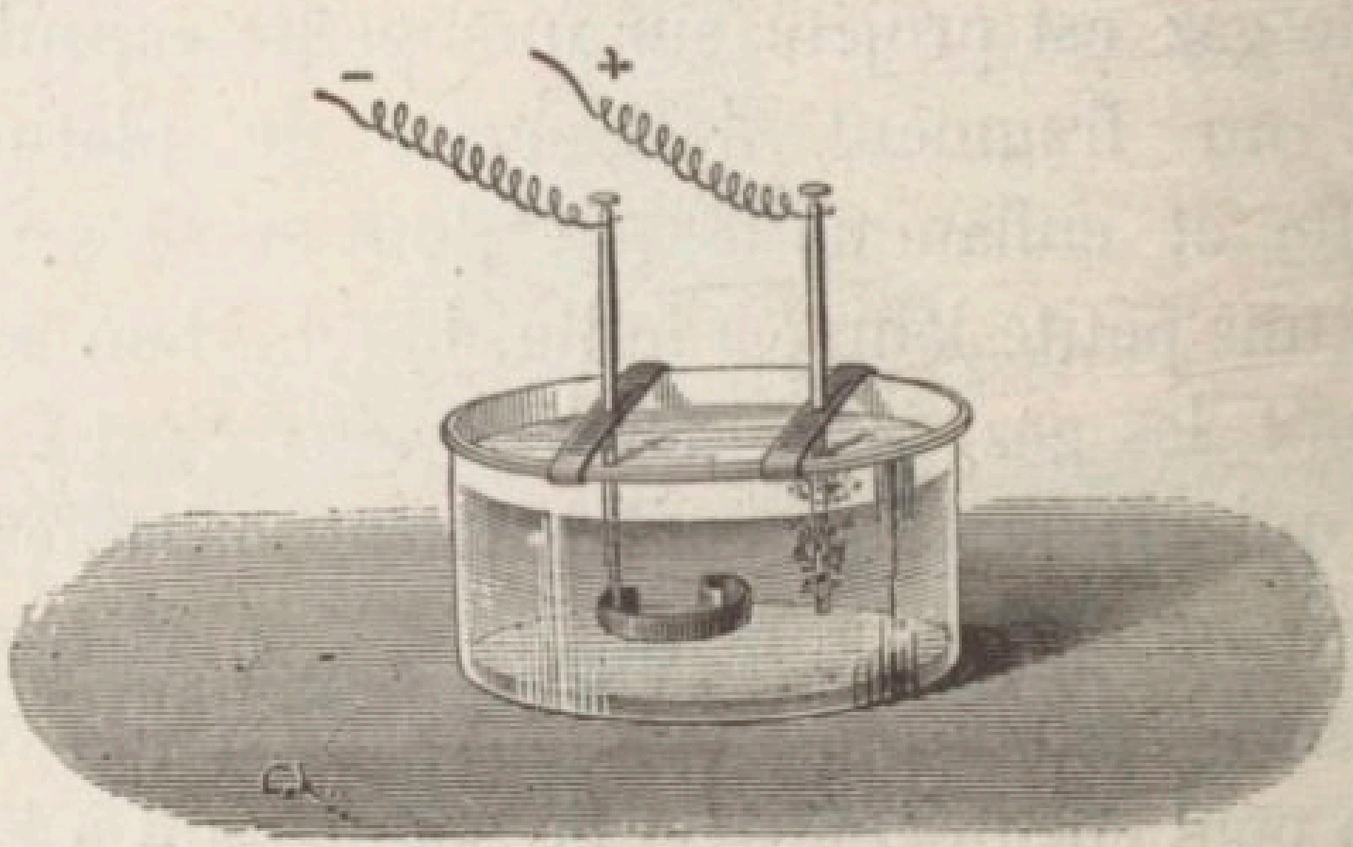


Fig. 32. — Voltamètre à lame de palladium.

Les propriétés générales des corps sont donc en rapport avec l'état physique et, pour le moment, nous devons admettre l'opinion générale d'après laquelle on regarde les états de la matière comme résultant des relations qui existent entre des forces hypothétiques s'exerçant entre ces particules extrêmes que nous nommons molécules ou atomes. La chaleur agissant sur les corps peut modifier les actions réciproques s'exerçant de particule à particule et amener des changements d'état dont nous allons passer en revue les circonstances de production. Dans toutes

les modifications qu'ils subissent, soit qu'ils se transforment, en changeant d'état physique, soit qu'ils entrent en combinaison les uns avec les autres, les corps conservent toujours le même poids. Méconnue jusqu'à la fin du siècle dernier, cette invariabilité de la quantité de matière a été mise en évidence par Lavoisier : en se servant de la balance pour l'étude des phénomènes chimiques, ce grand génie a démontré que l'on pouvait regarder comme constante la somme de matière répandue dans l'univers. A ce principe de la conservation ou de l'indestructibilité de la matière, renfermé dans ces quelques mots : *Rien ne se perd, rien ne se crée*, la science moderne a ajouté le principe de la conservation de l'énergie, et ces deux grandes vérités, aujourd'hui admises par tous les savants, ont servi de point de départ aux grandes découvertes accomplies pendant le dix-neuvième siècle.

DEUXIÈME PARTIE

CHANGEMENTS D'ÉTAT

CHAPITRE I

L'état physique des corps est en rapport avec la température. — Travail intérieur. — État pâteux. — Substances réfractaires. — Sources de chaleur. — Fusion des alliages. — Chaleur latente de fusion de la glace. — Changement de volume des corps pendant la fusion.

A une même température nous pouvons apercevoir autour de nous des corps solides et liquides, et nous savons d'autre part qu'il en existe à l'état gazeux. Mais, pour un même corps, l'état physique n'est pas constant et peut varier suivant la quantité de chaleur qu'il renferme, quantité qui dépend de la température à laquelle le corps est porté. Si, de solide qu'il était, le corps devient liquide, les particules qui le constituent changent de position les unes par rapport aux autres; il s'est donc accompli dans l'intérieur du corps un travail qui exige, pour se produire, une dépense de chaleur; c'est, d'après la théorie mécanique de la chaleur, une transformation de mouvement. Observée depuis longtemps, cette absorption de chaleur avait été expliquée par les physiciens qui admettaient la

matérialité de la chaleur, en supposant que le calorique pénétrant dans le corps ne donnait plus lieu à une manifestation extérieure, n'agissait plus sur le thermomètre, et pour rendre cette idée, on avait adopté le terme *chaleur latente*. Cette expression, qui cache un non-sens, est encore admise aujourd'hui, mais avec la restriction qu'on ne doit plus lui donner la même signification. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux, augmentant encore les distances réciproques des molécules, et les affranchissant des derniers liens qui les maintenaient rapprochées les unes des autres, représente un travail plus considérable, effectué aux dépens d'une quantité de chaleur relativement grande, empruntée soit au corps lui-même, dans certains cas particuliers, soit à un foyer de chaleur. L'inverse peut avoir lieu, c'est-à-dire que, par leur rapprochement, les particules peuvent être replacées dans une situation telle que ces forces, auxquelles nous avons donné le nom de cohésion, peuvent entrer en jeu, et un nouvel état d'équilibre moléculaire se produit; une certaine quantité de chaleur se dégage par suite de la consommation d'un certain travail.

Ces modifications se nomment changements d'état : quand on les observe superficiellement, on arrive à quelques lois fort simples; mais si l'on suit attentivement les phénomènes, si l'on étudie avec soin les circonstances de production, on reconnaît que le changement d'état, quoique possible, n'a pas toujours lieu et qu'il n'apparaît que sous l'influence de certaines causes qui échappent à un premier examen. Des expériences récentes ont montré que certains corps, qui, jusqu'à ces dernières années, avaient toujours

conservé l'état gazeux, peuvent être amenés à l'état liquide et même solide; et cette découverte est une des plus belles conséquences de la thermodynamique et une des plus belles conquêtes de la méthode expérimentale. Nous allons aborder l'étude de ces changements d'état successifs, en énumérer les principales lois et les circonstances de production.

Les propriétés générales de la matière sont les mêmes pour tous les corps quand on les considère dans leur état présent solide, liquide, ou gazeux. Mais dans l'étude de leur transformation, qui caractérise le changement d'état, interviennent pour les différentes substances des conditions particulières de température et de pression relatives à telle ou telle espèce de matière; et cela est si vrai que souvent le chimiste ou le physicien cherchent à reproduire ces conditions pour définir la nature du corps qui se présente à eux et reconnaître si ce corps est seul ou mélangé avec d'autres.

De toutes les substances sur lesquelles on peut étudier les modifications d'état physique, la plus intéressante assurément est l'eau, que la nature nous offre en si grande abondance sous ses trois états, et qui, par ses propriétés remarquables, est un des corps les plus curieux à étudier. Tout le monde connaît la glace, l'eau liquide, la vapeur d'eau; mais combien ignorent les phénomènes curieux qui accompagnent la formation de la glace!

Tous les corps solides, chauffés jusqu'à une certaine température, se dilatent en conservant l'état solide. Puis à un moment donné la substance subit un ramollissement qui se produit graduellement dans certains cas, et dans d'autres passe inaperçu, si toutefois il

existe. La cire, le verre, le sucre, l'acide phosphorique vitreux, etc., manifestent cette transformation qu'on nomme *état pâteux;* le verre fondu devient visqueux, peut alors être étiré en fils très fins employés pour la confection de panaches servant à orner certaines coiffures. Si l'on souffle dans un tube de verre creux ramolli à son extrémité, on forme une bulle à laquelle on peut, avec l'habitude, donner telle forme et telle épaisseur que l'on veut; c'est cette propriété qu'utilisent les souffleurs de verre. Mais le plus souvent la substance passe brusquement, à une température fixe, de l'état solide à l'état liquide; c'est du moins ce que l'on observe. Cependant certains physiciens, entre autres M. Pfaundler, admettent que cette invariabilité du *point de fusion* est idéale et qu'en réalité au commencement et à la fin du changement d'état les températures sont différentes, — peu il est vrai, — de sorte qu'on n'évalue que la dernière à cause de la courte durée du phénomène. La fixité du point de fusion avait été reconnue il y a longtemps, et le zéro du thermomètre a été déterminé en le plongeant dans la glace fondante. En admettant l'échelle thermométrique adoptée, on reconnaît que quelques substances sont encore liquides à une température inférieure au zéro; le mercure fond à 39, le protoxyde d'azote à 100° au-dessous de zéro. En chauffant d'autres corps à des températures plus ou moins élevées, on en détermine la fusion; quelques-uns ont résisté jusqu'à présent aux tentatives que l'on a faites pour les fondre, et, dans les foyers les plus intenses que l'on ait pu réaliser, ont conservé l'état solide; telles sont la chaux, la magnésie, la strontiane, qui deviennent

incandescentes dans le dard du chalumeau alimenté par un mélange d'oxygène et d'hydrogène, donnent cette lumière éblouissante qu'on désigne sous le nom de lumière Drummond, mais n'éprouvent pas trace de fusion. Le charbon sous ses diverses formes est aussi infusible à l'abri de l'air, et peut être employé, de même que les substances citées précédemment, à la fabrication de creusets réfractaires ; c'est au moyen de creusets formés d'un mélange d'argile et de plombagine, pétries ensemble, que les fondeurs en bronze obtiennent le métal fondu qui sert au moulage des objets.

C'est surtout la fusion des métaux et des alliages, qu'ils forment en s'unissant les uns aux autres, qui a attiré l'attention des expérimentateurs, cette étude ayant une grande importance soit au point de vue théorique, soit au point de vue pratique. Tous les métaux ont pu être fondus, mais quelques-uns d'entre eux, que l'on trouve dans les minerais de platine, dans ces dernières années seulement, à la suite des remarquables travaux de MM. Henri Sainte-Claire Deville et Debray sur la production des hautes températures. Pour se procurer de la chaleur on a recours aux combustions vives dues à la combinaison de corps combustibles avec l'oxygène ; pour obtenir le meilleur résultat il faut renouveler l'air et éviter aussi la présence d'un gaz inerte et la perte de chaleur par rayonnement ou par contact avec l'air ambiant. Sur ces principes sont basés les appareils de chauffage, et c'est en étudiant avec soin la constitution des flammes, la vitesse d'inflammation des mélanges gazeux, qu'on est arrivé à obtenir de très

hautes températures avec du gaz d'éclairage mélangé à l'air ou l'oxygène.

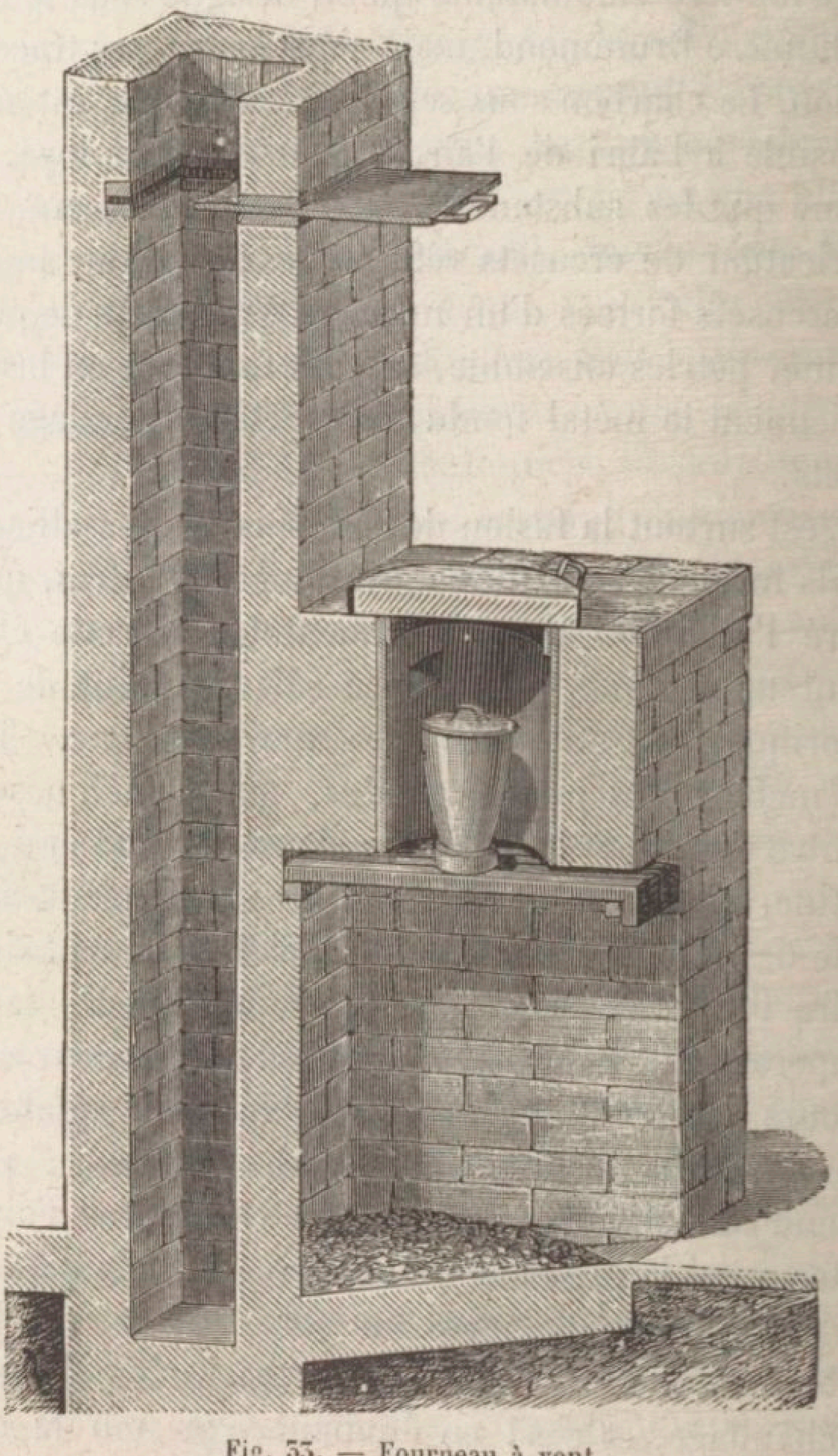


Fig. 33. — Fourneau à vent

Dans l'industrie, les fourneaux sont chauffés au

charbon ; la flamme activée par un fort tirage traverse une longue colonne de minerai mélangé au réducteur ou passe sous une voûte en terre réfractaire qui concentre la chaleur en un point. Dans les laboratoires, on emploie un fourneau à vent, composé d'un foyer adossé à une longue cheminée (fig. 33). M. H. Sainte-Claire Deville a fait voir que le charbon divisé, mélangé à du coke concassé, à du charbon de cornue et à des escarbilles, qui restent comme résidu de la combustion de la houille, donnent, si on alimente la combustion à l'aide d'un fort soufflet de forge, une température assez élevée pour fondre le chrome et le platine ; il a employé le fourneau représenté par la figure 34,

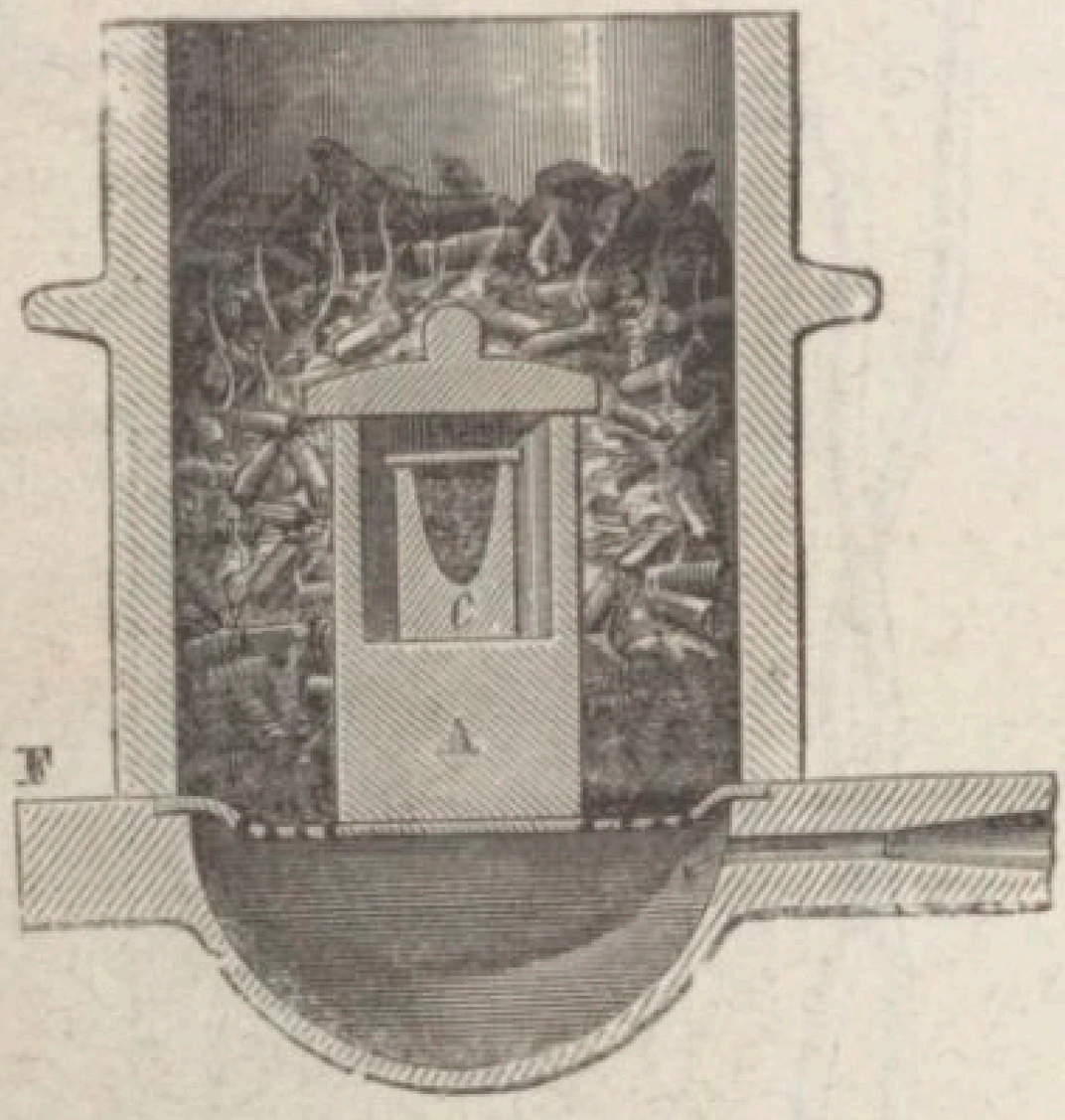


Fig. 34. — Fourneau de M. H. Deville.

composé d'une cavité hémisphérique en fonte F sur laquelle repose un disque en fonte percé de trous d'un centimètre de diamètre supportant les creusets A, C ; le combustible est maintenu par un cylindre en terre réfractaire de même largeur que la grille.

Le mélange de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène, brûlant à l'extrémité d'un chalumeau, donne une température qui atteint 2800°. Mais ce mélange donne lieu à une très forte détonation ; de là résultèrent des accidents graves qui firent renoncer à son emploi jusqu'au jour où MM. Deville

et Debray imaginèrent le chalumeau à gaz séparés, composé de tubes concentriques; le tube extérieur amène à l'extrémité du chalumeau l'hydrogène ou le gaz d'éclairage, et par le tube central on fait arriver l'oxygène (fig. 35). Pour la fusion des métaux réfractaires on opère en entourant la flamme d'un fourneau en chaux vive, légèrement hydraulique, ou, s'il s'agit de grandes masses de métal, au moyen de cavités et de dôme en calcaire des environs de Paris; c'est à l'aide de plusieurs chalumeaux accouplés qu'on a fondu au Conservatoire des Arts et Métiers le lingot de platine iridié devant servir à la construction de l'étalon métrique international (fig. 36).

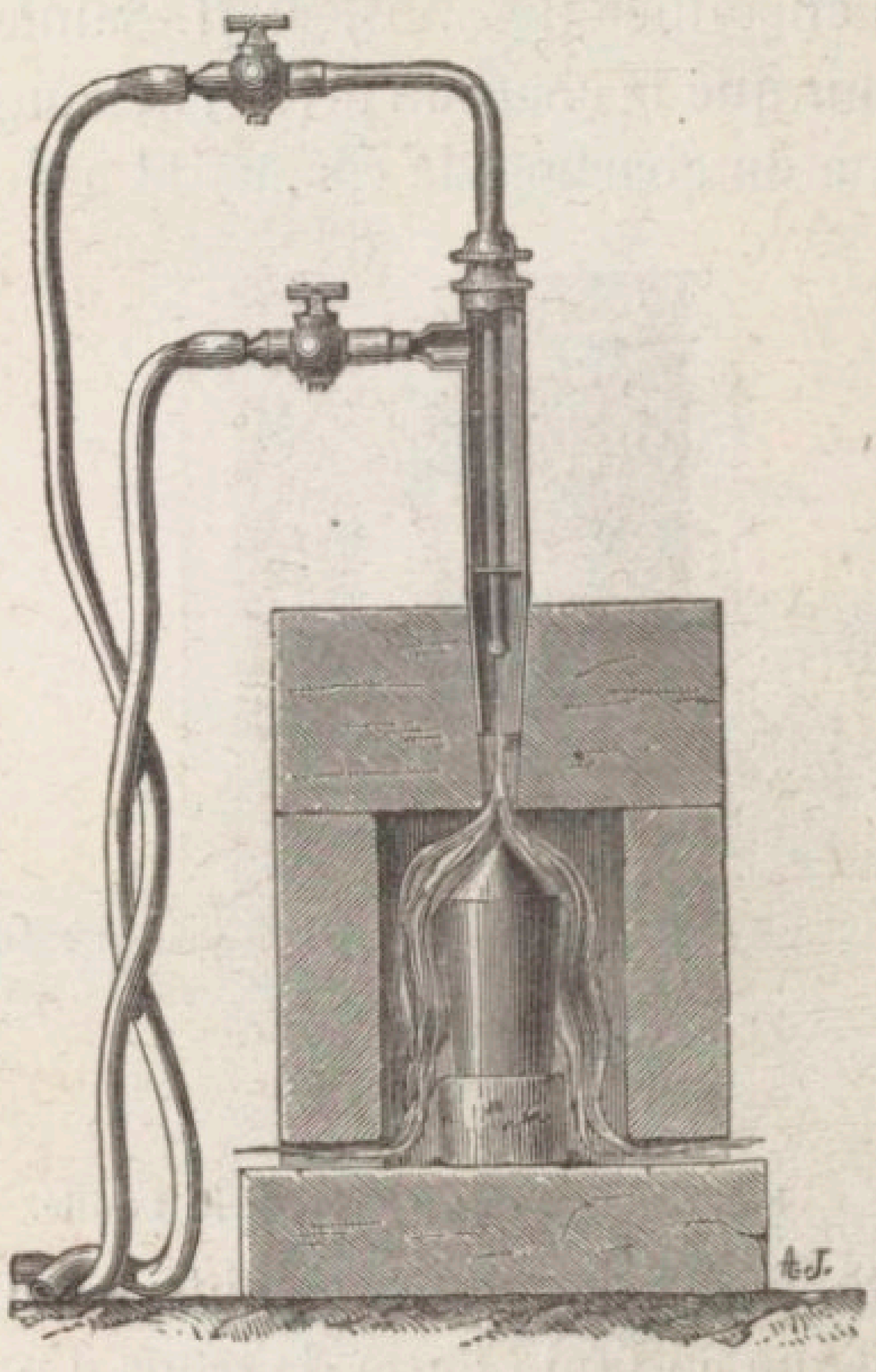


Fig. 35. — Chalumeau oxyhydrique.

Dans un travail sur l'inflammation des mélanges gazeux, M. Schlœsing, le savant directeur de la Manufacture de tabacs de Paris, a fait voir que si le mélange d'air et de gaz d'éclairage n'est pas bien opéré, la combustion n'est pas complète et l'on perd ainsi une grande quantité de chaleur. Il a construit sur ce prin-

cipe un chalumeau composé d'un long tube en fer portant à son extrémité une chambre munie de tubes en fer par lesquels arrivent, d'une part, du gaz d'éclairage, et d'autre part, de l'air sous une pression telle que la vitesse de sortie du mélange gazeux soit supérieure à la vitesse avec laquelle la combustion

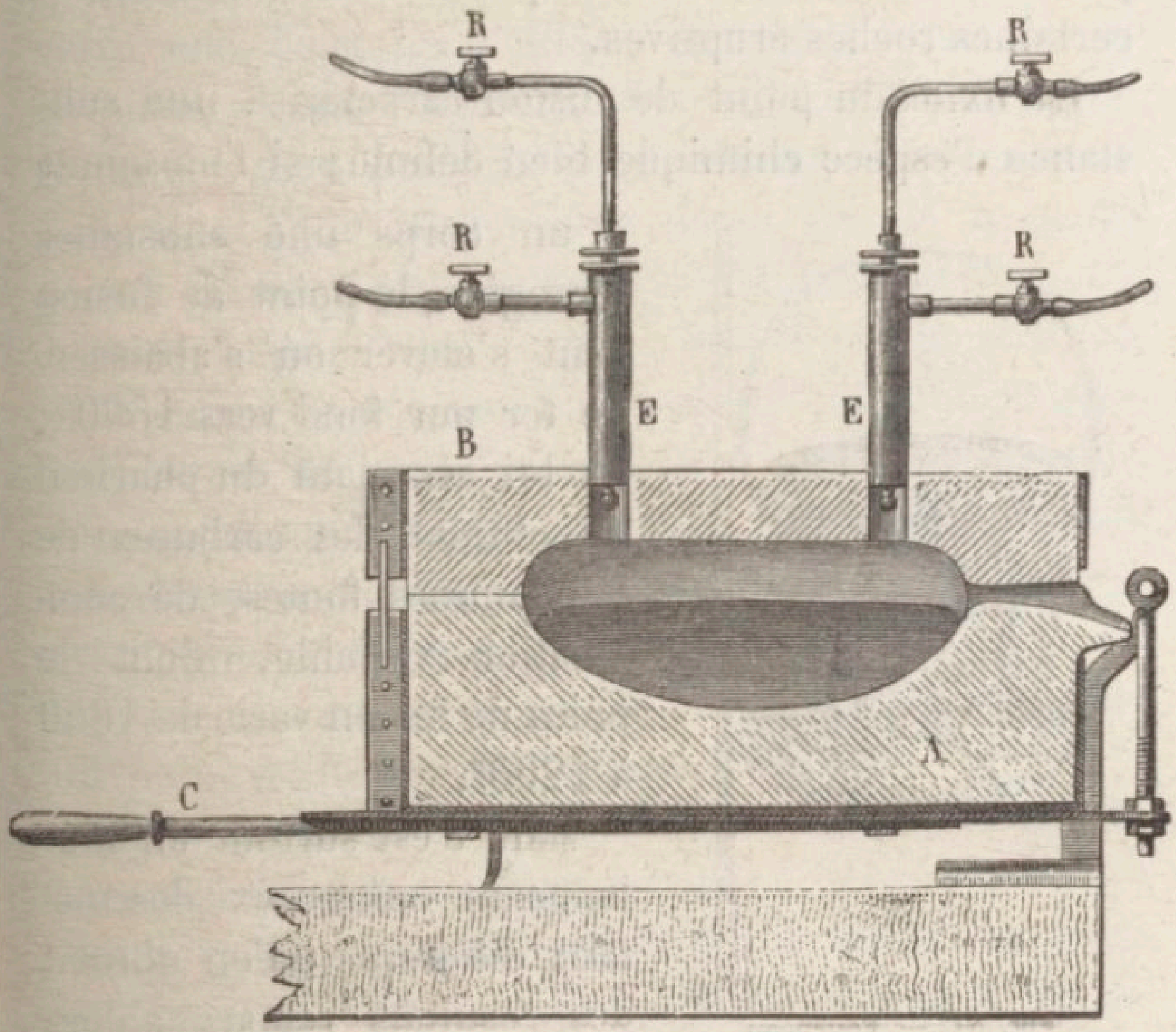


Fig. 36. — Grand creuset pour la fusion du platine[1].

peut se propager. Le chalumeau, recourbé à son extrémité, s'engage dans une enveloppe en terre réfractaire où se placent les substances que l'on veut

1. A, B, représentent le creuset et son dôme; C, un levier servant pour la coulée; E, E, les chalumeaux; R, R, les robinets de gaz.

chauffer. Dans ces dernières années, deux ingénieurs, MM. Forquignon et Leclercq, ont réduit les dimensions de l'appareil de M. Schlœsing et mis ainsi à la disposition des chimistes un fourneau pour chauffer les creusets à une température de 1700 ou 1800 degrés (fig. 37). Avec cet appareil MM. Fouqué et Lévy ont pu fondre des silicates et reproduire artificiellement certaines roches éruptives.

La fixité du point de fusion caractérise une substance d'espèce chimique bien définie; si l'on ajoute à un corps une substance étrangère, le point de fusion peut s'élever ou s'abaisser. Le fer pur fond vers 1600°; en lui associant du charbon on obtient des carbures de fer nommés fontes, de composition variable, dont le point de fusion varie de 1050 à 1200°.

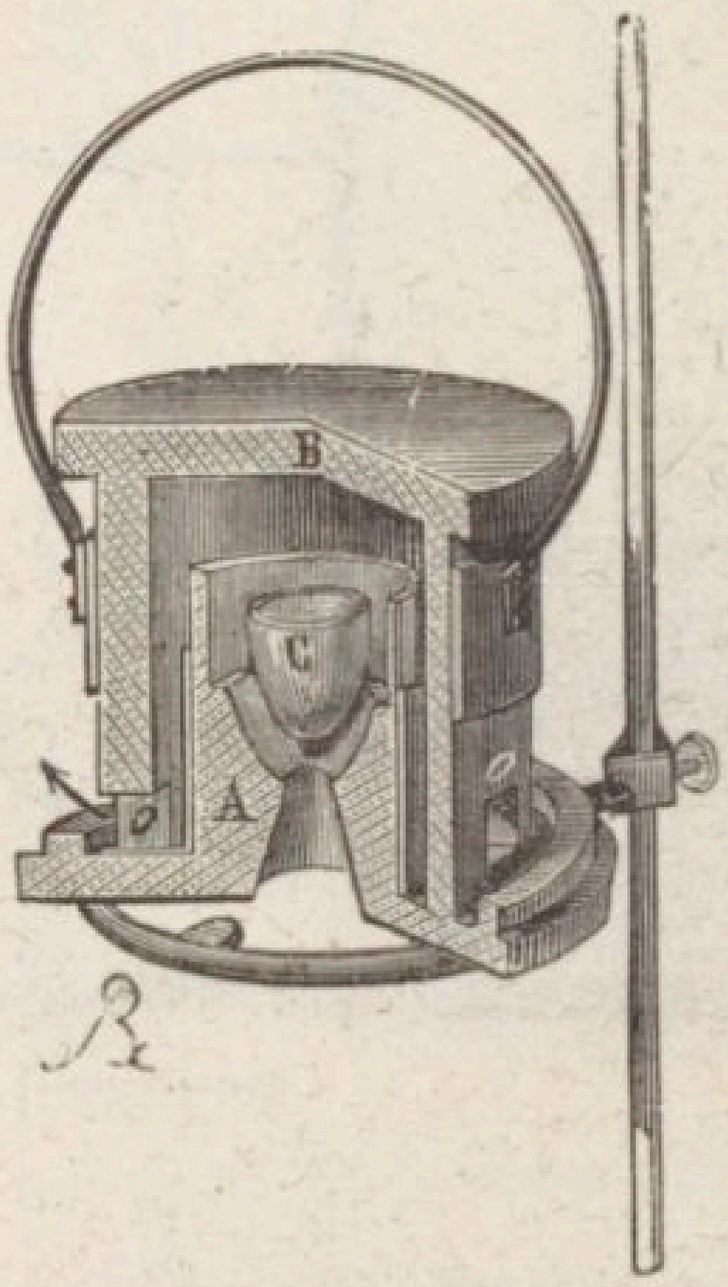


Fig. 37. — Fourneau Forquignon et Leclercq[1].

Mais c'est surtout en mélangeant entre eux des métaux différents qu'on obtient des résultats remarquables; si à un métal peu fusible on ajoute un métal fusible, le corps ainsi formé a toujours un point de fusion inférieur à celui du métal le moins fusible et quelquefois même à celui du métal le plus fusible. L'industrie tient compte de ces propriétés pour la formation de certains alliages; tandis

1. A, fournæau en terre réfractaire; B, son enveloppe; *o*, ouverture de dégagement de la flamme.

que le cuivre ne fond que vers 1000°, le bronze, alliage de cuivre et d'étain, fond vers 900°. Avec l'étain fondant à 228°, le plomb fondant à 325° et le bismuth fondant à 264°, on forme des alliages fusibles de d'Arcet, Newton et Rose, dont la fusion peut avoir lieu dans l'eau chaude non encore bouillante. Pour le montrer il suffit de suspendre dans un ballon en verre une baguette d'alliage composé de 3 parties en poids d'étain, 5 parties de plomb et 8 parties de bismuth ; si on porte à l'ébullition de l'eau contenue dans ce ballon, on ne tarde pas à voir la baguette passer à l'état liquide et le métal fondu tomber goutte à goutte. Ces alliages fusibles sont d'une application utile dans certains cas ; on les emploie pour fabriquer les plaques de joint des soupapes de sûreté, pour le moulage des pièces ne pouvant pas supporter de hautes températures et, dans certaines préparations anatomiques, pour conserver la forme de tissus, que l'on injecte en les maintenant dans l'eau chauffée au-dessus du point de fusion de l'alliage.

Dans la fusion des métaux mélangés on observe encore certaines particularités, qui ont attiré l'attention des savants, et dont l'industrie tire parfois un parti avantageux. Si dans un bain d'alliage fondu on maintient le réservoir d'un thermomètre, on voit d'abord la température s'abaisser assez rapidement, puis rester stationnaire un certain temps, redescendre ensuite et subir un nouvel arrêt ; on conclut de là qu'il y a, pendant le refroidissement, formation d'alliages définis ayant chacun un point de fusion déterminé. Si au contraire on fond un alliage, une partie peut rester solide et dans la partie liquide se retrouve la

majeure partie du métal le plus fusible. Ce phénomène, nommé *liquation*, est utilisé pour la séparation des différents métaux contenus dans un même minerai ; si on fond du plomb mélangé à l'argent, et qu'on laisse ensuite refroidir, on obtient une partie solide composée de cristaux de plomb pauvre, tandis que le bain encore liquide renferme la majeure partie de l'argent. Ce procédé, appelé *patinsonnage*, du nom de son inventeur, a été perfectionné, et à l'usine de Septèmes, près de Marseille, on obtient un résultat plus prompt en agitant le bain fondu à l'aide d'un courant de vapeur d'eau sous trois atmosphères de pression ; le plomb appauvri se dépose sur les parois de la chaudière.

La différence de fusibilité des substances mélangées est encore utilisée, dans certains cas, pour la séparation de ces substances. La matière grasse du suif de mouton est formée, ainsi que l'a montré M. Chevreul dans son beau travail sur les corps gras, d'une combinaison de glycérine avec trois acides, stéarique, margarique et oléique. Après avoir séparé ces trois acides de la glycérine, avec laquelle ils étaient combinés, on soumet à l'action d'une forte presse (fig. 38); l'acide oléique, liquide à la température ordinaire, s'écoule ; par une pression à chaud, obtenue en mettant les pains entre des caisses de tôle où circule un courant de vapeur d'eau, on sépare l'acide margarique fondant à 60° de l'acide stéarique qui fond à 75° (fig. 39).

Certaines substances font exception à la loi générale qui vient d'être exposée, et peuvent être décomposées ou se réduire en vapeurs avant de passer par l'état liquide. L'iode, l'arsenic, le camphre se vola-

tilisent sous la pression ordinaire quand on élève la température. Tout le monde a pu remarquer qu'un morceau de camphre, placé dans un vase exposé au soleil, ne tarde pas à disparaître, mais sur les parties qui ne sont pas échauffées se dépose une croûte blanche formée de petits cristaux de cette substance;

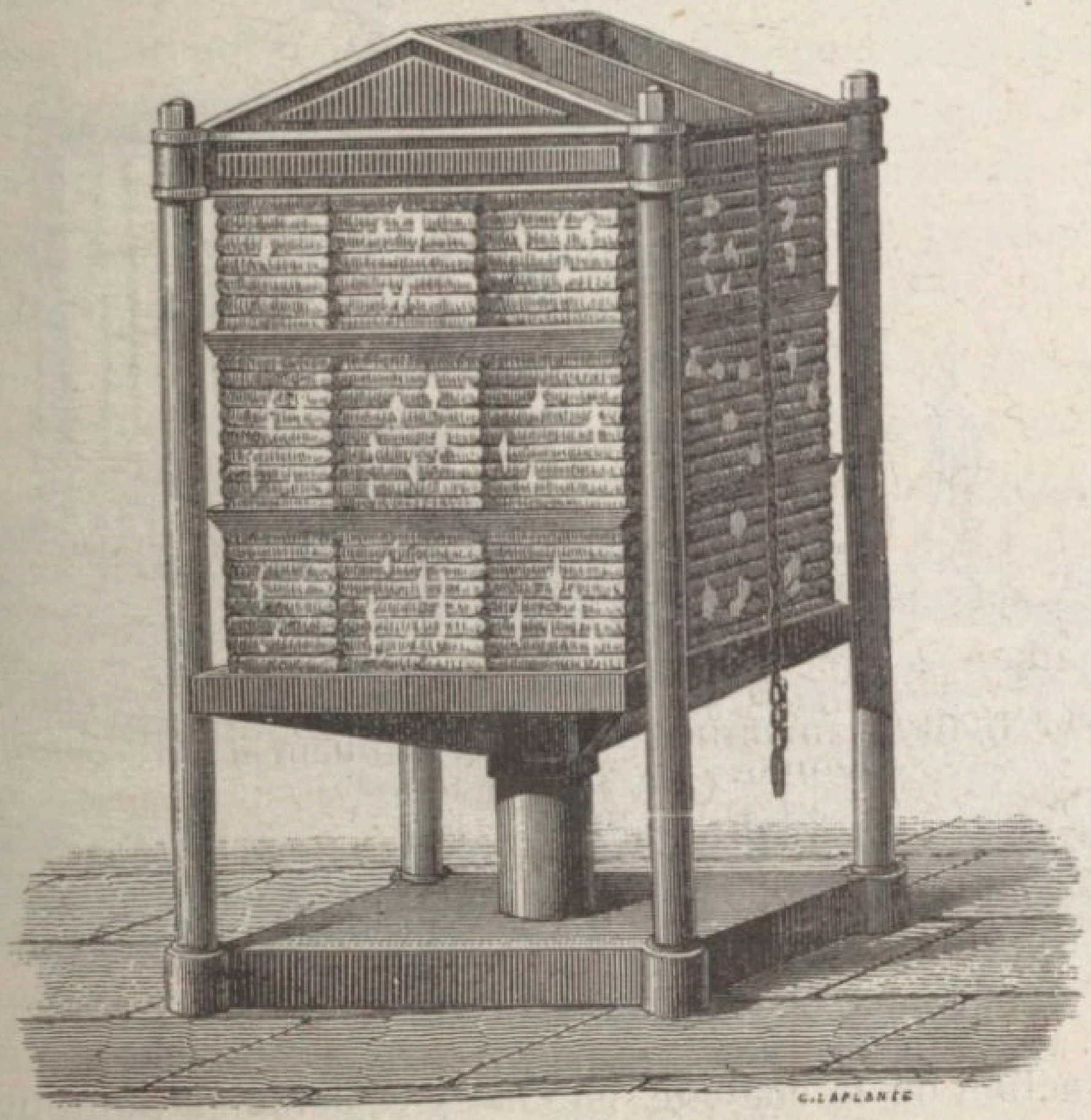


Fig. 38. — Pression des acides gras à froid.

de même l'iode, chauffé dans un ballon, donne des vapeurs violettes, qui vont se condenser dans les parties froides en donnant de belles paillettes cristallisées. Si au lieu d'opérer en vase ouvert on place le corps dans un vase fermé, on peut, en élevant la température, produire la fusion; les vapeurs, au bout

d'un certain temps, exercent une pression considérable qui facilite le passage à l'état liquide. C'est ainsi qu'on obtient la fusion de l'arsenic en le plaçant dans un tube de fer fermé à l'aide d'un bouchon à vis. Le carbonate de chaux se décompose, sous

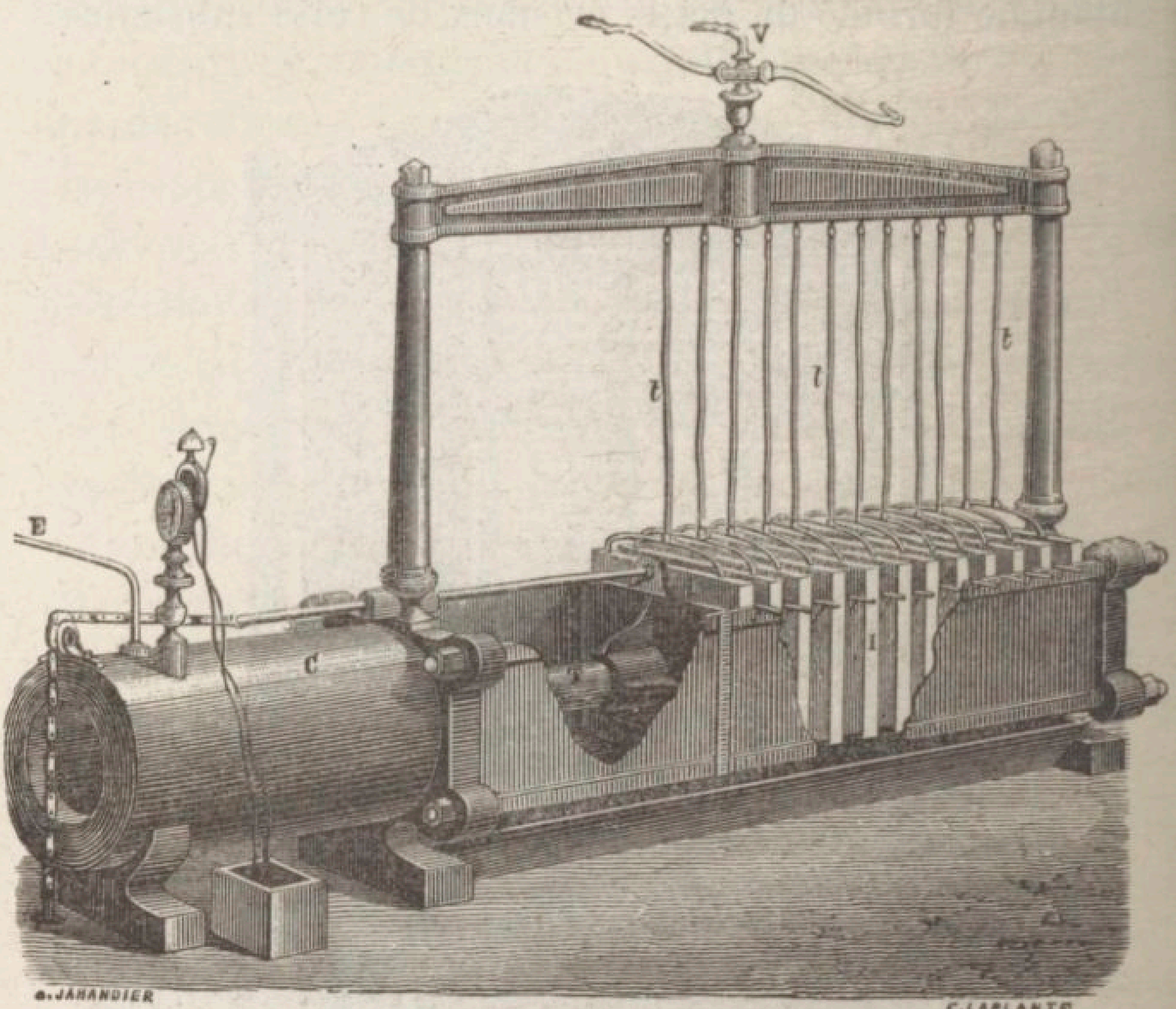


Fig. 39. — Pression des acides gras à chaud[1].

l'action de la chaleur, en chaux et acide carbonique, réaction utilisée pour la fabrication de la chaux ; mais en plaçant de la craie dans un tube de fer fermé, comme l'avait fait le savant James Hall, on obtient la fusion, et par refroidissement une masse qui ressemble à du marbre blanc.

1. C, presse hydraulique; I, caisse de tôle chauffée par la vapeur arrivant par les tubes T, t, t.

L'invariabilité de température pendant la fusion montre que la chaleur est employée à vaincre les forces attractives qui s'exercent entre les molécules et par suite à produire un travail. Cette dépense peut être mesurée, et l'on trouve ainsi que la chaleur employée à fondre un kilogramme de glace serait capable de porter la température d'un kilogramme d'eau de 0° à 79° environ ; c'est ce qu'on exprime en disant que la chaleur latente de fusion de la glace est de 79 calories. Il en résulte que la glace, pour fondre, exige une quantité considérable de chaleur, et nous pouvons alors nous expliquer pourquoi, dans les hivers rigoureux, la neige échauffée par les rayons solaires peut persister pendant longtemps sans éprouver de fusion apparente. Nous pourrions mentionner le fait classique du palais de glace construit sur les bords de la Néva ; mais, à une époque plus rapprochée de la nôtre, on a pu observer ce phénomène; qu'il nous suffise de rappeler que pendant le rigoureux hiver de 1879-1880, sur les trottoirs des boulevards de Paris, on avait construit des kiosques en neige éclairés à l'aide de lanternes vénitiennes, servant de salles de consommation pour les cafés voisins. On sait aussi les différents moyens employés, mais en vain, pour se débarrasser de la couche de neige amoncelée sur la voie publique ; les tentatives heureusement menées à bonne fin, pour détruire les immenses barrages de glaces qui s'étaient formés sur le Rhône et la Loire ; on apercevait, le 12 mars 1880, des blocs de glace encore solide laissés sur les berges des fleuves où s'étaient formées les embâcles.

Au moment où le corps, de solide devient liquide, un brusque changement de volume se produit et en général le volume augmente, sauf pour quatre corps : la glace, l'argent, la fonte et le bismuth. En repassant à l'état solide, la substance reproduit les mêmes phénomènes en sens inverse. Dans la plupart des cas le retour inverse s'accomplit à la même température que la fusion ; mais cela dépend, comme nous le verrons, du concours de certaines circonstances. La solidification amène aussi une diminution de volume ; les corps, qui ont été cités précédemment, au contraire, se dilatent brusquement au moment du retour à l'état solide. On doit tenir compte de ces faits quand, à l'aide de substances en fusion, on produit le moulage de certains objets ; il faut empêcher le refroidissement brusque des moules pour éviter le retrait et la cristallisation confuse du métal qui le rendrait cassant. Les mêmes précautions sont prises dans le coulage des bougies d'acide stéarique : versé directement des chaudières dans les moules froids, ce corps cristalliserait en même temps qu'il éprouverait une contraction ; on ne verse dans les moules que quand l'acide est en partie figé, et l'on refroidit lentement, en entourant les moules d'un bain d'eau, système écossais, que l'on refroidit graduellement en faisant arriver simultanément de l'eau chaude et de l'eau froide. La fonte, qui se dilate en se solidifiant, est parfaitement propre à la reproduction des objets par moulage.

CHAPITRE II

Force expansive de la glace. — Regélation. — Expériences de Mousson, Faraday, Tyndall, Helmholtz. — Théorie du regel. — Embâcles de glace. — Soudure des corps par pression. — Expériences de Walthère Spring. — Cristallisation par solidification.

L'accroissement de volume qu'éprouve l'eau en se congelant avait été observé il y a longtemps, et les expériences nombreuses qui ont été faites, pour montrer la force expansive de la glace, remontent au seizième siècle. Les académiciens de Florence avaient fait éclater une sphère de cuivre de près de 2 centimètres d'épaisseur ; le célèbre astronome physicien Huyghens avait produit la rupture d'un canon, et l'on cite également dans tous les ouvrages classiques l'expérience du major Williams, pendant la guerre du Canada (fig. 40). Le même phénomène a été souvent observé, et qu'il nous soit permis de citer le résultat que nous avons obtenu, pendant le rigoureux hiver de 1879-80, à Orléans ; un obus de 95 millimètres fut placé à trois heures de l'après-midi du 17 décembre dans une cour du lycée, après avoir été rempli d'eau et bouché à vis à l'aide d'un bouchon de zinc. Le lendemain matin, à huit heures, nous trouvâmes l'obus partagé en trois morceaux maintenus en place par l'anneau de cuivre de base. Nous avons pu observer un fait qui a été signalé à cette époque par M. Hagenbach, professeur

à Bâle. Ce savant a fait éclater des obus, pendant les nuits froides du 10 au 11 décembre 1879 et du 20 au 21 janvier 1880, et a remarqué que la glace formait des filaments ténus offrant l'apparence de jets d'eau subitement congelés; d'où il croit pouvoir conclure que la rupture a lieu avant la congélation de l'eau et que celle-ci se produit à l'extérieur; dans une de ses expériences le bouchon fut lancé à une très

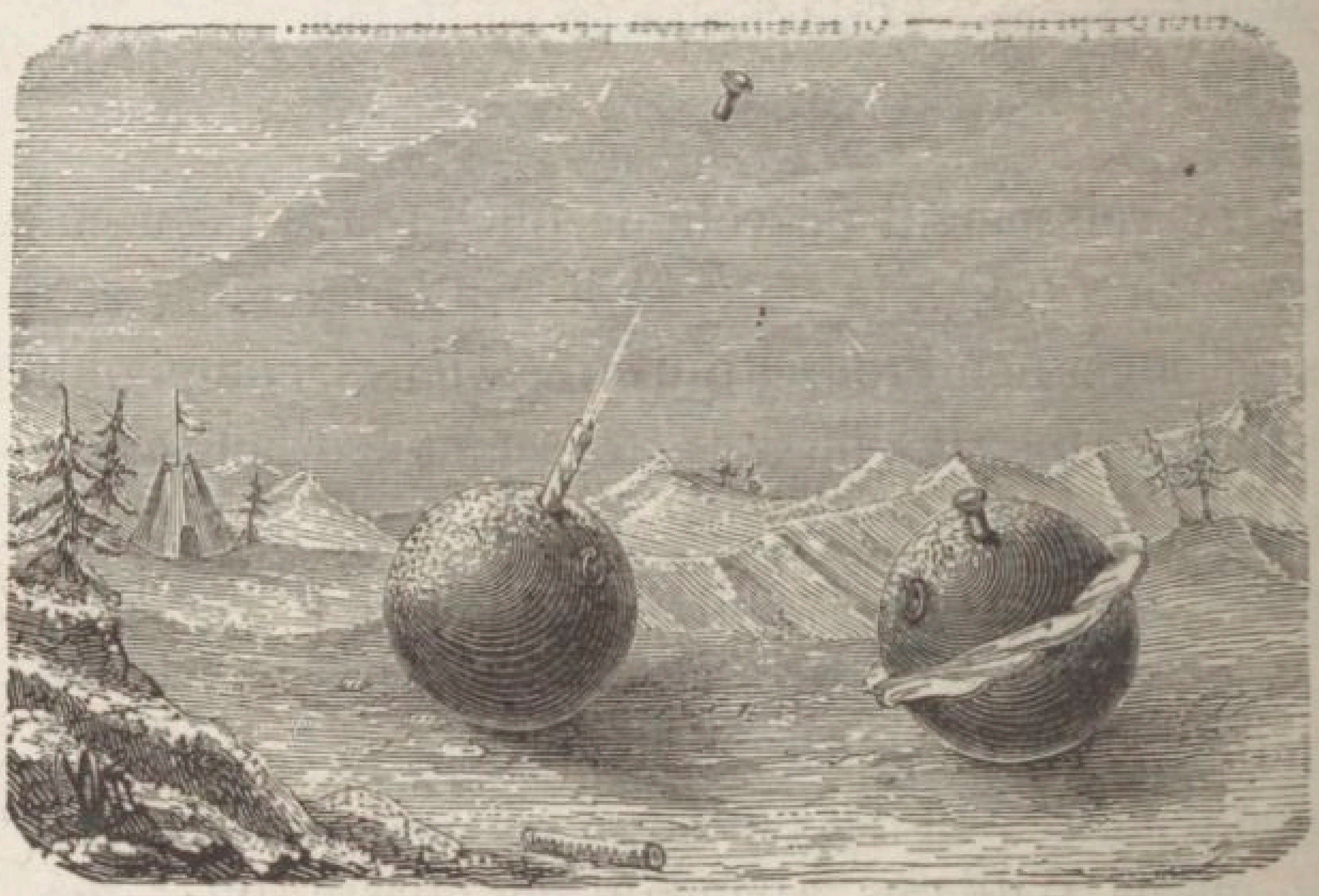


Fig. 40. — Expérience du major Villiams.

grande distance, puisqu'il lui fut impossible de le retrouver malgré d'actives recherches.

L'expansion de l'eau, au moment de sa solidification, a été rapprochée de la propriété que possède ce liquide de se présenter sous le plus petit volume, à la température de 4 degrés. Comment expliquer cette dilatation brusque? M. Tyndall croit pouvoir en rendre compte de la manière suivante. Il admet que dans les molécules existent, comme dans les aimants, des

pôles, d'où résulteraient des actions inverses suivant les extrémités qui se trouveraient en regard : « Voilà donc une conception que nous pouvons appliquer aux molécules de l'eau. Les molécules, comme les aimants, sont soumises à deux forces distinctes. Pendant quelque temps, tandis que le liquide se refroidit, elles s'approchent les unes des autres, en vertu de l'attraction générale qui existe entre elles. Mais à un certain point de nouvelles forces, les unes attractives, les autres répulsives, *émanant de points spéciaux* des molécules, entrent en jeu. Les points qui s'attirent, se rapprochent ; ceux qui se repoussent, s'écartent les uns des autres. Ainsi les molécules tournent et prennent une autre disposition, exigeant pour le faire plus d'espace, et triomphant de toutes les résistances ordinaires par l'énergie de leur action. Telle est, d'une manière générale, l'explication de la dilatation de l'eau lors de sa solidification, et il ne serait pas difficile de construire un appareil pour mieux faire ressortir le phénomène. »

Le changement de volume de l'eau au moment de sa congélation donne lieu à une modification de la surface de niveau quand l'eau n'a pas partout la même profondeur ; si l'on expose à l'air, pendant une nuit très froide, une terrine pleine d'eau, on observe de plus une particularité remarquable. La couche superficielle de glace est bombée vers le milieu et présente en ce point une crevasse ; si on coupe le bloc solide, on aperçoit une file de bulles d'air emprisonnées disposées suivant des courbes dont la direction est normale à la surface. Nous aurons à revenir sur l'explication de ce phénomène.

Pour que le passage de l'état solide à l'état liquide,

ou la transformation inverse, puissent se produire, il faut que les particules se disposent de façon à pouvoir occuper le volume qu'aura la substance dans son état final. Toute cause qui empêchera l'accroissement ou la diminution de volume retardera ou accélérera le changement d'état; il en résulte que la pression, qui empêche le libre écartement des molécules, élève le point de fusion si celle-ci est accompagnée d'une dilatation et l'abaisse dans le cas contraire. Partant de considérations théoriques, James Thomson, de Belfast, et M. Clausius, de Zurich, avaient établi que le point de fusion de la glace doit s'abaisser de $\frac{1}{126}$ de degré centigrade pour chaque accroissement de pression d'une atmosphère, soit, en nombres ronds, un kilogramme par centimètre carré. L'expérience a justifié ces prévisions. M. Mousson plaça des fragments de glace dans un vase à parois très résistantes, muni d'un bouchon à vis fermant hermétiquement; avant d'introduire la glace il avait placé un cylindre de métal qui était maintenu en place à la partie supérieure. En serrant la vis il exerçait une très forte pression, et comme après l'expérience il trouva le cylindre de métal à la partie inférieure, il en conclut que la masse était devenue liquide. Si on supprime la pression, l'eau, qui est à une température inférieure à celle du point de fusion de la glace, reprend l'état solide, fait qu'on exprime en disant qu'il y a *regélation*. Faraday ayant placé deux morceaux de glace sur l'eau, vit qu'ils s'approchaient l'un de l'autre par suite d'une action capillaire; après être arrivés au contact, les deux morceaux de glace se soudaient. L'illustre savant admettait que le point de fusion de l'intérieur était

plus élevé que celui de la glace extérieure, et, qu'arrivée à la surface, l'eau se congelait et réunissait les deux fragments. Mais M. Tyndall a obtenu la regélation avec deux fragments de glace placés au-dessus d'un vase rempli d'eau chaude, ce qui détruit cette explication. M. Helmholtz cite à ce sujet une expérience remarquable qui est une confirmation de l'influence

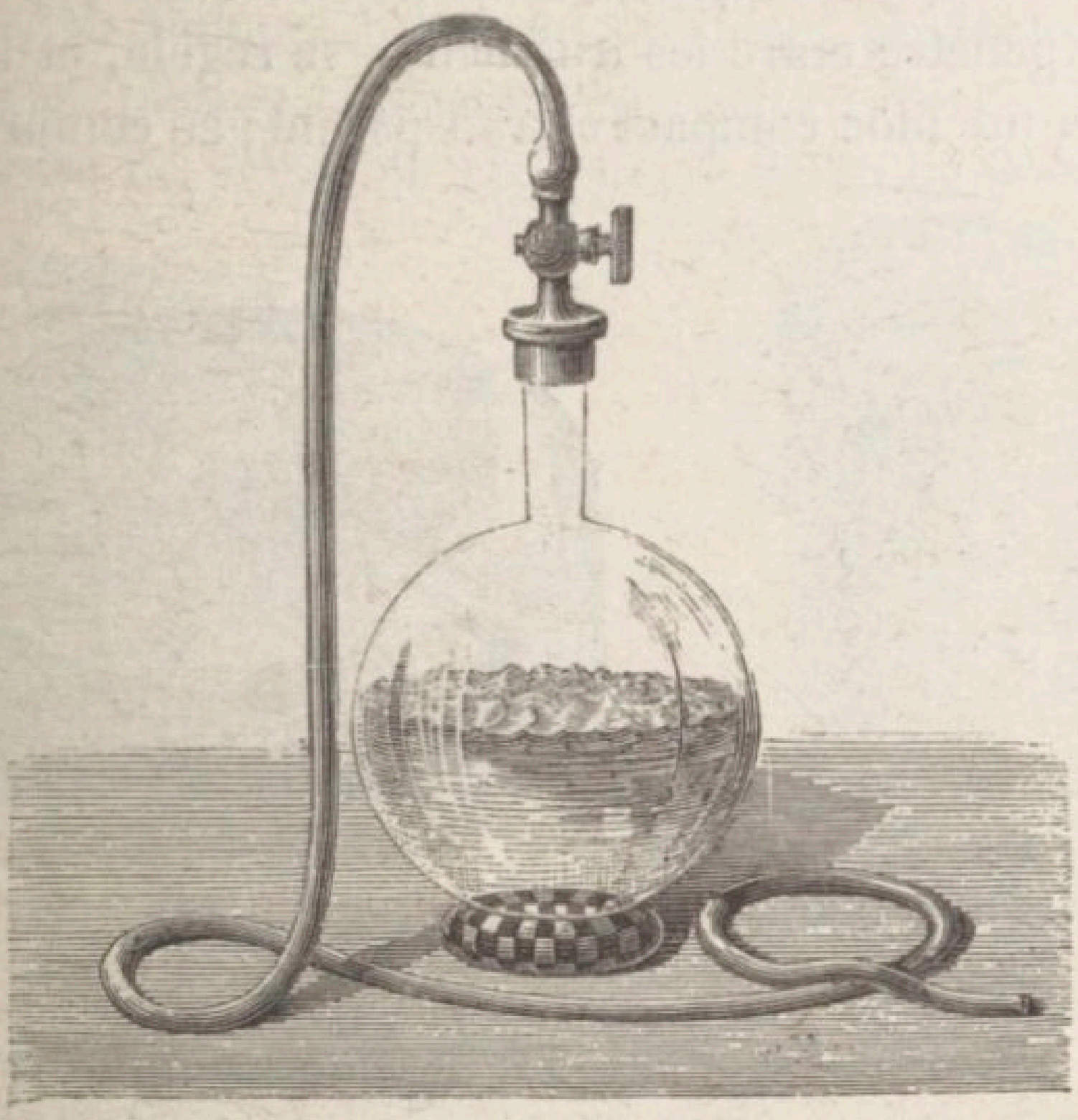


Fig. 41. — Expérience de M. Helmholtz.

de la pression sur le point de fusion; dans un ballon on introduit de l'eau purgée d'air par l'ébullition et on fait le vide, soit à l'aide d'un robinet, soit en faisant bouillir l'eau et fermant à la lampe. Le ballon étant entouré d'un mélange réfrigérant, on produit la congélation, puis on laisse une partie de la glace fondre et l'on porte dans un bain d'eau refroidie par des morceaux de glace. Tandis que la glace extérieure

fond, l'eau du ballon se congèle et l'on obtient ainsi de beaux cristaux (fig. 41).

En comprimant des fragments de glace pilée ou de la neige dans des moules, MM. Tyndall et Helmholtz ont retiré des blocs transparents dont la formation s'explique par une fusion accomplie sous l'influence de la pression développée. Quand on cesse de comprimer, l'eau pénètre entre les fragments, se regèle, et le tout forme un bloc compact et transparent; en comprimant

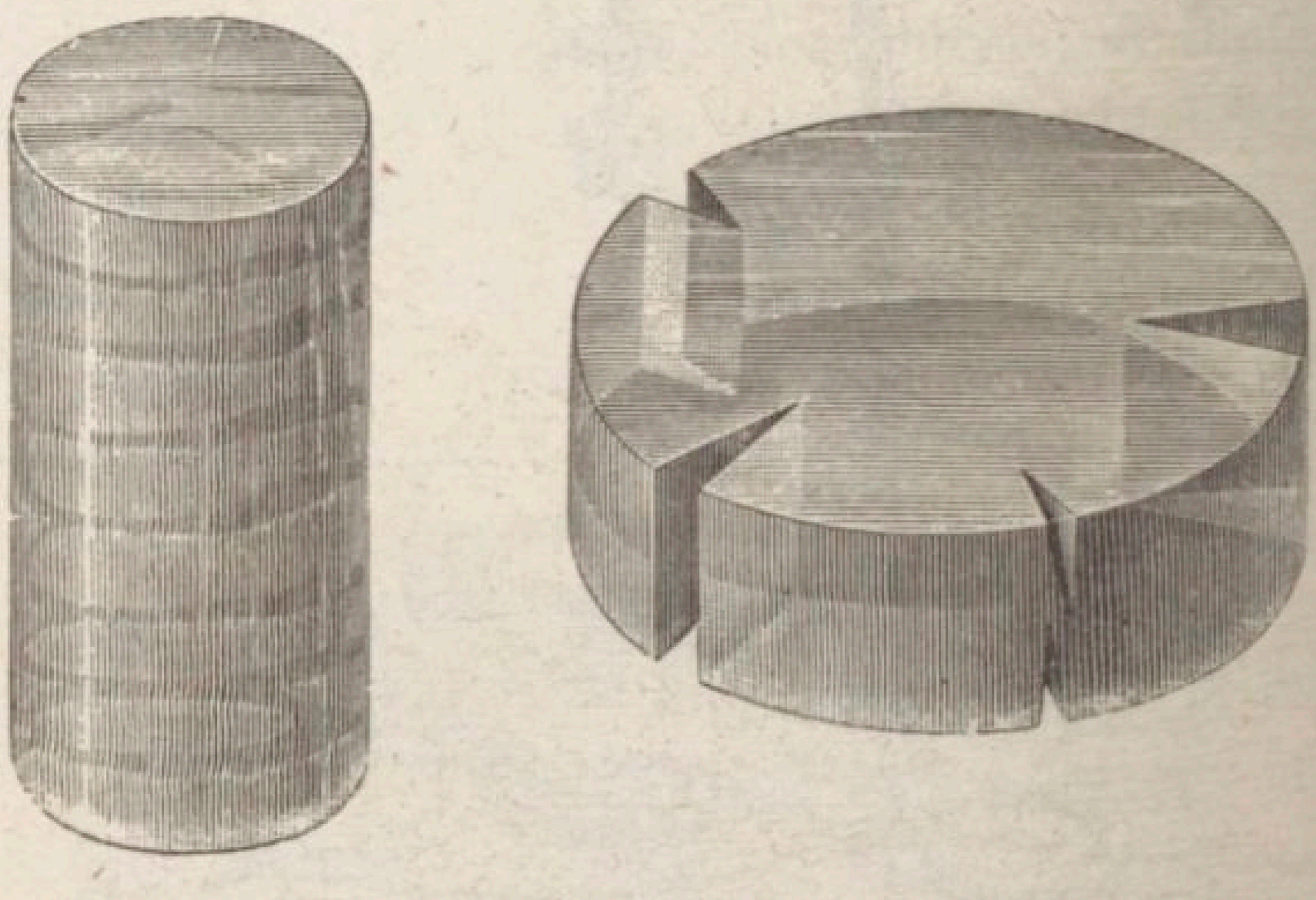


Fig. 42. — Bloc de glace avant et après la compression.

un cylindre de glace à l'aide d'une presse hydraulique on peut l'aplatir, mais alors il se produit des fentes sur le bord (fig. 42).

Des fragments de glace, introduits dans des moules composés de deux parties qui se rapprochent par la pression, se soudent et reproduisent en relief les formes des cavités; c'est ainsi qu'on obtient les différentes parties A, *a*, *a*, d'un verre à pied B que l'on peut ensuite souder les unes aux autres (fig. 43). Dans un pareil moule, communiquant avec l'extérieur par une ouverture cylindri-

que, M. Tyndall faisait pénétrer de la glace pilée en frappant à coups de marteau sur un pilon d'acier qui s'engageait dans le cylindre; on retirait un bloc de glace transparente et homogène remplissant toute la cavité du moule; ce qui conduit quelques auteurs, entre autres MM. Bianconi et Tresca, à admettre que la glace est une substance plastique. Un industriel anglais, M. Duppa, utilise ce fait pour produire des moules en plâtre; la statuette de glace est jetée dans une masse de plâtre gâché, qui se solidifie, absorbe

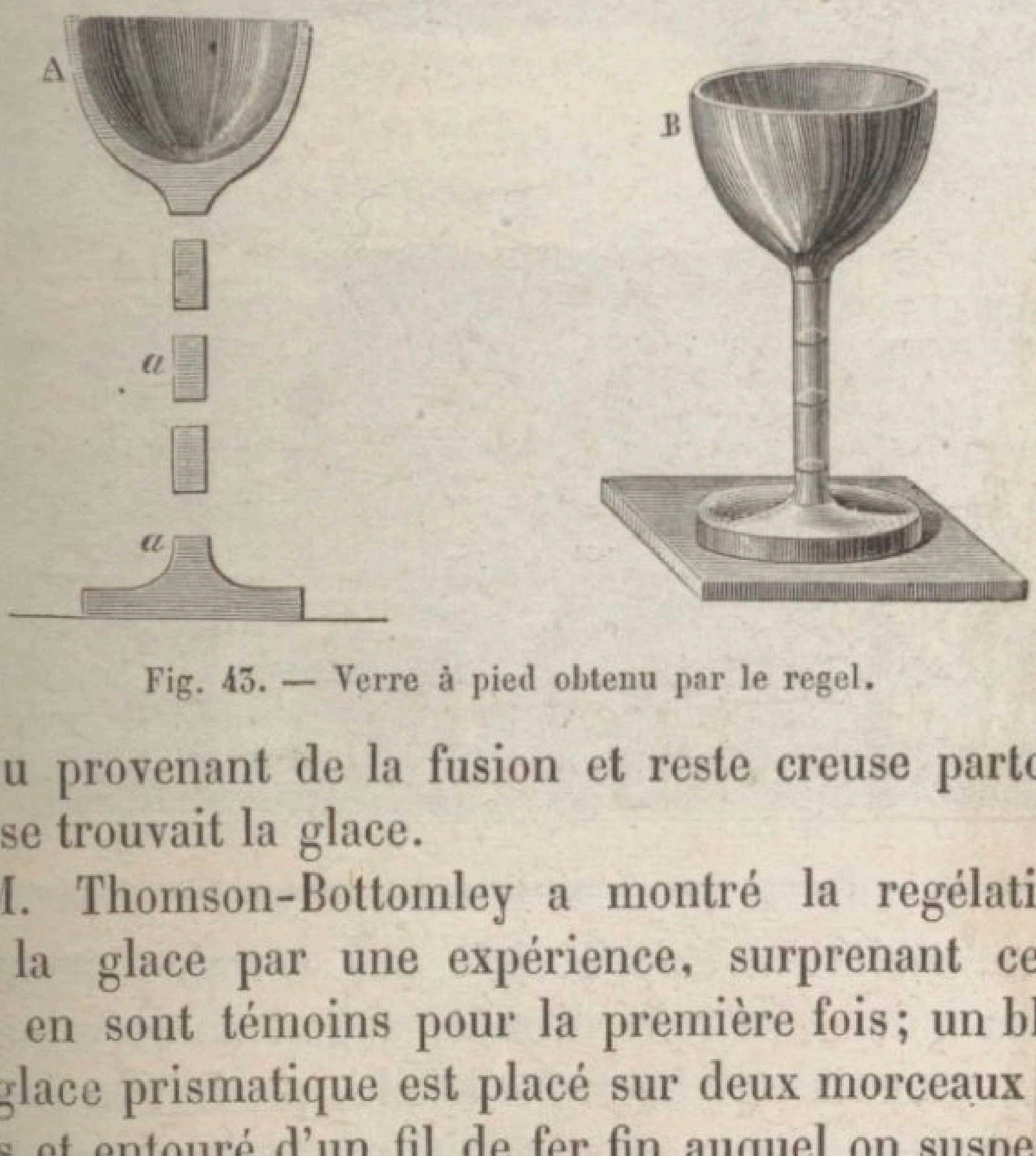


Fig. 43. — Verre à pied obtenu par le regel.

l'eau provenant de la fusion et reste creuse partout où se trouvait la glace.

M. Thomson-Bottomley a montré la regélation de la glace par une expérience, surprenant ceux qui en sont témoins pour la première fois; un bloc de glace prismatique est placé sur deux morceaux de bois et entouré d'un fil de fer fin auquel on suspend un poids assez lourd; le fil pénètre peu à peu dans le bloc; mais l'eau se regelant à mesure que le fil s'enfonce, celui-ci traverse sans que le bloc soit coupé.

Le plan tracé par le fil se distingue dans la masse par quelques bulles d'air (fig. 44).

Il nous est facile maintenant, en admettant que la pression élève le point de fusion de la glace, de comprendre comment s'est produite la crevasse constatée dans la terrine dont nous parlions plus haut. La glace, formée sur les parois du vase et sur la surface

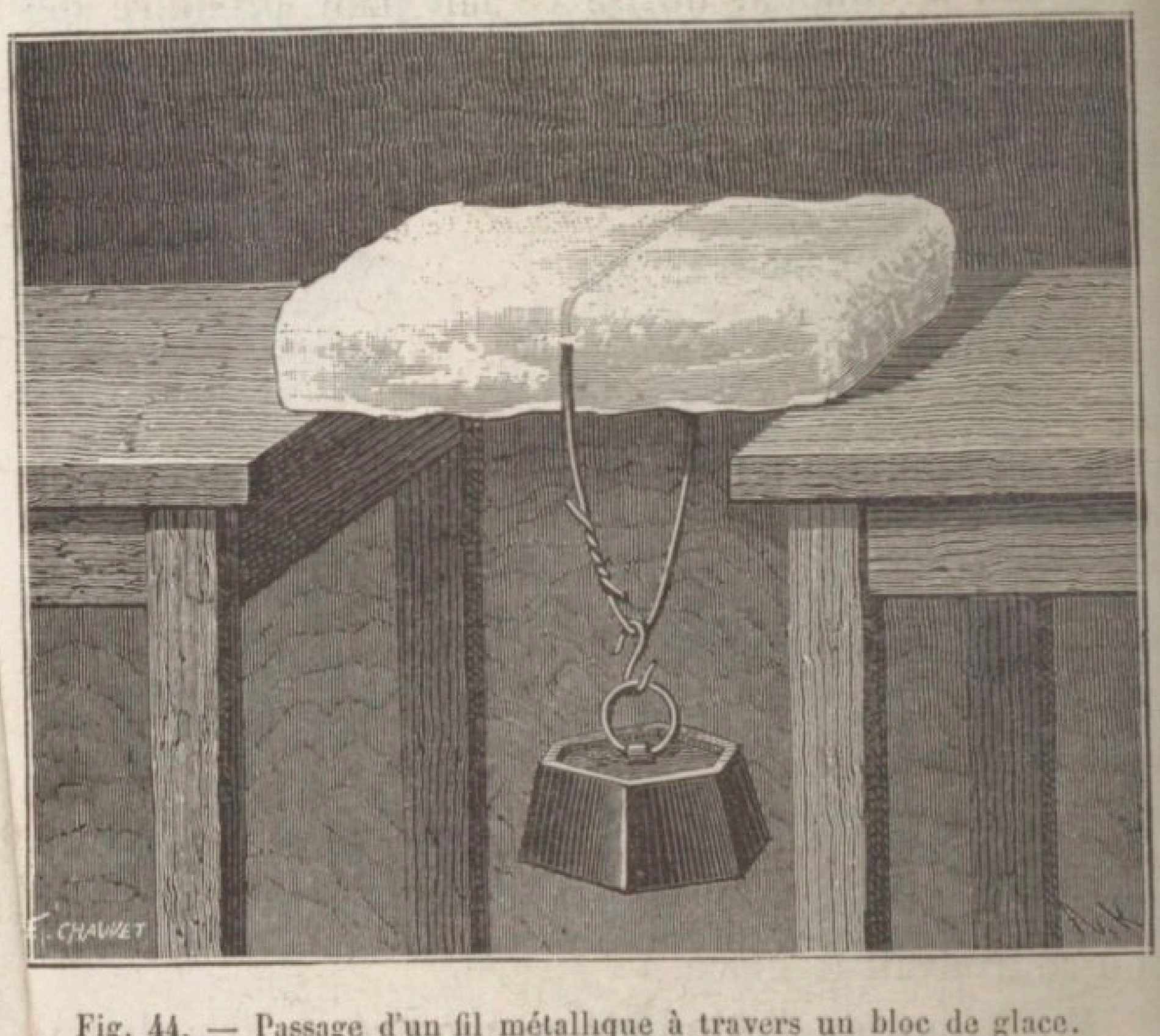


Fig. 44. — Passage d'un fil métallique à travers un bloc de glace.

libre, maintient emprisonnée une certaine quantité d'eau qui, en se refroidissant, augmente de volume, presse sur la couche superficielle, produit la fusion en certains points, et par suite, après la congélation de toute la masse, la forme de la surface aura varié.

La théorie qui précède donne l'explication du mouvement des glaciers et de la formation des embâcles

qui se produisent par l'amoncellement des glaces sur le parcours des fleuves. Un glacier est un fleuve de glace, produit aux dépens de la neige très divisée qui s'accumule sur les hauts sommets des montagnes; le mouvement des glaciers a été constaté et mesuré par différents observateurs, l'abbé Rendu, MM. Forbes et Tyndall. Dans son mouvement de descente, le fleuve de matière solide entraîne des pierres arrachées aux flancs de la montagne et forme les digues longitudinales ou transversales que l'on nomme moraines. Sous la pression des couches supérieures, la partie inférieure du glacier fond en partie et se regèle quand elle s'étale dans une vallée moins resserrée; on peut ainsi se rendre compte des changements de forme et de position qu'est susceptible de prendre une substance aussi fragile que la glace; la présence de crevasses, la soudure des blocs dans la Mer de glace et le glacier des Bois peuvent être attribuées aux mêmes causes.

Dans une conférence à l'Association scientifique de France, M. l'ingénieur en chef Pasqueau a décrit ainsi les embâcles des fleuves qui se sont produites pendant le mois de décembre 1879.

« Cette persistance singulière des basses températures a déterminé sur la Saône, la Seine, la Loire et beaucoup d'autres cours d'eau, des amoncellements inouïs de glaces flottantes appelées « embâcles de glace » par analogie avec les « embâcles de bûches » qui se produisent sur les rivières flottantes par l'enchevêtrement accidentel des bois à brûler confiés à ce mode de transport économique et primitif.

« Ces embâcles constituaient d'immenses glaciers, de véritables barrages de glaces, fermant absolument

les rivières et soutenant leurs eaux à plus de trois mètres au-dessus de leur niveau naturel.

« Au-dessus de ces barrages, les eaux, débordant de toutes parts, à un niveau supérieur aux plus fortes inondations, cernaient des villages entiers dans des champs de glace inaccessibles. Au-dessous de ces lacs suspendus, les ponts, les quais, les écluses, étaient menacés d'être emportés par une effroyable avalanche de glace et d'eau, si les digues fusibles qui les soutenaient étaient venues à céder brusquement sous l'influence d'une crue subite ou d'un dégel inattendu. La navigation, les lavoirs et toutes les industries qui en dépendent, étaient condamnés à un chômage qui aurait pu devenir une ruine pour ceux qui les exploitent, si la nature était restée seule chargée de faire disparaître ce dangereux voisinage. »

Après avoir décrit les travaux accomplis pour prévenir la débâcle, l'auteur conclut ainsi : « Les embâcles résultent presque toujours de la soudure des glaces flottantes qui sont retenues dans une partie trop large et trop profonde de la rivière par le ralentissement du courant dû à cet élargissement du lit.

« Ces glaciers s'enracinent au sol par l'action du regel sur les glaces qui viennent plonger sous la première nappe ; ils s'accroissent rapidement en terrasse vers l'amont par la superposition d'une série de gradins dus à la soudure des glaces qui flottent dans un bief de plus en plus élevé à mesure que l'obstruction de la rivière devient de plus en plus complète. »

La glace est-elle la seule substance capable de se souder à elle-même sous l'influence de la pression? Quelques savants ne le pensent pas, et M. Tresca avait

fait plusieurs expériences démontrant que les solides peuvent couler comme les liquides. Dans ces derniers temps, un physicien belge, M. Walthère Spring, connu par des recherches sur la chaleur, a publié un mémoire « sur les propriétés que possèdent les corps de se souder sous l'influence de la pression, » où sont consignés des résultats remarquables qui jettent un nouveau jour sur la constitution de la matière. Il est parti de ce fait que chacun de nous peut observer journellement : des corps en poudre, des sels métalliques pilés, du sucre broyé, s'agglomèrent, ce qui serait dû à un commencement d'union entre les particules des corps; pour favoriser cette union, il convient donc de prendre des substances très divisées et de comprimer pour que les grains viennent combler les espaces vides. De là à assimiler le phénomène à la liquéfaction des gaz, il n'y avait qu'un pas; l'auteur n'a pas manqué d'effectuer ce rapprochement. Inversement un corps pulvérisé pourra être comparé à un gaz; les particules sortant de leurs sphères d'action réciproques se répandront dans tout l'espace qui leur est offert; qu'il nous suffise de rappeler l'empoisonnement par la céruse, par l'acide arsénieux, répandus dans les chambres où on les pulvérise, les explosions observées dans les moulins à farine; à cette même cause on a aussi attribué la propagation des flammes dans les galeries de mine et dans les organes respiratoires des ouvriers houilleurs victimes du grisou.

En opérant avec des métaux, on a vu le plomb et l'étain en poudre se souder, puis couler et passer à travers les joints; les autres métaux peuvent se

réunir en un seul bloc, et présentent après la compression une cassure cristalline. La liaison est d'autant plus facile que le métal est plus mou. Il en est de même pour d'autres substances ; le soufre donne des blocs à cassure cristalline, le graphite reproduit une substance analogue au graphite naturel. Les sels métalliques donnent aussi des masses transparentes à cassure cristalline ; mais pour les plus durs la liaison est imparfaite. La cire à cacheter, la résine se soudent par la pression, la ouate perd sa texture fibreuse et l'amidon sec forme un bloc translucide. C'est surtout sur les résultats obtenus avec la houille et la tourbe que l'auteur a porté son attention ; il se forme une masse solide brillante, plastique sous une forte pression, ce qui explique les replis des terrains anciens ; on trouve là l'explication de la transformation de la tourbe en houille. M. Fremy, en chauffant des substances végétales dans des tubes fermés, les avait vues se transformer en une masse bitumineuse. M. Walthère Spring n'admet pas l'intervention dans la transformation naturelle, d'une température de 200° à 300°, mais suppose au contraire qu'il y a eu d'abord carbonisation au contact de l'eau, et ensuite changement en houille sous l'influence d'une forte pression.

Les cristallisations opérées dans la nature seraient donc dues à une compression ; les terrains anciens seraient analogues à nos glaciers actuels ; formés par la pression des matériaux en poudre, ils auraient produit les couches de terrains, et les fentes, désignées par les géologues sous le nom de failles, seraient analogues aux crevasses des glaciers.

L'appareil, qui a servi aux expériences citées, est un fort levier rattaché à une pièce en fer cintré montée sur un banc très résistant (fig. 45) : sous le levier, très près du point d'attache, est une tige verticale passant au travers d'une boîte à cuirs et pressant sur un piston qui s'engage dans une matrice en acier; cette partie de l'appareil est entourée d'une cloche

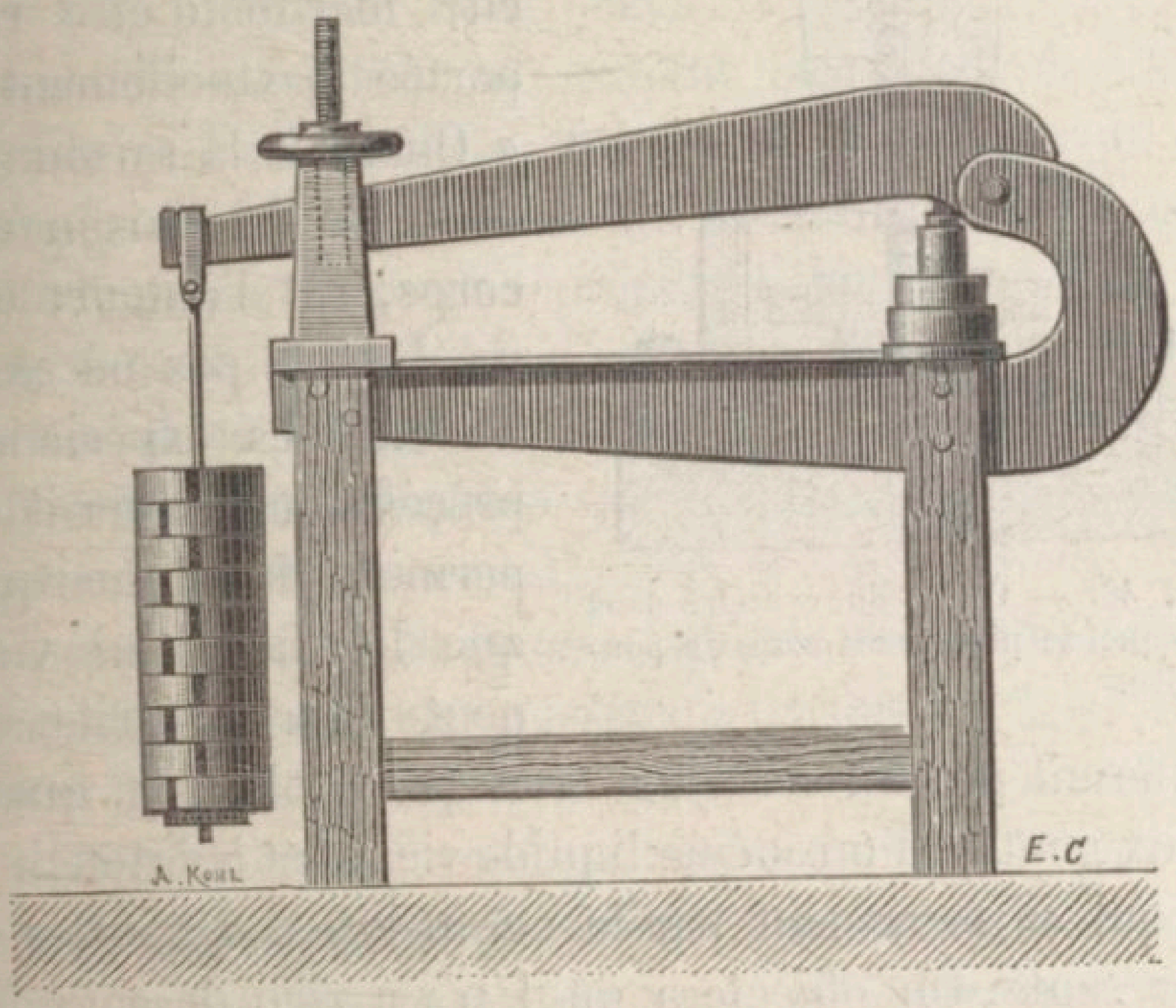


Fig. 45. — Appareil de M. Walthère Spring pour la compression des corps en poudre.

métallique, dans laquelle il est possible de faire le vide (fig. 46). A l'extrémité du levier est suspendue une tringle sur laquelle on empile des rondelles en fonte; la pression qui s'exerce sur le piston compresseur est égale au poids des rondelles multiplié par le rapport de leur distance au point d'attache à la distance de ce même point d'attache au point d'appui du levier sur le piston. Un collier, guidé par une

vis qu'on aperçoit sur la figure, permet de modérer la pression et d'éviter par suite l'élévation de température que produirait une compression brusque.

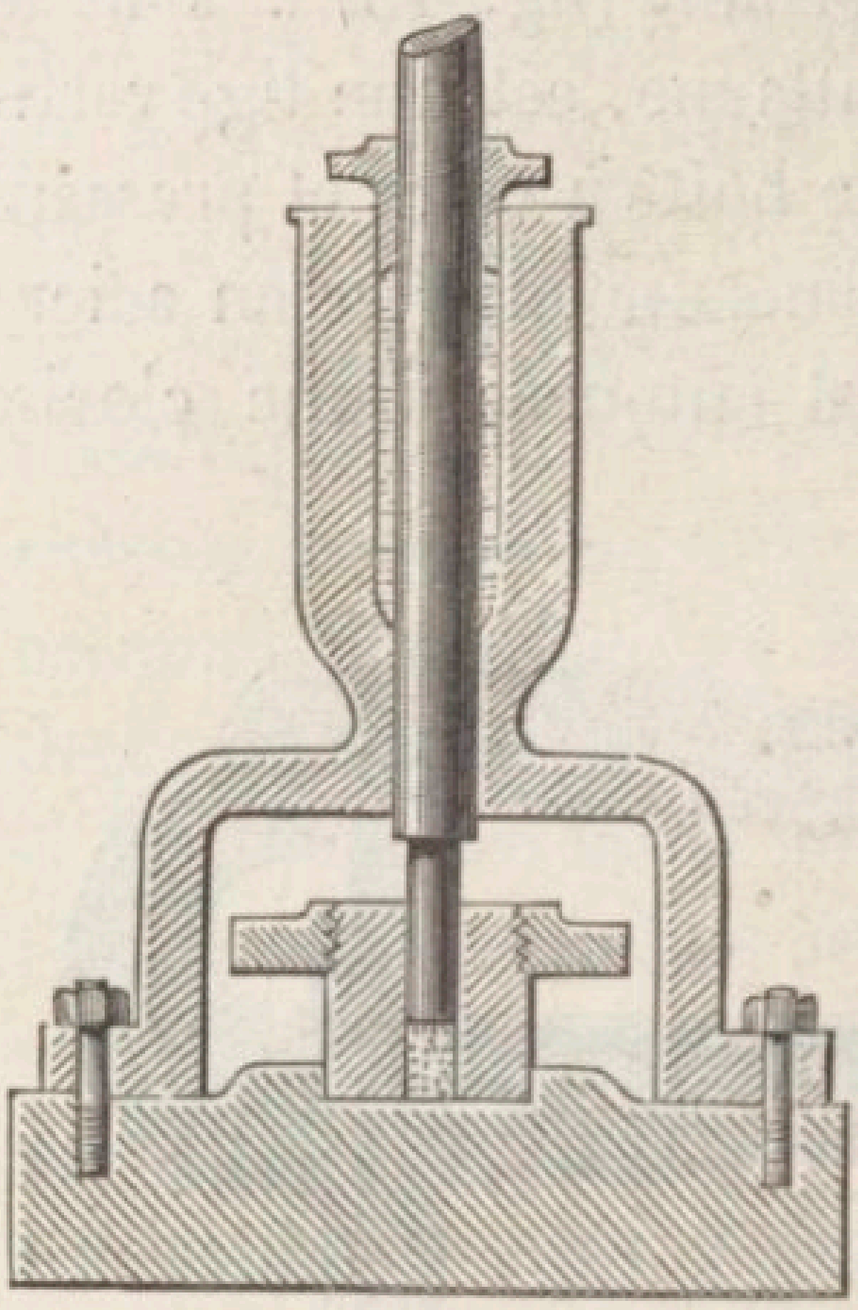


Fig. 46. — Coupe du cylindre dans lequel se placent les corps en poudre.

La conclusion formulée dans le mémoire cité mérite d'être rapportée textuellement : « Quant à la raison intime de la liaison des corps, dit l'auteur, elle ne découle pas nécessairement des expériences précédentes; mais il est permis de remarquer que les faits qui viennent d'être décrits, ne diffèrent pas au fond de ceux qu'on observe, quand deux gouttes d'un même liquide viennent à se toucher, et qui se terminent par la confusion des gouttes en une seule. On objectera qu'il n'y a rien de commun sous ce rapport, entre un corps liquide et un corps solide. Cependant la différence ne paraît plus si grande, si l'on se rappelle que, sous forte pression, les solides s'écoulent comme les liquides. L'idée de la dureté, en d'autres termes, nous apparaît comme une idée relative, et l'on peut même dire subjective. Si l'eau est liquide pour nous, c'est que nous constatons qu'elle se moule sous son poids dans les vases qui la contiennent; mais si nous imaginons qu'on introduise du sel marin, par exemple, dans un vase de pro-

fondeur suffisante, les couches inférieures de sel finiront aussi par couler et se mouler sous l'influence de la pesanteur. Il y a plus, l'eau, qui ne nous présente presque pas de dureté, doit paraître un corps d'une certaine dureté à l'araignée d'eau, et si notre poids était tel que nos pieds exerçassent une pression suffisante sur le sol, nous trouverions le pavé de nos rues trop mou pour nous porter. »

Quand un corps fondu revient lentement de l'état liquide à l'état solide, les molécules peuvent se grouper de façon à former des cristaux. Si on laisse toute la masse du corps reprendre l'état solide, les cristaux ne sont pas visibles, parce qu'ils s'enchevètrent les uns dans les autres à mesure qu'ils se forment; il faut donc, avant que la solidification soit complète, rejeter la portion encore liquide, et l'on aperçoit alors une cavité, nommée *géode*, tapissée de petits solides à facettes miroitantes, possédant parfois un éclat chatoyant très remarquable. L'opération réussit bien avec le soufre; ce corps, mauvais conducteur de la chaleur, se refroidit lentement, d'abord par la surface extérieure et sur les parois du vase, et l'intérieur reste liquide pendant un temps assez long; si on rejette la partie fondue, on aperçoit des cristaux prismatiques en forme d'aiguilles transparentes très déliées (fig. 47). Pour les métaux, on éprouve plus de difficultés; le refroidissement est brusque et la solidification se fait sans temps d'arrêt dès qu'elle est commencée; avec un peu de soin et de patience on arrive pourtant à obtenir des cristaux de bismuth. La tendance à la cristallisation est plus grande pour certains métaux que pour d'autres; l'antimoine, le bismuth cristal-

lisent et se cassent facilement suivant des faces planes sous le choc du marteau; l'étain offre la même particularité, ce qu'on montre en versant sur du fer-blanc quelques gouttes d'acide; l'étain est dissous en partie et les cristaux ainsi mis à nu forment de beaux dessins auxquels, à cause de leur apparence, on donne le nom de moiré métallique; ce moyen est quelquefois employé dans l'industrie.

Fig. 47. — Cristallisation du soufre par fusion.

Pour que la cristallisation s'effectue il faut que le changement d'état s'accomplisse sans transition ; on a distingué les corps en deux classes, ceux qui peuvent cristalliser et ceux qui n'ont pas de formes définies et que l'on nomme pour ce motif corps amorphes. Ces derniers, comme la cire, le verre, la poix, la résine, passent par tous les degrés de consistance qui séparent l'état solide de l'état liquide, c'est-à-dire deviennent pâteux sous l'action de la chaleur.

CHAPITRE III

Dissolution. — Absorption de chaleur. — Mélanges réfrigérants. — Surfusion. — Surfusion de l'eau. — Verglas de 1879. — Surfusion du phosphore. — Expériences de M. Dufour et de M. Gernez. — Sursaturation. — Cristallisation par voie humide. — Arborescences métalliques.

Un autre moyen s'offre à nous pour amener le corps de l'état solide à l'état liquide, c'est d'en opérer la dissolution en le mettant en contact avec un liquide convenablement choisi. C'est un fait familier à tout le monde que la disparition d'un morceau de sucre ou de sel de cuisine placé dans l'eau. Les particules du corps solide se séparent; d'abord confinées dans les portions du liquide voisines du fragment, elles ne tardent pas à se répandre, à se diffuser, pour employer le terme scientifique, dans toute l'étendue du dissolvant. Si en effet, dans de l'eau pure où nous aurons jeté une parcelle de sel de cuisine, nous versons, au bout d'un certain temps, une solution de nitrate d'argent, il se manifeste un trouble blanc dû à la combinaison de l'argent avec le chlore qui fait partie du sel. Il y a encore dans ce cas un travail accompli : les molécules s'écartent les unes des autres et, comme dans le cas de la fusion, c'est aux dépens d'une certaine quantité de chaleur que ce changement s'accomplit. Dans un vase rempli d'eau plaçons un thermomètre, et dans cette eau jetons quelques cristaux d'azotate d'ammo-

niaque ou du chlorure de potassium, nous verrons immédiatement la température s'abaisser de plusieurs degrés ; la solution du sel a amené le refroidissement du liquide. Au lieu de mélanger le sel à l'eau, mélangeons-le à de la glace pilée ou de la neige : celle-ci fondra et le sel se dissoudra ; dans ce cas, à la chaleur absorbée par la fusion s'ajoute celle qui est nécessaire pour produire la dissolution ; avec le sel marin mélangé à trois fois son poids de neige on obtient un abaissement de température qui va jusqu'à 21 degrés au-dessous de zéro. La dissolution du sel a abaissé le point de fusion de la glace ; ce procédé pour fondre la neige avait été essayé à Paris au mois de décembre 1879, en particulier pour débarrasser les voies ferrées des tramways; mais le froid intense qui en résultait présentait un grave inconvénient pour la circulation des chevaux et des piétons.

Cette absorption de chaleur, due au mélange des sels solubles avec de l'eau, de la neige ou des acides faibles, trouve son application dans la fabrication de mélanges réfrigérants, dont la découverte, au milieu du seizième siècle, paraît devoir être attribuée aux Italiens. On emploie principalement le mélange de 800 grammes d'azotate d'ammoniaque avec 600 grammes d'eau, qui est très économique, puisqu'il est possible, par évaporation de l'eau, de retrouver presque tout le sel employé ; ou bien le mélange de 6 parties de glace pilée avec 2 parties de sel de cuisine, disposés en couches alternantes. Les mélanges sont introduits dans un seau en bois au milieu duquel on place un vase en étain contenant le liquide à congeler : c'est ainsi qu'on obtient les crèmes glacées et sorbets que nous

aimons à savourer surtout pendant les fortes chaleurs de l'été.

Quand on prépare artificiellement la glace à l'aide de mélanges réfrigérants, ou d'autres appareils qui seront décrits plus loin, on obtient souvent des blocs dénués de transparence. M. Raoul Pictet a observé que cette glace blanchâtre se produit par un abaissement brusque de température, qu'elle fond à la même température que la glace transparente, et qu'elle doit son opacité à la présence de bulles d'air dont le diamètre varie entre 1/100 et 1/2 millimètre. M. Turrettini a fait remarquer que si l'on agite l'eau, à l'aide d'un courant d'air qui *entraîne l'air dissous*, la glace formée est toujours transparente.

La dissolution d'un corps solide dans un liquide étant accompagnée d'une absorption de chaleur, il est facile de concevoir que si l'on chauffe on obtiendra une dissolution plus concentrée ; c'est ce qui arrive dans la plupart des cas, en particulier pour un grand nombre de sels métalliques. Mais pour quelques-uns d'entre eux, le sulfate de soude par exemple, la solubilité va en croissant jusqu'à une certaine température pour décroître ensuite ; l'analyse chimique a montré que cette anomalie apparente est due à un changement de constitution du sel dissous.

Une substance ne se dissout pas indifféremment dans tous les liquides, mais de préférence dans quelques-uns d'entre eux, et l'on a reconnu qu'il y a en général analogie de composition entre le liquide dissolvant et ce qu'il peut dissoudre. L'eau, riche en oxygène, dissout bien les acides et les sels métalliques qui en renferment, le sucre, etc., tandis qu'elle est

sans action sur le phosphore, le soufre, l'arsenic et les métaux. Le soufre se dissout dans quelques-uns de ses composés ; les corps gras, riches en carbone, se dissolvent dans l'éther, la benzine, le pétrole et autres corps analogues qui sont formés de carbone et d'hydrogène combinés.

Quand, à une température déterminée, le liquide a dissous tout ce qu'il peut contenir, la solution est saturée; si on refroidit, la quantité de substance dissoute se trouve en excès et il arrive de deux choses l'une : ou bien l'excès de sel dissous se dépose à l'état de cristaux dans le cas où le refroidissement est lent, ou bien le liquide garde l'excès de sel dissous et alors la solution est dite sursaturée.

L'exposé des faits précédents nous amène à reconnaître que, pour certains corps, au-dessous d'une température donnée, variable d'un corps à l'autre, les molécules doivent prendre les positions d'équilibre correspondant à l'état solide. Mais il est nécessaire, pour obtenir la solidification de la substance, de faire intervenir certaines causes dont nous ne constatons pas tout d'abord l'influence. On observe fréquemment que l'eau peut être refroidie bien au-dessous de zéro sans se congeler : tel est le cas de l'eau courante des rivières et des fleuves, de l'eau renfermée dans des tubes de très petit diamètre, comme les vaisseaux des plantes ; mais aussitôt que la congélation s'est produite, la température remonte à zéro. Fahrenheit, Blagden, Gay-Lussac, ayant entouré d'un mélange réfrigérant un tube de verre rempli en partie d'eau et bien purgé d'air par une ébullition prolongée, avaient pu abaisser la température à 12° au-

dessous de zéro sans produire la congélation, mais l'agitation suffisait pour produire la formation de la glace, et la solidification ramenait la masse à zéro. A cette propriété que possèdent les liquides de conserver leur état au-dessous du point de fusion on a donné le nom de *surfusion*.

La surfusion de l'eau est un phénomène assez fréquent, que l'on peut observer par des journées très froides ; abandonnée au repos dans un vase étroit et profond, un pot à eau par exemple, l'eau restera liquide, et si on la verse dans un autre vase il se produit immédiatement des lamelles cristallines de glace. C'est à cette même cause qu'il faut attribuer le verglas, sur la formation duquel a été appelée l'attention de quelques savants à la suite du fameux verglas du 22 au 23 janvier 1879, qui a produit de si grands ravages dans les forêts de Fontainebleau et d'Orléans et dans les plantations de sapins et de bouleaux de la Sologne. Ceux qui ont été témoins de ces faits en conserveront longtemps le souvenir; à Orléans nous avons pu voir les promenades publiques, transformées en un vaste champ de patinage, rendues impraticables aux voitures ; les arbres cédaient au poids de la glace qui recouvrait leurs branchages. On est conduit à admettre que les petites gouttelettes de pluie à très basse température, arrivant au contact d'un corps solide, se congèlent et forment une couche de glace compacte dont l'épaisseur va constamment en augmentant. M. le capitaine Piébourg a ainsi rendu compte, dans une note à l'Académie des sciences, lue dans la séance du 3 février 1879, des faits qu'il a pu observer à Fontainebleau :

« Le 22 janvier, vers 10 heures du matin, une pluie froide commença à tomber, quelques minutes après le sol était devenu assez glissant pour rendre la marche difficile. Cette pluie continua presque sans interruption jusqu'au lendemain vers 10 heures du soir, c'est-à-dire pendant une durée de 36 heures ; la température a d'ailleurs, pendant tout ce temps, été à peu près constante de 3 degrés seulement au-dessous de zéro.

« Une couche de glace de 2 à 3 centimètres d'épaisseur a couvert complètement le sol. Cette couche de glace adhérait aux toits, s'attachait aux parois verticales des murs ; nous avons vu des perrons dont les contre-marches en étaient revêtues sur une épaisseur presque aussi grande que les marches elles-mêmes. A toutes les parties horizontales et saillantes des édifices étaient suspendues des stalactites de longueur et d'espacement très réguliers. Sur les pelouses, chaque brin d'herbe était entouré d'une gaine de glace, atteignant parfois jusqu'à 3 centimètres de diamètre.

« Des massifs d'arbustes à feuilles persistantes, tels que rhododendrons, alaternes, lauriers-cerises, ne formaient qu'un seul bloc de glace, à travers lequel on distinguait assez nettement les feuilles et les branches.

« Quant aux arbres verts, tels que sapins, épicéas, etc., chaque couronne de branches s'était affaissée sur la couronne de branches immédiatement inférieure, la plus basse reposant elle-même sur le sol et le tout ne formant qu'une immense pyramide de glace ; les branches se soutenaient ainsi mutuel-

lement ; aussi ces arbres ont-ils généralement pu résister à l'énorme poids qui les surchargeait.

« Les branches des arbres à feuilles caduques étaient complètement entourées d'une gaine de glace d'une grande épaisseur. Pour les menus branchages le diamètre de cette gaine allait jusqu'à quatre ou cinq fois celui de la partie enveloppée; quant aux troncs, quoique verticaux, quelques-uns portaient une couche variant de 1 à 2 centimètres, mais généralement cette couche n'était pas continue et adhérait du côté exposé à l'est et au nord-est. L'énorme poids de cette glace a fait ployer et rompre un nombre considérable de branches de toutes dimensions, et même des arbres tout entiers, parmi les plus gros du parc, ont été soit courbés juqu'à voir leur cime toucher la terre, soit enfin arrachés dans les endroits où le sol sablonneux était moins résistant; nous en avons mesuré un, entre autres, qui n'avait pas moins de $2^{m},20$ de circonférence à la base et de 37 mètres de hauteur, lequel était rompu à $4^{m},50$ environ au-dessus du sol.

« Voici quelques résultats numériques indiquant le rapport entre le poids de certaines branches et celui de la glace qu'elles avaient à supporter.

	Chargée de glace.	Après fusion.
Branche d'alaterne	200 grammes	7 grammes
Autre branche d'alaterne . . .	210 —	11 —
Branche de rhododendron. . .	360 —	13 —
id. d'épicéa.	660 —	30 —
id. de bouleau.	700 —	50 —
Branche de bouleau de 5 cent. de diamètre ayant rompu sous le poids.	29^{kilogs}	4^{kilogs}

« La température étant montée à zéro le samedi 25,

vers midi, le dégel a commencé et a continué les jours suivants. Il ne paraît pas qu'il ait occasionné de nouveaux bris d'arbres à feuilles caduques; mais il n'en a pas été de même des arbustes à feuilles persistantes; la glace qui reliait entre elles les différentes têtes des rhododendrons, par exemple, ayant fondu d'abord, chaque branche a été entraînée par le poids de la tête encore chargée d'une couche assez épaisse. Les branches qui ne se sont pas brisées ne paraissent pas d'ailleurs avoir souffert du froid et ont repris l'aspect qu'elles avaient quelques jours auparavant.

« Nos communications télégraphiques ont été interrompues; les fils de 4 millimètres de diamètre étaient entourés d'une gaine de glace très régulière de 38 millimètres de diamètre, ce qui fait plus de neuf fois le diamètre du fil lui-même. Il n'est donc pas étonnant que les lignes aient été rompues en un nombre considérable d'endroits. »

Dans sa conférence, M. l'ingénieur en chef Pasqueau cite en outre ce fait :

« Les animaux ne furent pas épargnés. On trouva des alouettes, des perdreaux soudés au sol par la patte et la queue comme ces éléphants velus qui vivaient il y a deux mille ans en Laponie et qu'on trouve de nos jours, debout sous un manteau de glace vive, avec leur peau, leurs poils, leur chair, comme s'ils avaient été rivés au sol natal par un immense verglas. »

Le phosphore est une des substances qui se prêtent le mieux à l'étude de la surfusion; on peut en effet le fondre sous l'eau, à l'abri de l'air et des corpuscules qui pourraient en provoquer la solidification. Déjà

M. Louis Dufour, de Lausanne, avait montré qu'il pouvait rester surfondu en employant une solution de chlorure de zinc ayant même densité que le phosphore fondu. Dans un pareil cas on sait, d'après les expérienecs de M. Plateau, qu'il se forme des gouttes sphériques qui restent en suspension dans le liquide de même densité. Le phosphore, en gouttelettes refroidies au-dessous de 44°, étant touché avec une petite tige de verre, la solidification avait lieu. M. Gernez, qui a étudié tout un ensemble de phénomènes analogues et a fait sur ce sujet plusieurs centaines d'expériences, opère de la manière suivante. Dans deux tubes, fermés à un bout, engagés dans le col d'un ballon de grande dimension plein d'eau chaude, il fait fondre du phosphore sous une couche d'eau mélangée d'acide azotique ou de potasse destinés à dissoudre les parcelles de phosphore ou d'oxyde qui pourraient surnager. L'eau est abandonnée au refroidissement et, quand la température est inférieure au point de fusion du phosphore, on introduit des tiges de métal; la solidification a lieu si le métal a touché un fragment de phosphore ordinaire, tandis qu'une parcelle de phosphore rouge ne donne pas de résultat; d'où l'on est autorisé à conclure que le retour à l'état solide est produit par le contact d'une parcelle solide du même corps. Le frottement d'une baguette de verre sur les parois du tube peut produire le même effet en faisant naître une parcelle de phosphore solide. L'azotate de chaux, l'acétate de soude fondus restent liquides après le refroidissement; avec une petite tige de verre ayant été en contact avec des cristaux de ces sels on touche les plaques de verre sur

lesquelles on a déposé ces corps surfondus, et l'on voit se produire une traînée de cristaux partant des points où le contact a lieu; il est possible ainsi de former des dessins très variés.

Une action mécanique fait cesser la surfusion; l'acide acétique cristallisable se prête bien à la vérification de ce phénomène; dans cet acide refroidi au-dessous de son point de fusion on laisse tomber une baguette de verre : la formation de cristaux est immédiate.

Le corps ramené à l'état solide dégage de la chaleur; c'est ce que démontre l'élévation de température qui accompagne la solidification d'un corps surfondu.

On a proposé d'utiliser la chaleur ainsi dégagée pour le chauffage, et quelques essais ont donné des résultats assez satisfaisants, au point de vue économique, pour qu'on ait jugé à propos d'y donner suite. M. A. Ancelin, en 1878, a imaginé l'emploi de l'acétate de soude chauffé à 80° pour alimenter les chaufferettes des wagons de chemin de fer; chaque appareil contient 15 kilogrammes d'acétate qui, se refroidissant de 80° à 40°, abandonnent une quantité de chaleur équivalente à celle que céderait un poids d'eau de 45 kilogrammes; il y a avantage, on le voit, à adopter ce procédé, car l'abaissement de température étant moins rapide qu'avec l'eau, le renouvellement des appareils de chauffage sera moins fréquent.

On peut également abandonner à elle-même une dissolution d'un sel métallique sans qu'il se produise de dépôt; le meilleur moyen d'arriver à ce résultat consiste, comme l'a montré Gay-Lussac, à introduire

la solution chaude dans un tube, à la faire bouillir pour chasser l'air et à fermer le tube à la lampe. Le liquide reste limpide indéfiniment tant qu'il est à l'abri de l'air ; mais si l'on vient à casser la pointe, l'air rentre, la cristallisation se produit et se propage à partir de la surface vers le bas du tube. L'explication de ce fait ayant soulevé des opinions contradictoires, MM. Violette et Gernez ont repris l'étude de la question et montré, par un grand nombre d'expériences très ingénieuses, que la cristallisation a lieu parce que, à un moment donné, un cristal, contenu dans les poussières de l'air, vient toucher le liquide et détruit la sursaturation. Les expériences de M. Gernez sont très simples ; elles peuvent être facilement reproduites, en apportant un grand soin à la préparation des solutions et en évitant la formation de cristaux sur les parois des ballons ou des vases dans lesquels le refroidissement a lieu ; il suffit pour cela d'agiter le liquide encore chaud pour bien redissoudre tout dépôt qui se serait déjà produit. Deux ballons à long col, contenant une solution de deux parties en poids de sulfate de soude dans une partie d'eau, sont placés l'une verticalement et l'autre horizontalement ; dans le premier, la cristallisation a lieu et les cristaux rayonnent à partir du point qui est sur le prolongement de l'axe du col du ballon ; dans le second, bien qu'il soit ouvert, aucun changement ne se produit : le contact de l'air n'est donc pas la cause qui produit la cristallisation (fig. 48). L'auteur fait d'ailleurs remarquer que, dans le ballon vertical, le dépôt est d'autant plus lent à se produire que le col du ballon est plus allongé. Il conclut de ces faits que le phénomène est dû à la chute

d'une poussière de l'air et s'est proposé de chercher quel corps, dans ces poussières, peut exercer une ac-

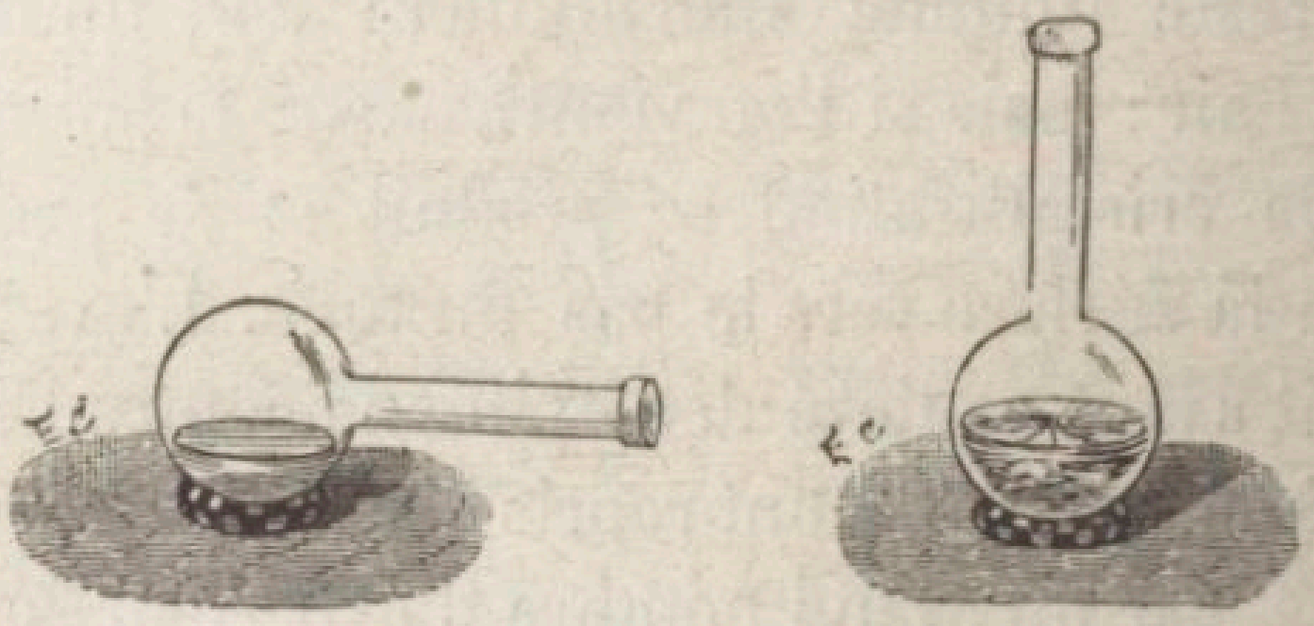


Fig. 48. — Dissolutions sursaturées exposées à l'air libre dans des ballons à long col.

tion. Une baguette de verre n'agit plus quand elle a été lavée à l'eau ou chauffée à la lampe à alcool; la substance active est donc soluble dans l'eau. L'agitation ne suffit pas pour produire la cristallisation, car des bulles d'air ne donnent rien si l'on a soin de faire passer l'air à travers un long tube, contenant quelques gouttes d'eau, ou de le filtrer au moyen d'un tampon de coton, préalablement chauffé à l'étuve. Le lavage de l'air avec du chloroforme, de l'éther ou de l'alcool, n'empêche pas le dépôt de cristaux; par suite, la substance active est insoluble dans ces liquides. Un cristal de sulfate de soude ou d'un sel, ayant même forme cristalline et même constitution chimique, produit une cristallisation immédiate; un très grand nombre de substances, essayées par M. Gernez, n'ayant pas donné de dépôt, tout portait à croire que, dans les poussières de l'air, il y a du sulfate de soude, ce qu'il a d'ailleurs reconnu en examinant au microscope les résidus de l'évaporation de l'eau de lavage ou le dépôt laissé sur le coton.

M. Péligot a signalé un moyen, très simple et facile

à employer, pour montrer la cause de la cristallisation des dissolutions sursaturées. On prend pour cela des sels qui ne cristallisent pas à l'air libre, parce que leurs correspondants ne se trouvent pas dans les poussières de l'air, et de préférence l'hyposulfite et l'acétate

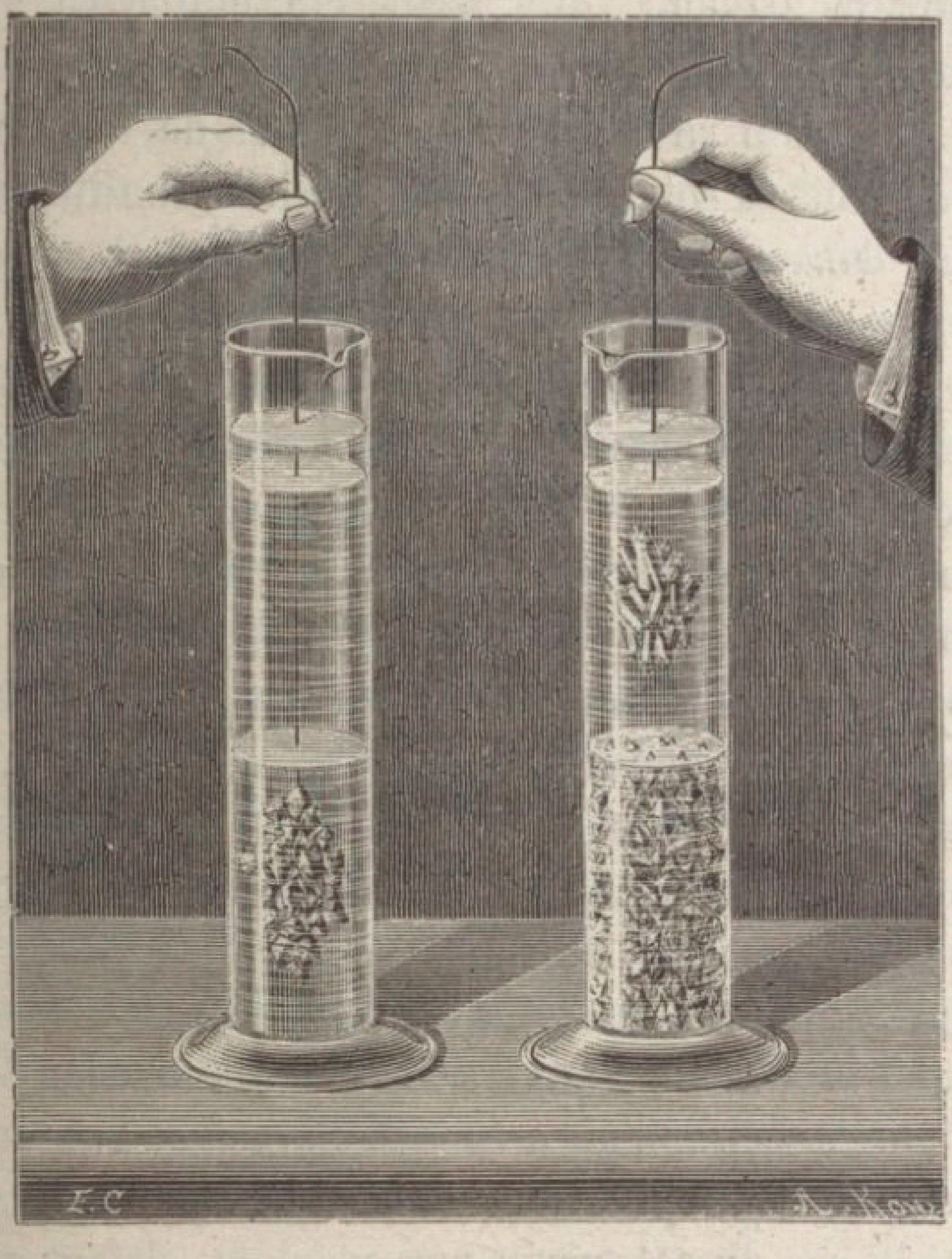


Fig. 49. — Expérience de M. Péligot.

de soude. La dissolution du premier sel se place au-dessous de la seconde dans des éprouvettes à pied (fig. 49). Après le refroidissement on jette dans les éprouvettes un cristal d'hyposulfite qui traverse le premier liquide sans l'altérer et produit la cristallisation

de la solution inférieure; de même un cristal d'acétate de soude produit la cristallisation de la solution supérieure et n'a pas d'action sur l'autre.

Au moment où le sel abandonne sa dissolution il y a une brusque élévation de température, le sel rendant la chaleur qui avait été employée à le dissoudre; ce dégagement de chaleur est sensible à la main quand on se sert de dissolution de sulfate et d'hyposulfite de soude, et peut produire l'ébullition de l'éther; dans une solution d'hyposulfite de soude plaçons un tube fermé à un bout contenant quelques gouttes d'éther et faisons cristalliser le sel; l'éther va bouillir et nous pourrons enflammer la vapeur à l'orifice du tube; c'est un moyen souvent employé pour montrer le dégagement de chaleur à un nombreux auditoire.

Les industriels et les chimistes tirent parti des faits précédents pour obtenir les substances cristallisées. Quand le sel est plus soluble à chaud qu'à froid, on fait une solution à chaud et par refroidissement, le sel se dépose s'il est au nombre de ceux qui se rencontrent dans les poussières de l'air; dans le cas contraire, on produit la cristallisation en mettant au contact de la dissolution un cristal de la même substance. Si le sel n'est pas plus soluble à chaud qu'à froid, ce qui est le cas du sel marin par exemple, il faut concentrer la dissolution en évaporant le liquide, et nous verrons plus tard quels sont les moyens économiques qu'emploie l'industrie pour obtenir ce résultat. La cristallisation est un moyen de séparer différents sels, mélangés dans un même liquide, ou de purifier un produit; mais dans ce cas il convient d'éviter la for-

mation de gros cristaux qui emprisonneraient dans leur masse du liquide tenant en dissolution d'autres sels. Ainsi le sulfate de soude du commerce est livré sous forme de petits cristaux et ceux-ci sont obtenus en agitant la dissolution au moment où le dépôt cristallin commence à se produire. Le salpêtre, destiné à la fabrication de la poudre, doit être dans un grand état de pureté; ce sel se dépose au milieu d'une solution contenant d'autres sels qui pourraient condenser la vapeur d'eau de l'air et nuiraient à la conservation de la poudre. On débarrasse les cristaux de salpètre de ces matières étrangères en les arrosant avec une solution de salpêtre pur, qui n'a pas d'action sur les cristaux obtenus, mais peut dissoudre les autres sels interposés.

Dans les laboratoires de chimie, dans les collections scientifiques, il y a au contraire avantage à avoir de gros cristaux pour constituer de beaux échantillons montrant mieux la forme cristalline. Veut-on obtenir un cristal volumineux d'alun, on opérera de la manière suivante : un petit cristal est suspendu dans une dissolution du sel de façon que toutes ses faces soient entourées de liquide; peu à peu la solution se concentre par évaporation et l'excès de sel dissous se dépose, par couches uniformes, sur le cristal déjà formé, qui s'accroît incessamment tout en restant semblable à lui-même. M. Félix Leblanc a montré que si l'on soumet une solution, ayant déjà déposé des cristaux et placée dans un tube fermé, à des variations de température, les petits cristaux finissent par disparaître et les gros cristaux s'accroissent aux dépens des petits. Cette méthode a été appliquée par M. Henri

Sainte-Claire Deville qui a pu obtenir ainsi la cristallisation de corps insolubles dans l'eau. Dans des matras à long col il plaçait des corps en poudre, en suspension au milieu d'une certaine quantité d'eau; ces matras, fermés à la lampe, étaient placés dans une étuve qu'on chauffait la nuit et qu'on laissait refroidir le jour; il a produit ainsi de gros cristaux de chlorure d'argent, d'acide arsénieux et d'un certain nombre d'autres substances.

La cristallisation peut encore se produire quand un corps solide est exposé à des variations répétées de température ou à une série de chocs; dans ce cas le corps devient cassant, parce qu'il se forme dans son intérieur des surfaces planes suivant lesquelles la séparation peut facilement s'effectuer. Les cercles des hauts fourneaux, les barres des grilles de foyers sont dans ce cas; tout le monde a entendu parler de la rupture des essieux, qui donne souvent lieu à de graves accidents; c'est en vue de les éviter qu'à certaines stations de chemins de fer un homme d'équipe est chargé de vérifier les essieux en les frappant d'un coup de marteau; si une félure s'était produite, le son produit par le choc en signalerait l'existence.

Séparé lentement d'une de ses combinaisons, un corps peut aussi prendre la forme cristalline; c'est ce que montrent certaines expériences déjà anciennes, ainsi que le prouve le nom sous lequel on les désigne, et que l'on reproduit fréquemment.

Une couche de mercure versée dans une dissolution d'azotate d'argent le décompose et à la longue il se produit des arborescences cristallines formées d'un amalgame de mercure et d'argent que l'on désigne sous le

nom d'*arbre de Diane*. Une lame de zinc plongée dans une dissolution d'acétate de plomb, vulgairement connu sous le nom d'extrait de Saturne, donne également des cristaux que l'on fait déposer sur des fils de laiton attachés à la lame de zinc ; les rameaux formés de feuillets de lamelles de plomb très brillantes composent l'*arbre de Saturne* (fig. 50). Une des plus belles cristallisations est celle de l'étain, qu'on réalise

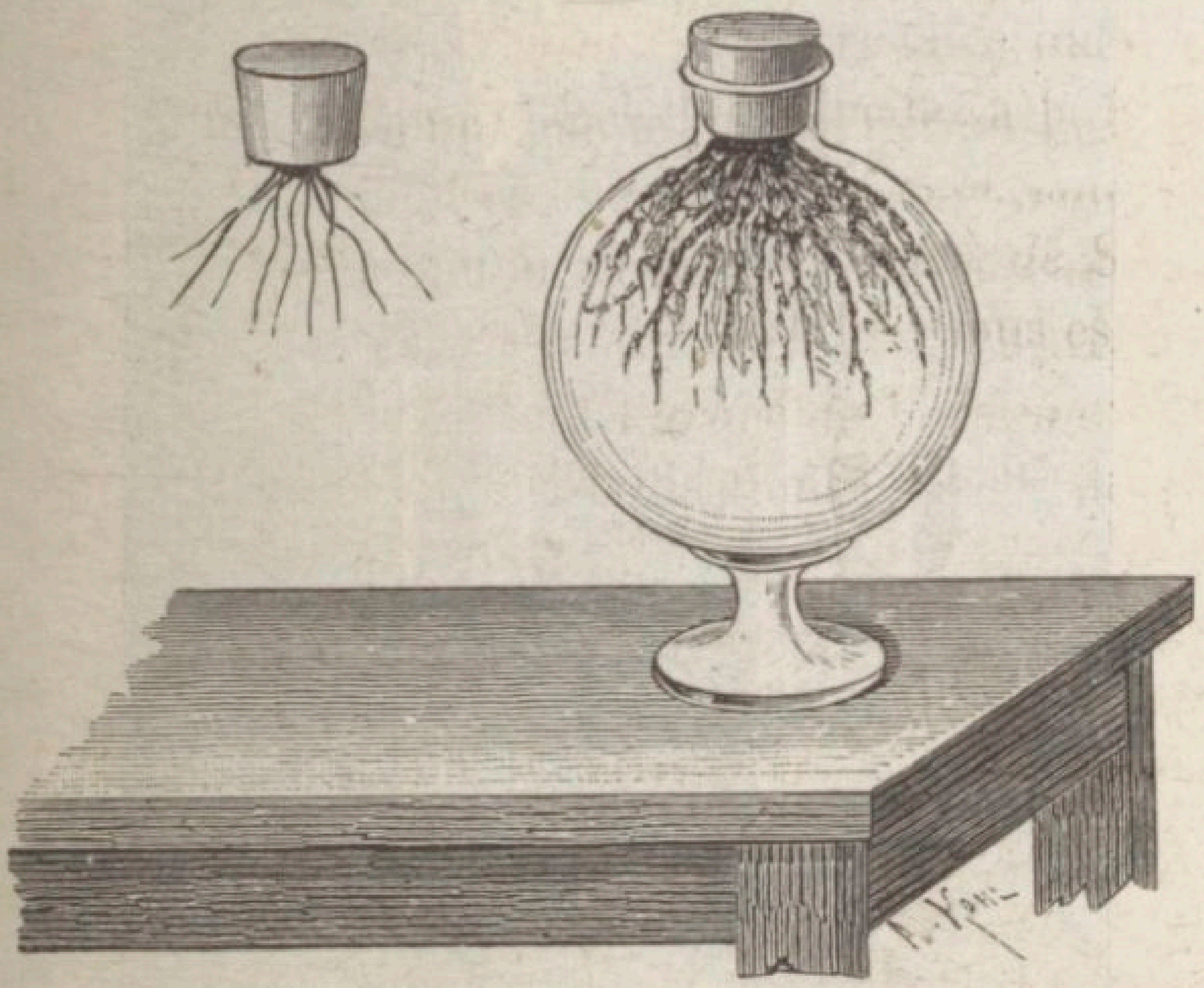


Fig. 50. — Arbre de Saturne.

ainsi : Après avoir fait dissoudre de l'étain dans l'acide chlorhydrique, on verse le liquide clair dans un vase assez profond, on recouvre d'une couche d'eau et l'on plonge un bâton d'étain pur qui, sur la partie recouverte par l'eau pure, se revêt de cristaux ramifiés offrant tout à fait l'apparence d'un sapin dont le tronc serait formé par la portion de l'étain baignée par le liquide inférieur ; on a conservé le nom d'*arbre*

de Jupiter donné par les alchimistes à cette cristallisation (fig. 51).

Nous voyons donc que sous l'action de la chaleur, les corps peuvent pour la plupart passer de l'état solide à l'état liquide, soit isolément, soit en présence

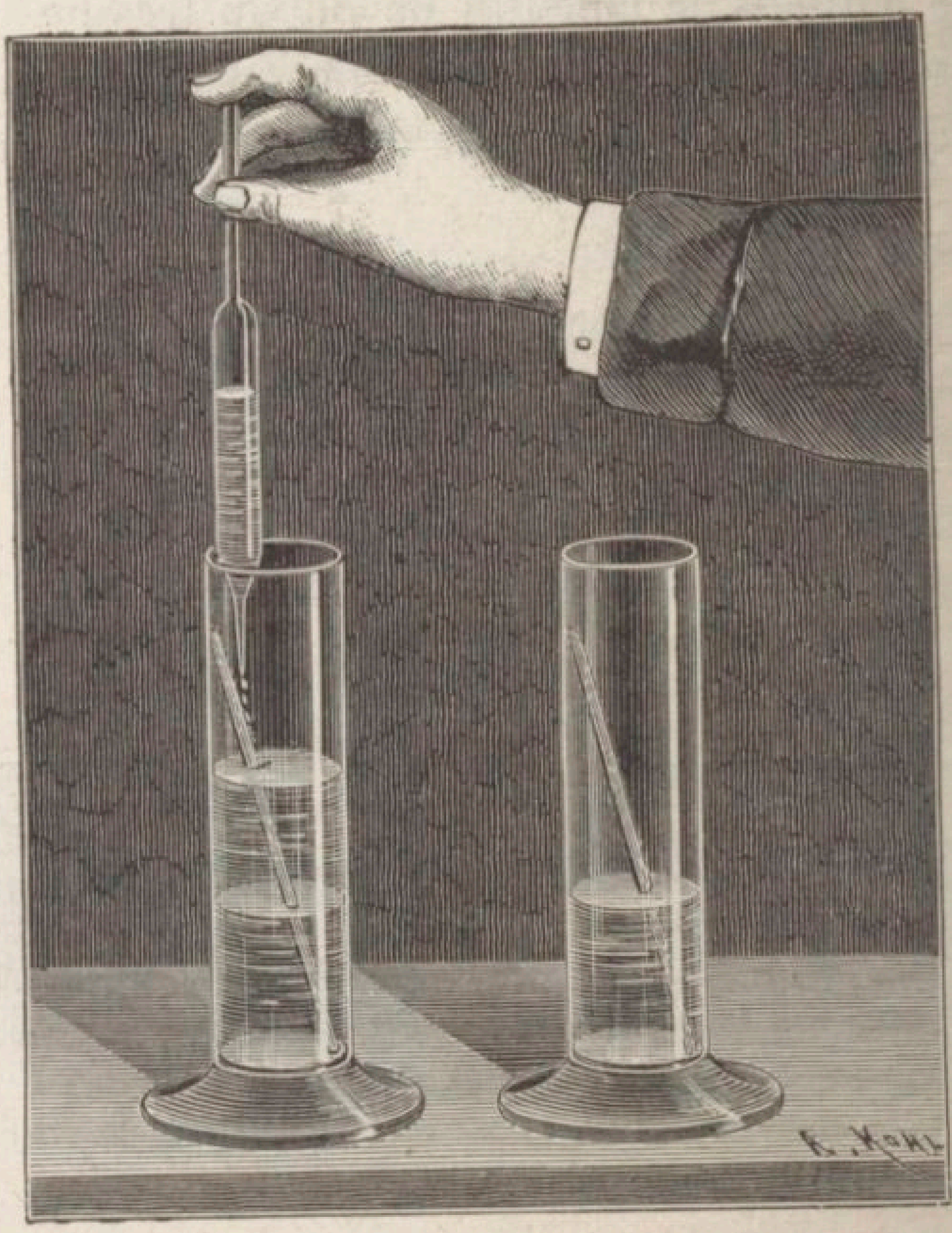


Fig. 51. — Arbre de Jupiter.

d'un liquide, et réciproquement un abaissement de température peut amener le retour de l'état solide à l'état liquide. L'état d'équilibre des molécules est en rapport avec la température du corps. Le travail intérieur qui s'effectue, quand les molécules se séparent et acquièrent une plus grande mobilité, occasionne une dé-

pense de chaleur, et quand de l'état de mouvement, correspondant à l'état liquide, les molécules passent à l'état de repos relatif, correspondant à l'état solide, une certaine quantité de chaleur devient disponible et maintient constante la température pendant le changement d'état. Tous ces faits viennent confirmer l'hypothèse généralement admise sur la nature de la chaleur, d'après laquelle les phénomènes calorifiques sont attribués à des mouvements des particules extrêmes de la matière.

CHAPITRE IV

Existence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. — Évaporation. — Liquides volatils. — Vapeurs de mercure. — Tension des vapeurs. — Couleur de la vapeur d'eau. — Pouvoir absorbant des vapeurs. — Expériences de M. Tyndall. — Thermophone de M. Mercadier.

A ce premier changement d'état des corps, qui les amène de l'état solide à l'état liquide, peut succéder un autre changement, le passage de l'état liquide à l'état gazeux ; mais il existe entre les conditions dans lesquelles s'effectue ce dernier des différences essentielles qui le distinguent de la fusion. Tandis que, au-dessous du point de fusion, un corps ne peut pas être à la fois solide et liquide, il arrive au contraire qu'à une même température un corps peut être à la fois liquide et gazeux ; c'est cette circonstance qui avait probablement induit en erreur quelques savants et les avait conduits à donner une fausse interprétation de ces phénomènes.

Des faits journaliers nous montrent la présence de la vapeur d'eau dans l'air ; invisible dans les circonstances ordinaires, elle se révèle dans un certain nombre de cas. Dans une pièce chauffée, dans une salle où se trouvent réunies un grand nombre de personnes, nous ne tardons pas à voir se déposer sur les vitres froides, sur les glaces, une buée, et le contact de la main nous prouve la présence sur ces corps d'une couche de liquide ; dans un wagon de chemin de fer, par une

journée froide, les glaces se ternissent, une couche légèrement opaque dérobe à nos yeux la vue du paysage. Enfin les nuages, les brouillards qui se forment pendant les froides matinées de l'automne, ne sont-ils pas aussi une preuve assez évidente que l'eau à l'état de division extrême, à l'état de vapeur invisible, est répandue dans l'atmosphère. Si l'on abandonne un liquide à lui-même, dans un vase large et peu profond, on ne tarde pas à le voir disparaître peu à peu ; mais le temps nécessaire pour que le liquide disparaisse n'est pas le même pour tous ; quelques-uns même peuvent être conservés indéfiniment au contact de l'air sans que leur poids éprouve la moindre variation ; c'est ce qui arrive pour l'huile, la glycérine, etc. Si la perte de poids éprouvée par un liquide est très grande dans un temps relativement court, le liquide est *volatil ;* il est fixe dans le cas contraire ; l'éther sulfurique, l'alcool, le sulfure de carbone ne peuvent pas être laissés dans des vases ouverts ; l'odorat d'ailleurs suffit pour nous fournir la preuve du passage de ces substances à l'état gazeux.

Le mercure, auquel on donnait autrefois le nom de vif-argent, ne paraît pas émettre beaucoup de vapeurs à la température ordinaire ; cependant ceux qui ont observé attentivement un baromètre ont pu apercevoir contre les parois intérieures du verre, à la partie supérieure, de petites gouttelettes de mercure. L'illustre savant anglais Faraday avait montré, par une expérience souvent citée, que les vapeurs mercurielles peuvent exister à la température ordinaire, mais ne se répandent qu'à une très petite distance de la surface ; il avait utilisé la propriété que possède l'or de s'unir

très facilement au mercure. Dans un flacon à large goulot était suspendue une petite feuille d'or au-dessus d'une couche de mercure ; la feuille devenait blanche sur une très petite longueur. Quelques observations avaient pourtant prouvé la présence de vapeurs mercurielles dans des espaces assez étendus ; nous croyons devoir rapporter quelques faits cités par M. Girardin dans ses Leçons de chimie.

« A la manufacture royale des glaces de Berlin, pendant un hiver fort rude, les ouvriers qui travaillaient dans une pièce où l'on étamait autrefois les glaces, firent du feu et élevèrent la température de cette pièce entre 26° et 32°. Au bout de quelques jours tous éprouvèrent une forte salivation, phénomène qui les surprit beaucoup, puisqu'on n'apercevait pas de traces de mercure dans l'appartement, ni même aux environs. Après bien des recherches, ils soupçonnèrent enfin la véritable cause de l'incommodité qu'ils éprouvaient ; ils firent lever le parquet de la pièce, et ils virent alors environ 20 kilogrammes de ce métal répandus sur différents points, où il était tombé peu à peu pendant qu'on étamait les glaces.

« Le 11 mai 1803, les mines d'Idria furent incendiées. Sur 1300 ouvriers qui y travaillaient, 900 furent saisis d'un tremblement continuel, qui les fatiguait surtout la nuit et les rendait incapables de toute occupation. Les 400 autres traînèrent, pendant le reste de leur vie, une santé misérable et chancelante.

« En 1810, le navire anglais *The Triumph*, de 74 canons, reçut à son bord une grande quantité de mercure. Le métal s'échappa des vessies et des barils qui le contenaient, et de là se répandit dans tout le bâtiment.

Dans l'espace de trois semaines, 200 hommes furent affectés de salivation, d'ulcérations à la bouche et à la langue, accompagnées de paralysie partielle et de dérangements d'intestins. Tous les animaux, sans exception, qui étaient à bord, périrent sous la même influence. »

Depuis l'époque à laquelle Faraday avait fait l'expérience rapportée plus haut, M. Merget, alors professeur de physique à Lyon, a montré, à l'aide d'un réactif très sensible, la présence de vapeurs mercurielles à toutes les hauteurs dans les ateliers où l'on emploie ce métal. Il avait remarqué qu'un papier imprégné de certaines dissolutions métalliques, chlorure de platine ou azotate d'argent additionné d'ammoniaque, noircit sous l'influence des vapeurs de mercure et conserve indéfiniment la teinte qu'il doit à la présence du métal réduit. Il a pu ainsi obtenir des épreuves ineffaçables et a constaté, en particulier, qu'il pouvait reproduire, par ce procédé, l'image d'une feuille préalablement exposée aux émanations d'une plaque de cuivre amalgamée. Faisant usage de son réactif, M. Merget a reconnu que dans les vêtements des ouvriers, employés à l'étamage des glaces, dans leurs cheveux et dans leur barbe, se trouvait condensée une certaine quantité de mercure, constituant pour eux un danger permanent, et les exposant à un empoisonnement lent qui se signale par les indispositions signalées plus haut. On comprend, d'après cela, quelle importance il y a, au point de vue de la salubrité, à abandonner l'étamage des glaces pour le remplacer par l'argenture chimique. M. Merget a également montré l'action nuisible des vapeurs de mer-

cure sur les plantes; celles-ci se flétrissent, les feuilles noircissent, se détachent au bout de peu de temps et le végétal ne tarde pas à périr.

La réduction des liquides en vapeurs avait été assimilée, par un grand nombre de physiciens, à la dissolution du liquide dans l'air environnant; de cette explication résulte que la présence de l'air serait nécessaire à la production du phénomène. Cependant un physicien italien, nommé Fontana, avait montré que l'eau se réduit plus facilement en vapeur dans le vide que dans un espace rempli de gaz. Au siècle dernier, on s'aperçut que différents baromètres, contruits avec le plus grand soin, ne se trouvaient pas d'accord; dans quelques-uns le niveau du mercure était plus bas que dans d'autres; on attribua ce fait à la présence d'une petite quantité d'alcool, ayant servi à nettoyer le tube, qui s'était vaporisé dans le vide du baromètre. Les vapeurs partagent avec les gaz la propriété de posséder une *force élastique*, en vertu de laquelle elles peuvent refouler une colonne de mercure d'une certaine hauteur. Si dans la chambre d'un baromètre on fait arriver une gouttelette d'un liquide volatil, on verra immédiatement le niveau s'abaisser et cet abaissement mesurera la force élastique ou tension de la vapeur. Pour mieux connaître cet abaissement, on conserve à côté du tube, dans lequel on introduit le liquide, un baromètre qui reste intact. Vient-on à chauffer le tube contenant de la vapeur, immédiatement la différence de niveau augmente avec une grande rapidité et l'on est en droit d'en conclure que la tension de vapeur croît très vite avec la température; jusque-là rien ne distingue les vapeurs des

gaz; mais si nous portons notre tube renfermant de la vapeur dans un long tube de fer rempli de mercure, que nous le soulevions, nous constaterons que la hauteur de la colonne de mercure reste invariable; l'excès de liquide, que nous avons laissé à dessein dans ce tube, fournit de la vapeur quand l'espace libre au-dessus du mercure augmente, de telle sorte que la pression exercée par cette vapeur garde une valeur constante. Si, au contraire, nous abaissons le tube, une certaine quantité de vapeur repasse à l'état liquide, c'est-à-dire se condense; et si enfin la hauteur de la partie supérieure du tube au-dessus du niveau extérieur du mercure est moindre que la hauteur du mercure qui était soulevée tout à l'heure, il n'y a plus de vapeur. Il résulte de là que, à une certaine température, la tension de la vapeur est constante, pourvu toutefois qu'il y ait un excès de liquide, auquel cas on dit que la vapeur est saturante; une autre conséquence se déduit de ces expériences: pour que la vapeur se produise, il faut que le liquide n'ait pas à supporter une pression supérieure à la tension de cette vapeur. Reprenons ces expériences avec différents liquides, nous constaterons que les dépressions observées ne seront pas les mêmes; l'éther déprime plus que l'alcool en se vaporisant, celui-ci à son tour déprime plus que l'eau; les tensions sont d'autant plus grandes que le liquide est plus volatil.

La détermination des tensions de vapeur a une très grande importance pratique; les physiciens, qui s'occupent de la détermination de la vapeur d'eau contenue dans l'air, avaient intérêt à connaître sa tension maximum; pour ces études il eût suffi de la dé-

terminer à des températures peu élevées, et les expériences que nous venons de rapporter, convenablement perfectionnées, suffisent pour cet objet. Mais de nos jours, la vapeur d'eau étant devenue une force motrice dont il fallait apprécier la valeur, la connaissance des pressions qu'elle exerce à haute température devenait nécessaire; c'est pour ce motif qu'ont été entreprises successivement, sur la proposition de l'Académie des sciences, les recherches de Dulong et Arago, et plus tard, par ordre du ministre des Travaux publics, le grand travail de M. Regnault. Ce travail a duré près de trente ans et constitue le plus beau titre de gloire de l'illustre physicien qui, par ses appareils savamment installés, par des mesures très précises, a fourni à la science des données rigoureuses qui lui manquaient jusqu'alors. A la température de la glace fondante, la tension de la vapeur d'eau est de $4^{mm},6$; elle croît rapidement pour atteindre une pression égale à 760 millimètres de mercure, à la température de 100°. Au delà, la variation est plus rapide, et à 229° elle devient égale à 27 fois la valeur qu'elle avait à 100°. Nous donnerons une idée plus juste de cette force élastique, en exprimant les poids que pourrait soulever la vapeur agissant sous un piston dont la section serait de un décimètre carré; ces poids sont renfermés dans le tableau suivant :

100°.	103,329	grammes
150°.	486,900	—
200°.	1589,200	—
230°.	2845,100	—

A 230° il faudrait donc charger le piston de près de 3 tonnes pour empêcher qu'il ne fût soulevé par la

vapeur d'eau agissant sur sa base inférieure. Les puissants effets que l'on peut obtenir par ce moyen ne nous étonnent plus aujourd'hui que nous connaissons ces formidables engins — le marteau-pilon du Creusot par exemple — qui sont mus sous l'action de la vapeur, maintenant que nous avons vu circuler sur nos voies ferrées ces lourdes locomotives traînant à leur suite des wagons de marchandises lourdement chargés.

La force expansive de la vapeur d'eau avait déjà été reconnue par certains savants ou ingénieurs, et parmi ceux qui l'ont signalée on peut citer Héron d'Alexandrie, qui remarqua que le couvercle d'un vase est soulevé quand on réduit l'eau en vapeur; F. Rivault, précepteur de Louis XIII, et Salomon de Caus, au dix-septième siècle, avaient également constaté que la vapeur tend à briser les obstacles qui s'opposent à son expansion. Nous pourrions ajouter à cette liste les inventeurs de la machine à vapeur, Papin, Newcomen et surtout Watt, auquel on doit les premières recherches précises sur les propriétés de ce fluide.

L'eau à l'état solide a également une tension de vapeur ; il n'est pas rare de voir la glace disparaître sans avoir subi de fusion, et dans ce cas nous devons admettre, ce qu'avait d'ailleurs reconnu le naturaliste Pline, qu'il y a eu vaporisation immédiate : ce phénomène a été étudié par Gay-Lussac et par M. Regnault, qui ont opéré jusqu'à 32° au-dessous de zéro.

La vapeur d'eau possède encore d'autres propriétés remarquables, qui ont été surtout mises en évidence dans ces dernières années. Incolore en apparence, elle est rouge quand on la considère sous une grande épaisseur; c'est à cela qu'on doit attribuer la cou-

leur rouge que présente le ciel à l'horizon, au lever ou au coucher du soleil, et la même couleur que nous offre la lune quand nous la voyons à l'est ou à l'ouest pendant la nuit. Ceci résulte d'expériences directes effectuées sur le spectre solaire. Nous savons que si un rayon de soleil traverse un bloc de verre ou de cristal terminé par des faces planes, — que nous nommons un prisme, — l'image est étalée et présente les sept couleurs de l'arc-en-ciel, *rouge*, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet*. Cette image n'est pas continue et présente en certains points des raies noires, disposées perpendiculairement à la plus grande longueur du spectre. Pour découvrir la cause de production de ces raies noires, le savant anglais Brewster fit passer le rayon solaire à travers un ballon renfermant des vapeurs jaunes rougeâtres d'un corps bien connu des chimistes, l'acide hypoazotique; il constata qu'il se produisait des raies noires, dans les régions rouges et orangées du spectre solaire, d'où il conclut que l'atmosphère terrestre renferme des gaz qui agissent de la même manière sur le spectre, absorbent certaines radiations et donnent des raies noires auxquelles, pour ce motif, on a donné le nom de *raies telluriques*. Le savant directeur de l'observatoire d'astronomie physique de Meudon, M. Jannsen, remarqua qu'au sommet du Faulhorn les raies noires étaient moins apparentes; par un jour de sécheresse extrême elles avaient même complètement disparu. Il pensa alors que certaines raies noires, observées dans le rouge, pouvaient être dues à l'absorption exercée par la vapeur d'eau. Pour vérifier cette supposition il alluma sur le bord du lac de Genève un bûcher de

sapin et observa la flamme à l'aide d'un spectroscope, à une distance de 21 kilomètres; les rayons étant transmis à travers la couche de vapeur, qui se trouve au-dessus du lac, donnaient le spectre d'absorption de la vapeur d'eau; il y découvrit la présence de raies noires, fortement accusées, dans le rouge. L'expérience fut reprise, à la Compagnie parisienne du gaz, en faisant passer les rayons lumineux à travers un tube de fer, de 57 mètres de longueur, fermé aux deux extrémités par des glaces et entouré de sciure de bois pour empêcher le refroidissement. La vapeur d'eau introduite à haute pression dans ce tube exerce le même effet qu'une couche d'une grande épaisseur; dans ce cas, M. Jannsen constata la production de raies noires dans le rouge, disposées comme dans le spectre observé au moment du lever ou du coucher du soleil. Une matière colorée transparente, placée sur le trajet des rayons solaires, donne lieu, dans le spectre, à des bandes noires correspondant à la région contenant les couleurs de la substance; en d'autres termes, un corps absorbe, dans certaines circonstances, les radiations qu'il peut émettre. La vapeur d'eau, ainsi qu'il résulte des expériences rapportées ci-dessus, absorbant des rayons rouges et orangés du spectre, a donc d'après cela une couleur rouge orangé, et c'est à elle qu'il faut attribuer la teinte rouge des rayons solaires ayant traversé une grande épaisseur d'air; une autre observation vient d'ailleurs apporter une nouvelle preuve : qui ne se rappelle, par un jour de gros brouillard, avoir vu le soleil apparaître comme un globe rouge de feu?

La vapeur d'eau possède également la propriété

d'absorber une grande quantité de chaleur, et son pouvoir absorbant est égal à 70 fois celui de l'air sec. Cette conséquence résulte d'expériences de M. Tyndall ; répétées un très grand nombre de fois et dans des conditions bien diverses, pour se mettre à l'abri des objections qu'on pouvait leur adresser, elles ont été révoquées en doute par quelques physiciens. Pour convaincre ses contradicteurs, le savant physicien anglais se proposait de reprendre ses recherches par une autre méthode, lorsqu'une découverte remarquable vint lui suggérer l'idée d'aborder l'étude d'une nouvelle question. L'illustre inventeur du téléphone, M. Graham Bell, avait observé que si l'on fait tomber un rayon lumineux intermittent sur un corps solide, on peut percevoir un son. M. Tyndall crut devoir attribuer ce son à l'action de la chaleur sur le corps et pensa qu'il résultait de changements alternatifs de volume, dus à des variations de température ; si cela était, le gaz et les vapeurs, doués de pouvoir absorbant, devaient donner des sons intenses et l'intensité du son donnait un moyen de mesurer le pouvoir absorbant. Les premiers essais justifièrent ces prévisions, et c'est surtout sur les vapeurs que l'auteur porta son attention.

L'appareil employé se composait d'un disque en zinc percé de fentes dans le sens des rayons, à travers lesquelles passait un faisceau lumineux rendu convergent à l'aide d'un miroir argenté. Un mouvement rapide de rotation, imprimé à la roue, donnait dans une seconde un nombre d'intermittences égal au nombre des fentes multiplié par le nombre des tours de roue. Au delà du disque était placé un flacon

contenant le gaz ou la vapeur à essayer, muni d'un bouchon auquel était adapté un tube en caoutchouc portant un bout effilé en ivoire ou en buis qu'on appliquait à l'oreille de manière à lui transmettre les moindres sons qui pouvaient se produire. Dans ces conditions on a constaté que l'air humide donne des sons plus intenses que l'air sec ; les observations suivantes ne peuvent laisser aucun doute à cet égard.

« Mon éminent collègue, M. Dewar, a bien voulu me préparer quatre flacons contenant, le premier, une petite quantité d'acide sulfurique concentré, le second, un peu d'acide sulfurique de Nordhausen, le troisième, quelques fragments de chlorure de calcium fondu, et le dernier, un peu d'acide phosphorique anhydre. Ces flacons, fermés avec de bons bouchons en caoutchouc, furent soumis à l'épreuve du rayon intermittent seulement au bout de douze heures, et rendirent tous un faible son ; six heures plus tard, une nouvelle expérience trouva les trois premiers flacons muets ; celui qui contenait l'acide phosphorique laissa seul entendre un son.

« Un ballon d'environ 15 centimètres cubes, contenant un peu d'eau et ramené à la température de la glace fondante, donne des sons bien distincts ; si l'on chauffe le ballon, le son devient plus fort ; à 100° il prend une intensité extraordinaire. »

Ayant fait passer le faisceau à travers une couche d'eau, M. Tyndall n'observa pas de son ; résultat facile à prévoir, car il savait qu'un liquide et sa vapeur absorbent les mêmes rayons ; l'eau arrêtait les radiations qui auraient pu rendre la vapeur sonore. La

dissolution d'iode dans le sulfure de carbone ne diminue pas les sons, preuve que la chaleur est la véritable cause du phénomène, car on le modifie en arrêtant la chaleur, tandis qu'il ne varie pas si la lumière seule est interceptée.

Pendant que M. Tyndall se livrait à ses recherches en Angleterre, M. Mercadier, directeur de l'école de télégraphie, s'occupait de la même question, et faisait voir, de son côté, qu'on devait attribuer les phénomènes observés par M. Graham Bell à la chaleur et non à la lumière du faisceau éclairant le corps par intermittences. Il a donc proposé de remplacer le nom de *photophone*, que le célèbre inventeur américain avait donné à son appareil, par celui de *radiophone*, et plus tard par celui de *thermophone*, qui indique mieux la nature de l'agent producteur des sons.

Le radiophone de M. Mercadier se compose de deux parties ; le transmetteur est formé d'un réflecteur en verre argenté très mince, fixé à la large base d'un cornet en buis; pour préserver la plaque de l'altération, il tourne la partie argentée vers l'intérieur et fixe près de l'embouchure du cornet sur laquelle agit le faisceau, une plaque de mica; le récepteur est formé d'un tube de verre, fermé à l'une de ses extrémités, et relié, par sa partie ouverte, à un cornet acoustique au moyen d'un tube de caoutchouc aussi court que possible; l'intérieur du tube est revêtu d'une petite feuille de clinquant enfumé. Une couche d'eau étant placée au fond du tube : « on constate que les radiations traversant l'eau ne produisent pas d'effet sonore sensible; qu'en traversant l'air humide immé-

diatement au-dessus de l'eau et dans la partie transparente du tube, les effets sonores sont très faibles, mais deviennent d'autant plus intenses que l'air est plus saturé de vapeur d'eau, ce qu'on obtient en chauffant le liquide avec une lampe à alcool. Enfin, en traversant l'air humide de la partie supérieure du tube, où se trouve un demi-cylindre de clinquant enfumé, les radiations produisent les mêmes effets, mais avec une intensité beaucoup plus grande.

« J'ai obtenu les mêmes résultats avec l'éther sulfurique et l'ammoniaque. »

« J'en étais là de ces recherches, quand j'ai appris que M. Tyndall avait fait l'étude complète des gaz et des vapeurs à ce point de vue. Personne n'était plus en état de les exécuter que le savant physicien à qui nous devons de si beaux travaux sur l'absorption de la chaleur rayonnante par les gaz et les vapeurs. M. Tyndall a constaté principalement que les effets sonores produits par les gaz et les vapeurs enfermés dans des ballons de verre *étaient d'autant plus intenses que ces substances absorbaient mieux les radiations calorifiques*, et il est parvenu, comme je l'avais fait moi-même, à produire ces effets avec des radiations calorifiques obscures. Après les recherches très complètes, je crois qu'on peut considérer comme élucidée la question de la transformation d'énergie radiante en énergie sonore dans le cas des récepteurs considérés. »

Ajoutons à cela que M. Mercadier est arrivé à percevoir à une grande distance la parole articulée à l'aide de ce même appareil. Quand nous considérons la simplicité des appareils employés pour produire des

résultats aussi merveilleux ; quand nous envisageons, d'autre part, le téléphone, le microphone et le phonographe, — si bien décrits ailleurs par M. le comte du Moncel, — nous ne pouvons nous défendre d'un sentiment bien légitime d'admiration pour les travaux de ces infatigables chercheurs, qui nous procurent le moyen de soumettre à des modifications si diverses les forces de la nature ; et nous reconnaissons, avec juste raison, qu'on ne peut nier le progrès et que le philosophe latin avait bien le droit de dire : « La postérité sera étonnée des choses que nous aurons ignorées. »

CHAPITRE V

Évaporation. — Circonstances qui la favorisent. — Bâtiments de graduation. — Froid produit par évaporation. — Appareil Carré. — Ebullition. — Influence de la pression. — Expérience de MM. Donny, Dufour, Gernez. — Marmite de Papin. — Vaporisation totale. — Retour de l'état de vapeur à l'état liquide.

Dans un espace limité, vide ou rempli d'un gaz, un liquide volatil émet de la vapeur jusqu'à ce que celle-ci atteigne une force élastique déterminée à une certaine température ; tandis que dans le vide la diffusion de la vapeur est instantanée, dans un gaz, au contraire, il faut un certain temps pour qu'elle se mélange à toute la masse gazeuse et par suite pour que l'état stationnaire soit atteint. La présence d'un gaz a donc pour effet de ralentir, pour ainsi dire, la formation de la vapeur mais n'influe pas sur la tension finale, qui sera la même que dans le vide à la même température. Dans un volume de gaz indéfini, ou qu'on peut considérer comme tel, l'atmosphère par exemple, le liquide émet sans cesse de la vapeur jusqu'à ce qu'il ait complètement disparu ; cette formation de vapeur a lieu à la surface de séparation du liquide et de l'air ambiant, et le phénomène prend le nom *d'évaporation*. Nous pourrions observer cette production de vapeur et la mesurer en évaluant le poids de liquide disparu dans des intervalles de temps égaux ; c'est ainsi qu'opérait le savant physicien anglais Dalton. Il reconnut que l'évaporation est d'autant

plus rapide, toutes choses égales d'ailleurs, que la surface est plus étendue; il s'assura en outre que la vitesse d'évaporation est proportionnelle à la section du vase. L'industrie utilise souvent cette propriété dans la construction d'appareils pour la concentration des dissolutions salines, sans faire intervenir l'action d'un foyer de chaleur qui entraînerait une grande dépense de combustible. L'eau salée des sources, renfermant en dissolution de 7 à 8 pour 100 de sel marin, est évaporée économiquement à l'aide d'une disposition imaginée au seizième siècle par Abith, médecin allemand, et qu'on nomme graduation.

Les bâtiments de graduation se composent d'un hangar sous lequel se trouvent disposés des montants en charpente maintenant en place des fagots; l'eau salée est amenée, au moyen de pompes PP, dans des rigoles situées à la partie supérieure, et retombe dans un large bassin après s'être répandue sur toute la surface des brindilles composant les fagots; la circulation de l'eau est renouvelée jusqu'à ce que sa concentration ait atteint le degré voulu (fig. 52). A Moutiers, en Savoie, la méthode d'évaporation, quoique reposant sur le même principe, est un peu différente. L'eau salée circule à travers des cordes de chanvre sur une longueur qui atteint jusqu'à 100 kilomètres. Les salines des bords de la mer satisfont aussi aux mêmes conditions; l'eau salée est amenée dans des bassins larges et peu profonds et s'évapore par une large surface, sous l'action du soleil et sous l'influence des vents qui renouvellent constamment la couche d'air au-dessus des bassins d'évaporation. L'agitation de l'air est une circonstance très favorable à la for-

mation des vapeurs ; il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer avec quelle rapidité un vent succédant à une pluie récente en fait disparaître les traces.

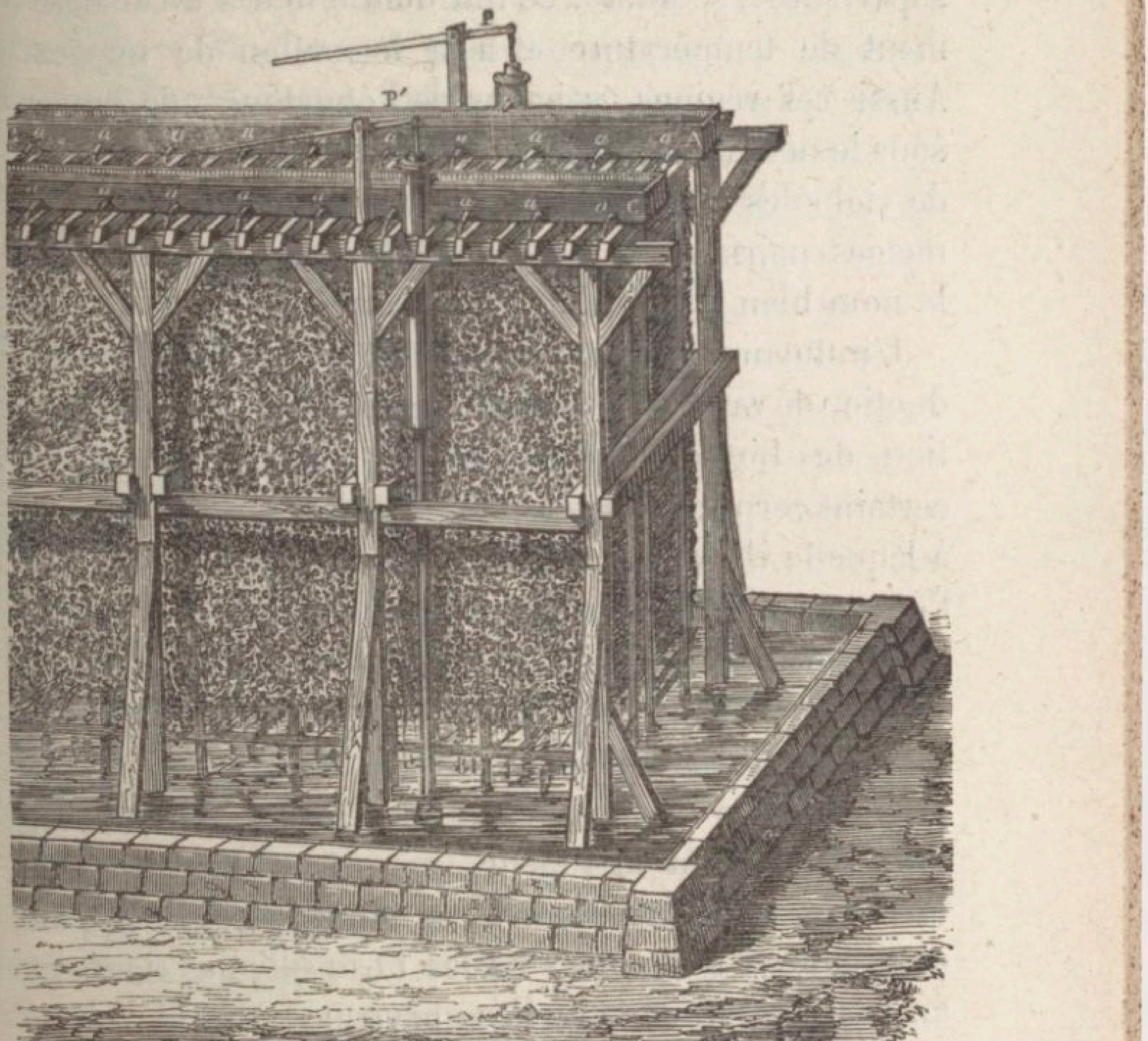


Fig. 52. — Bâtiments de graduation.

L'évaporation des liquides est aussi activée par une élévation de température et un abaissement de la pression extérieure. Les parties de l'Océan qui se trouvent soumises aux rayons solaires tombant d'aplomb,

à une certaine époque de l'année, fournissent une très grande quantité de vapeur d'eau. L'air échauffé, qui s'élève chargé de vapeurs, arrivé dans les régions supérieures, se dilate, ce qui donne lieu à un abaissement de température et à la formation de nuages. Aussi ces régions, voisines de l'équateur, désignées sous le nom de *calmes équatoriaux*, sont-elles le siège de violentes tempêtes; le ciel est toujours chargé de nuages noirs et les marins ont donné à cette portion le nom bien significatif de *pot au noir*.

L'influence de l'abaissement de pression sur la production de vapeur est souvent utilisée pour la concentration des liquides : les chimistes qui veulent obtenir certains corps débarrassés d'une grande quantité d'eau, à laquelle ils sont mélangés, les placent dans le vide; l'évaporation est alors plus active, mais la vapeur qui se produit saturerait, à un moment donné, l'intérieur de la cloche dans laquelle elle se répand et le phénomène serait, par là même, limité; on a donc soin de placer dans la cloche une substance avide d'humidité, qui, condensant la vapeur, maintient constamment une très basse pression. C'est par ce procédé qu'on peut enlever à certaines huiles l'eau qu'elles tiennent en suspension, obtenir l'eau oxygénée, l'acide phosphorique dans un grand état de concentration.

La chaleur favorise l'évaporation des liquides, ce qui prouve que la formation des vapeurs est accompagnée d'une absorption de chaleur. Le volume occupé par la vapeur étant très considérable par rapport à celui du liquide, il y a eu expansion, c'est-à-dire écartement des molécules; un travail est accompli et exige une grande dépense de chaleur. Sans l'in-

tervention d'un foyer de chaleur nous pouvons, par l'agitation du liquide, ou par un abaissement de pression le transformer en vapeur et, par suite de cette évaporation forcée, nous obtiendrons une consommation de chaleur empruntée parfois au liquide lui-même qui pourra atteindre alors une très basse température. Ce moyen de production artificielle de froid, souvent utilisé, est d'autant plus efficace qu'on opère avec une substance plus volatile. Plongeons la main dans de l'éther, du sulfure de carbone ou de l'alcool, nous éprouvons une sensation de froid très marquée; au lieu de laisser la main immobile, agitons-là ou soufflons dessus pour hâter la réduction en vapeur, le froid éprouvé devient plus sensible. Dans un vase de métal mince plaçons une couche d'éther, posons ce vase sur une planchette recouverte d'eau et, à l'aide d'un soufflet, activons l'évaporation nous constaterons que, au bout de peu de temps, la capsule de métal est adhérente à la planchette par suite de la congélation de l'eau.

On démontre cette production de froid par l'expérience de Leslie; au-dessus d'un vase de verre, renfermant de l'acide sulfurique concentré, on place une capsule de métal ou de liège enfumé contenant une petite quantité d'eau, on recouvre le tout d'une cloche dans laquelle on fait le vide. Il se produit d'abord un dégagement de bulles de gaz et de vapeur et bientôt l'eau se prend en glaçon (fig. 53).

M. Decharme a imaginé une expérience, qui tend au même but, et permet en outre d'observer la forme des cristaux de givre; des bandelettes de papier buvard gris ou rouge, préalablement imbibées

d'eau, sont plongées par leur partie inférieure dans une couche de sulfure de carbone placée au fond d'un vase de verre ; ce liquide s'élève par capillarité, s'évapore et refroidit l'eau qui forme à la surface du papier de petites arborescences de cristaux de glace (fig. 54).

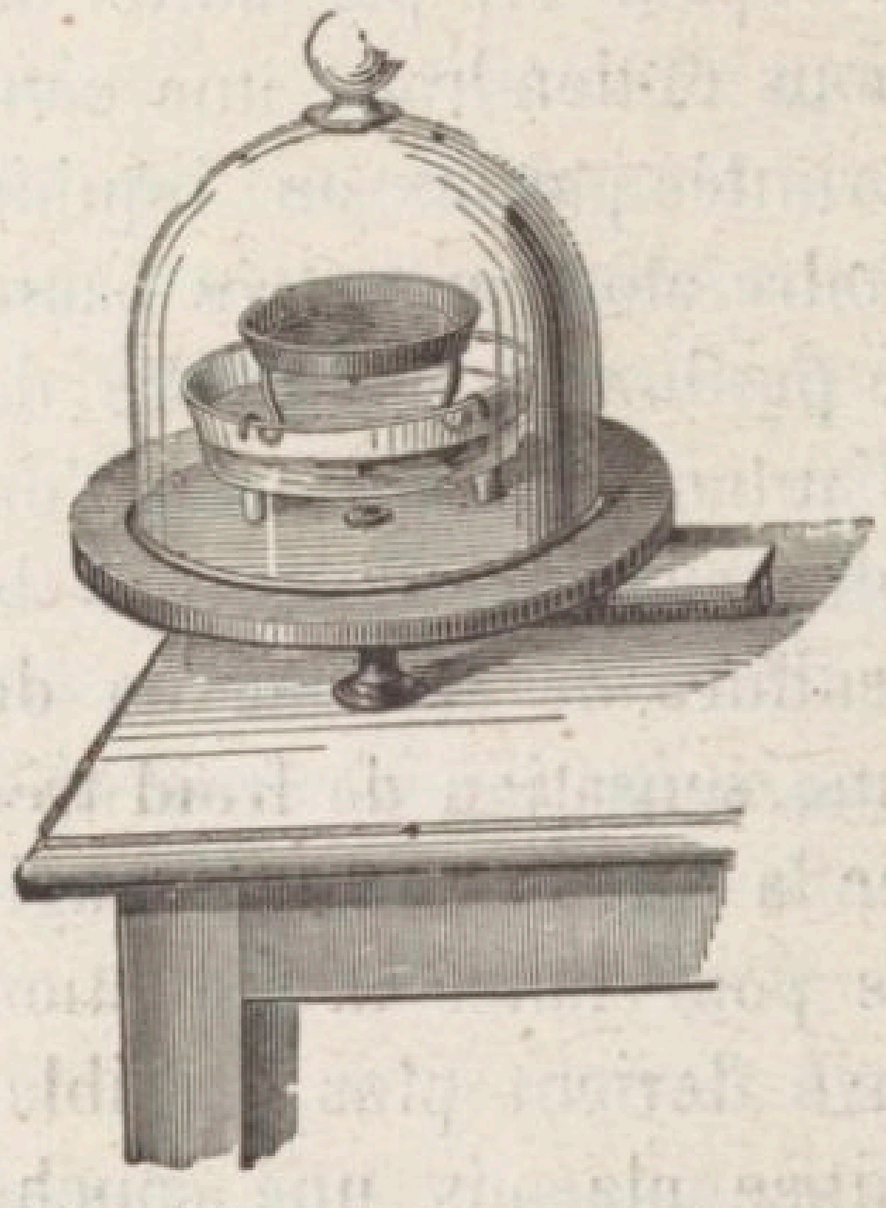


Fig. 53. — Expérience de Leslie.

Les applications de ces faits sont nombreuses et nous réservons pour un autre chapitre les machines à glace les plus employées pour la fabrication en grand. Pour produire cette substance en petit on peut utiliser l'évaporation de l'éther ; on avait proposé d'en tirer parti pour congeler de grandes quantités d'eau.

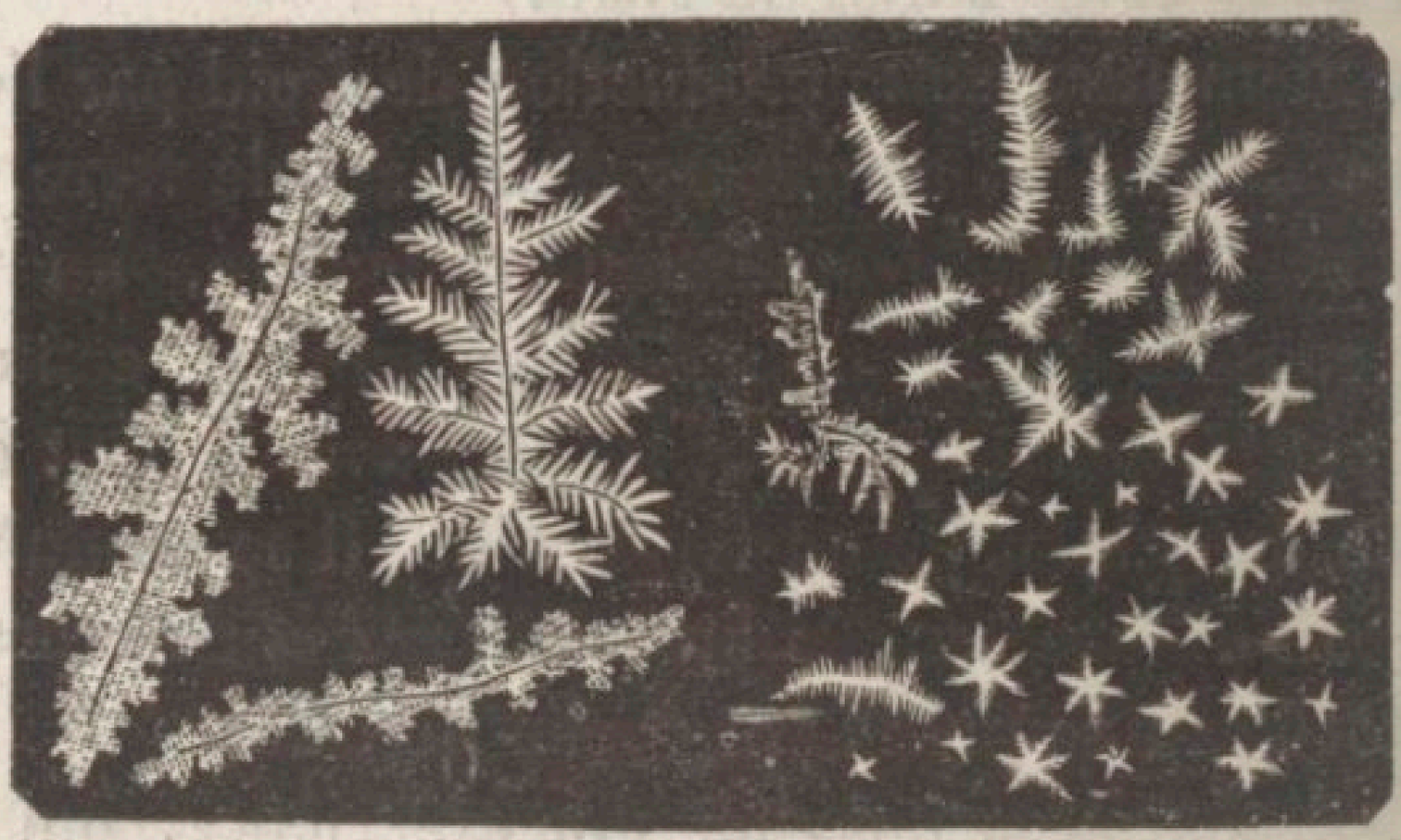


Fig 54. — Cristaux de givre.

En 1856, Harrisson de Victoria imagina une machine, perfectionnée plus tard par Siebe, où l'éther

vaporisé dans une chaudière tubulaire au moyen d'une pompe faisant le vide circulait à travers des tubes, entourés d'une solution de sel marin, se condensait dans un serpentin et revenait à l'état liquide dans la chaudière d'où il était parti. La glace revenait ainsi à 10 centimes par kilogramme et la durée de l'opération étant de deux heures et demie, la perte d'éther était assez considérable. En résumé cet appareil n'offre pas les avantages d'autres machines dont l'usage est aujourd'hui très répandu.

Pour les besoins domestiques M. Carré a reproduit l'expérience de Leslie. Une petite machine pneumatique, à un seul corps de pompe, à laquelle l'inventeur a apporté un perfectionnement qui permet de faire un vide assez complet, communique à une chaudière cylindrique horizontale renfermant de l'acide sulfurique agité au moyen de palettes mises en mouvement par le levier du piston. De cette chaudière part un tube vertical recourbé auquel on adapte au moyen d'un bouchon de caouthouc une carafe pleine d'eau. Quelques coups de piston suffisent pour amener d'abord un dégagement rapide de bulles de vapeur et, au bout de quelques minutes, la congélation de l'eau (fig. 55).

La production de froid par évaporation des liquiées volatils trouve encore son application dans les hygromètres de Daniell, de M. Regnault et de M. Alluard, où l'on produit un dépôt de rosée refroidie par la volatilisation de l'éther sulfurique. Les alcarazzas, sortes de cruches en terre poreuse assez répandues dans le midi de la France, servent à entretenir l'eau fraîche par l'évaporation de la couche d'eau qui suinte

à travers les parois. Nous pouvons enfin signaler le moyen vulgaire que l'on emploie pour trouver la

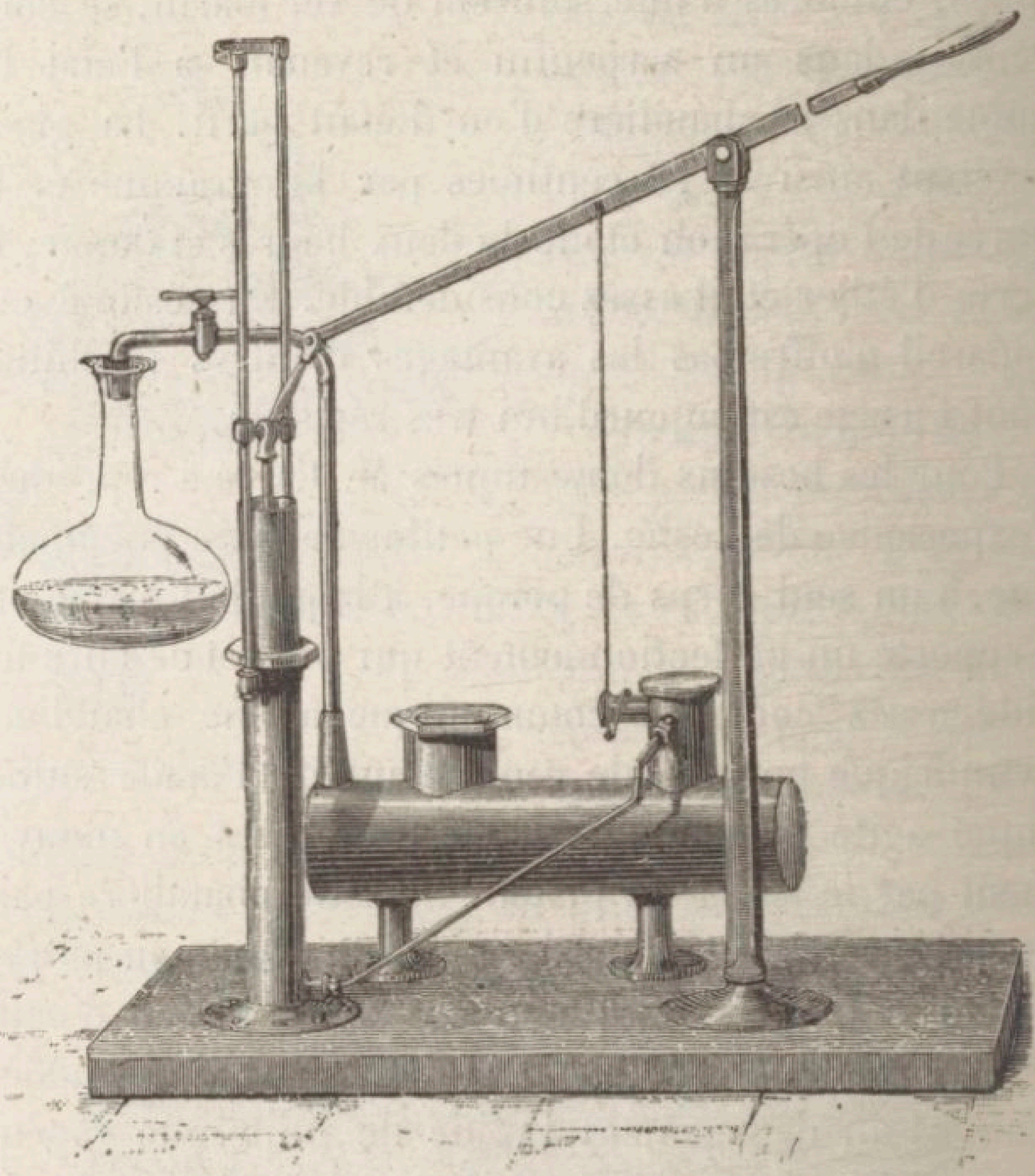


Fig. 55. — Machine à glace de M. Carré.

direction du vent qui consiste à mouiller le doigt et, le tenant soulevé, à chercher de quel côté l'on éprouve une sensation de froid.

Soumis à l'action d'un foyer de chaleur un liquide émet, par sa surface libre, des quantités de vapeur croissantes, parce que la force élastique de la vapeur croît avec la température; mais il arrive un moment où peut se former, au contact de la paroi exposée à

l'action du foyer, une bulle de vapeur dont la tension peut surmonter la pression extérieure augmentée de la hauteur de la couche de liquide contenue dans le vase. La formation de vapeur peut alors avoir lieu dans l'intérieur du liquide ; il se forme dans ce cas des bulles qui, arrivant dans les couches froides, se condensent en faisant entendre un bruit particulier qu'on appelle *chant de l'eau* ; c'est un fait bien connu que l'eau chante avant de bouillir, et qu'on peut d'ailleurs observer journellement. Si l'on continue à chauffer, la condensation de vapeur n'a plus lieu, les bulles parties de différents points viennent crever à la surface ; le liquide est en *ébullition*. Pour un liquide dans un grand état de pureté, l'ébullition peut commencer, sous une même pression, à une température déterminée ; et pendant toute la durée du phénomène, la température reste invariable. La fixité du point d'ébullition permet de réaliser des températures constantes ; c'est ainsi qu'on entretient une étuve à 100° avec la vapeur d'eau bouillante sous la pression de 760 millimètres, à 440° avec la vapeur de soufre bouillant, 860° avec le cadmium et 1040° avec le zinc. La présence dans le liquide d'une substance étrangère élève le point d'ébullition si cette substance est fixe, et l'abaisse, au contraire, si elle est volatile ; et de la valeur de cette variation on peut déduire la proportion du mélange si l'on connaît d'avance la nature du corps qui en fait partie. C'est le principe d'appareils nommés *ébullioscopes*, spécialement employés pour déterminer la proportion d'alcool contenu dans une boisson fermentée, le vin en particulier. L'ébullioscope de M. Maligand se compose d'une petite chaudière en laiton

munie à la partie inférieure d'un tube en forme d'anneau qui sert de bouilleur : le couvercle livre passage à un tube vertical entouré d'eau froide servant à condenser les vapeurs d'alcool, et d'autre part à un thermomètre gradué en dixièmes de degré servant à déterminer le point d'ébullition.

Une variation de pression produit aussi une variation du point d'ébullition, qui s'élève ou s'abaisse comme la pression sans qu'il y ait d'ailleurs une relation simple entre ces deux valeurs. On attribue à Franklin une expérience que l'on reproduit encore aujourd'hui dans les cours, et des appareils dus au même savant connus sous le nom de bat-pouls ou bouilleurs de Franklin. L'expérience dont il s'agit est la suivante : l'ébullition de l'eau ayant été prolongée dans un ballon assez longtemps pour que l'air soit chassé, on ferme ce ballon au moyen d'un bouchon et on le renverse au-dessus d'un large vase (fig. 56). On verse de l'eau froide et l'ébullition recommence darce que, la vapeur d'eau qui est au-dessus de l'eau se condensant au contact de la paroi refroidie, la pression s'abaisse. Le *bat-pouls* ou bouilleur de Franklin, souvent employé par les bateleurs — décorés du titre pompeux de physiciens ambulants — se compose de deux boules, réunies par un tube deux fois recourbé, contenant de l'alcool coloré, surmonté de vapeur d'alcool. Si on chauffe une des boules de l'appareil renversé avec la main, l'ébullition se produit et des bulles de vapeur s'échappent d'une boule à l'autre.

Le physicien anglais Dalton, au moyen de l'appareil à deux baromètres déja cité, a montré que, à la

température d'ébullition, la tension de vapeur d'un liquide est égale à la pression extérieure. Si on s'élève dans l'atmosphère, le point d'ébullition d'un liquide s'abaisse; au sommet du mont Blanc, qui est à 4815 mètres d'altitude, l'eau bout à 84°,97. L'abaissement du point d'ébullition est d'environ 1° centigrade pour

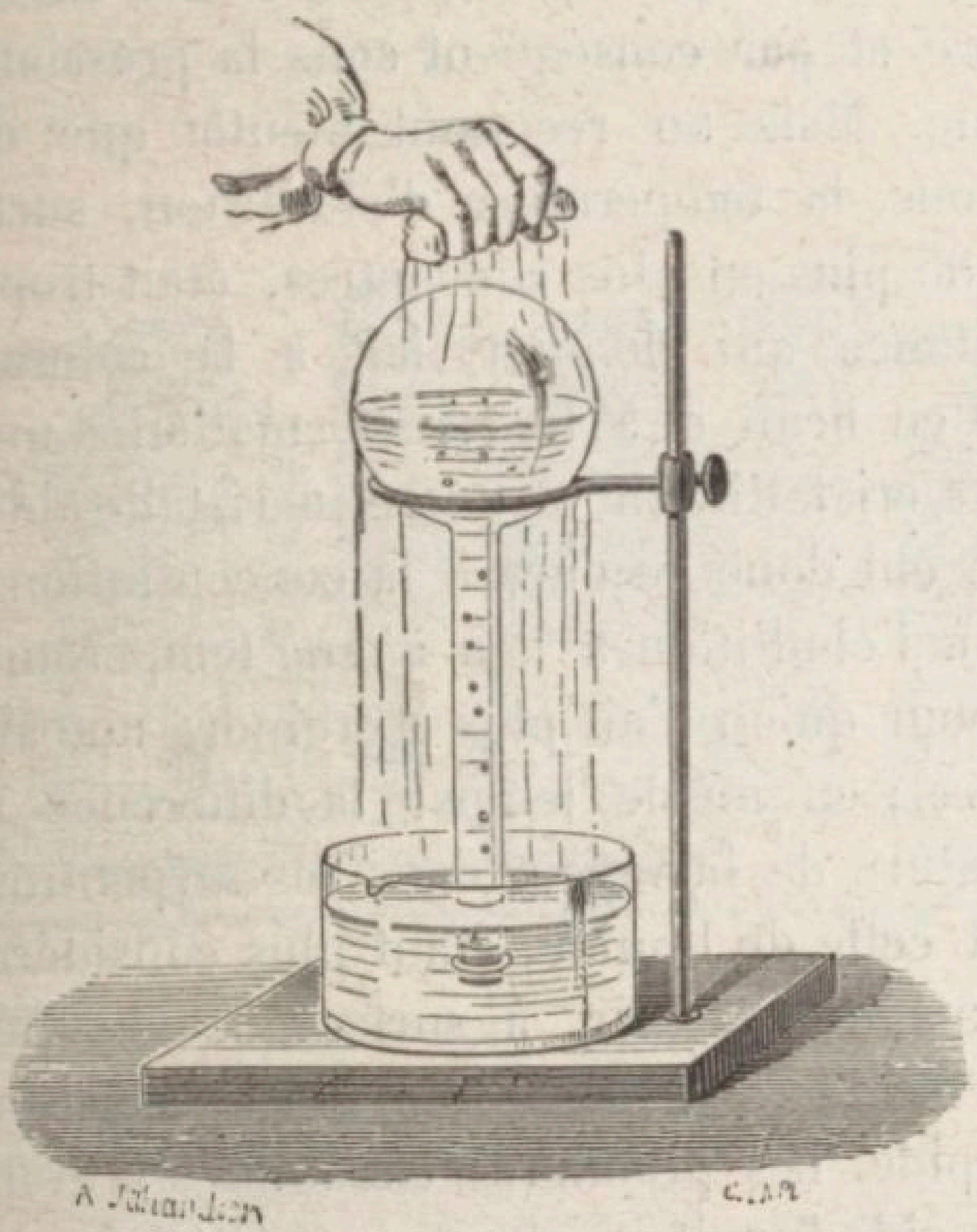


Fig. 56 — Expérience de Franklin.

324 mètres de différence d'altitude. On pourra donc par ce moyen, avec un thermomètre gradué en fractions de degré, obtenir une mesure approchée de la hauteur d'une montagne. Après avoir cité ces faits, M. Tyndall ajoute cette réflexion : « on dit qu'à Londres, pour faire du thé parfait, l'eau bouillante est absolument nécessaire; s'il en est ainsi, on ne pourrait pas

se procurer cette boisson dans toute son excellence aux stations les plus élevées des Alpes. »

L'industrie applique ces principes dans la concentration des jus sucrés ; nous empruntons à l'excellent article de M. Kopp dans le dictionnaire de M. Wurtz l'historique de cette application: « Pendant longtemps l'évaporation du jus se faisait dans des chaudières à air libre et par conséquent sous la pression atmosphérique. Mais on reconnut bientôt que dans ces conditions, la température d'ébullition, surtout des sirops de plus en plus concentrés, était trop élevée, circonstance qui donnait lieu à la coloration du liquide en brun et à la transformation d'une partie de sucre cristallisable en sucre incristallisable.

« On eut donc recours à la concentration dans le vide, où l'ébullition a lieu à une température assez basse pour qu'on n'ait plus à craindre une altération du sucre ; en même temps, la différence entre la température de la vapeur dans les serpentins chauffeurs et celle du liquide, étant plus considérable, on a l'avantage d'obtenir, à surface de chauffe égale, plus d'effet utile, et par conséquent une concentration plus rapide. Les premières chaudières à évaporation dans le vide furent construites en 1812 par Howard ; plus tard, en Amérique, M. Rillieux eut l'heureuse idée d'employer la vapeur dégagée par les sirops et les jus en ébullition pour l'évaporation d'une autre partie de jus moins concentré.

« En Europe, des appareils perfectionnés, fondés sur le même principe, furent inventés et établis par MM. Cail et Derosne, Degrand, Rotts, Fischbein et Robert, de Seelowitz, Walkhoff, Aders et autres. »

La figure 57 représente l'appareil à triple effet de MM. Cail et Cie. Trois chaudières C à trois compartiments, séparés par des cloisons horizontales, reçoivent les sirops à concentrer ; le compartiment supérieur et le compartiment inférieur communiquent à l'aide de tubes entre lesquels, dans la partie moyenne, circule

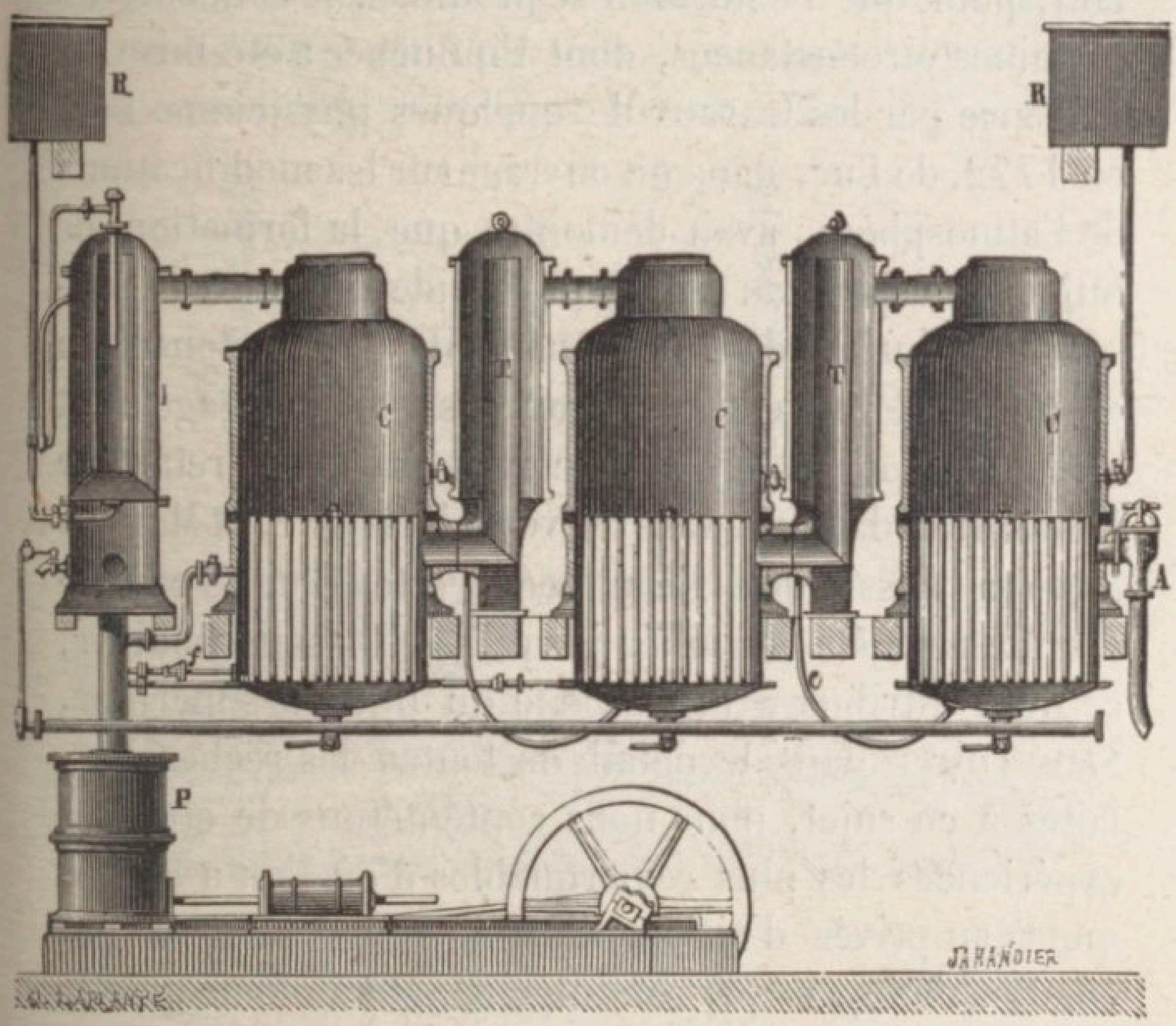


Fig. 57. — Appareil à triple effet pour la concentration des sirops.

de la vapeur. Dans la chaudière de droite la vapeur arrive directement par le tube A du générateur de l'usine, tandis que les chaudières suivantes reçoivent par les tubes T la vapeur qui s'est dégagée des précédentes. Au bas de la figure est représentée la pompe à vide P qui permet de maintenir la pression inférieure

à l'atmosphère ; pour arriver à ce résultat, on condense les vapeurs au sortir des chaudières avec de l'eau froide qui s'écoule du réservoir R placé à gauche dans le dessin ci-contre (fig. 57).

Nous avons dit précédemment qu'un liquide peut entrer en ébullition à une température donnée mais il faut, pour que l'ébullition se produise, le concours de certaines circonstances, dont l'influence a été mise en évidence par les travaux de quelques physiciens. Déjà en 1772, de Luc, dans un ouvrage sur les modifications de l'atmosphère, avait démontré que la formation de bulles de vapeur au sein d'un liquide est due à la présence de bulles d'air, et, quand il y a condensation d'une bulle de vapeur, il avait observé le dégagement d'une bulle d'air. Gay-Lussac avait observé le retard de l'ébullition dans un vase de verre bien lavé, et Magnus observa aussi que l'eau recouverte d'une couche d'huile peut être chauffée jusqu'à 110° sans bouillir, ce qu'il attribua à la viscosité du liquide supérieur. Sans entrer dans le détail de toutes les recherches, faites à ce sujet, nous nous contenterons de citer les expériences les plus remarquables d'où l'on a conclu que l'eau privée d'air ou d'un autre gaz peut ne pas émettre de vapeur par son intérieur alors même qu'elle est chauffée bien au delà de 100°.

En 1846, M. Donny prit un tube de verre en cristal courbé à la lampe et muni de boules à ses extrémités ; après y avoir introduit de l'eau, maintenue pendant longtemps en ébullition, et avoir chassé tout l'air il ferma le tube et plaça la partie recourbée dans une capsule contenant une dissolution saline qu'on pouvait amener à une température très élevée. Dans certains

cas il vit la température s'élever à 135°, sans production de bulles de vapeur; à un moment donné une grosse bulle apparut et projeta l'eau avec violence dans les boules, qui souvent ne résistaient pas au choc brusque auquel elles étaient soumises (fig. 58). M. Dufour, de Lausanne, a mis dans un vase un mélange d'huile de lin et d'essence de girofle ayant même densité que l'eau; des gouttes en suspension dans ce mélange pouvaient être chauffées à 178° sans

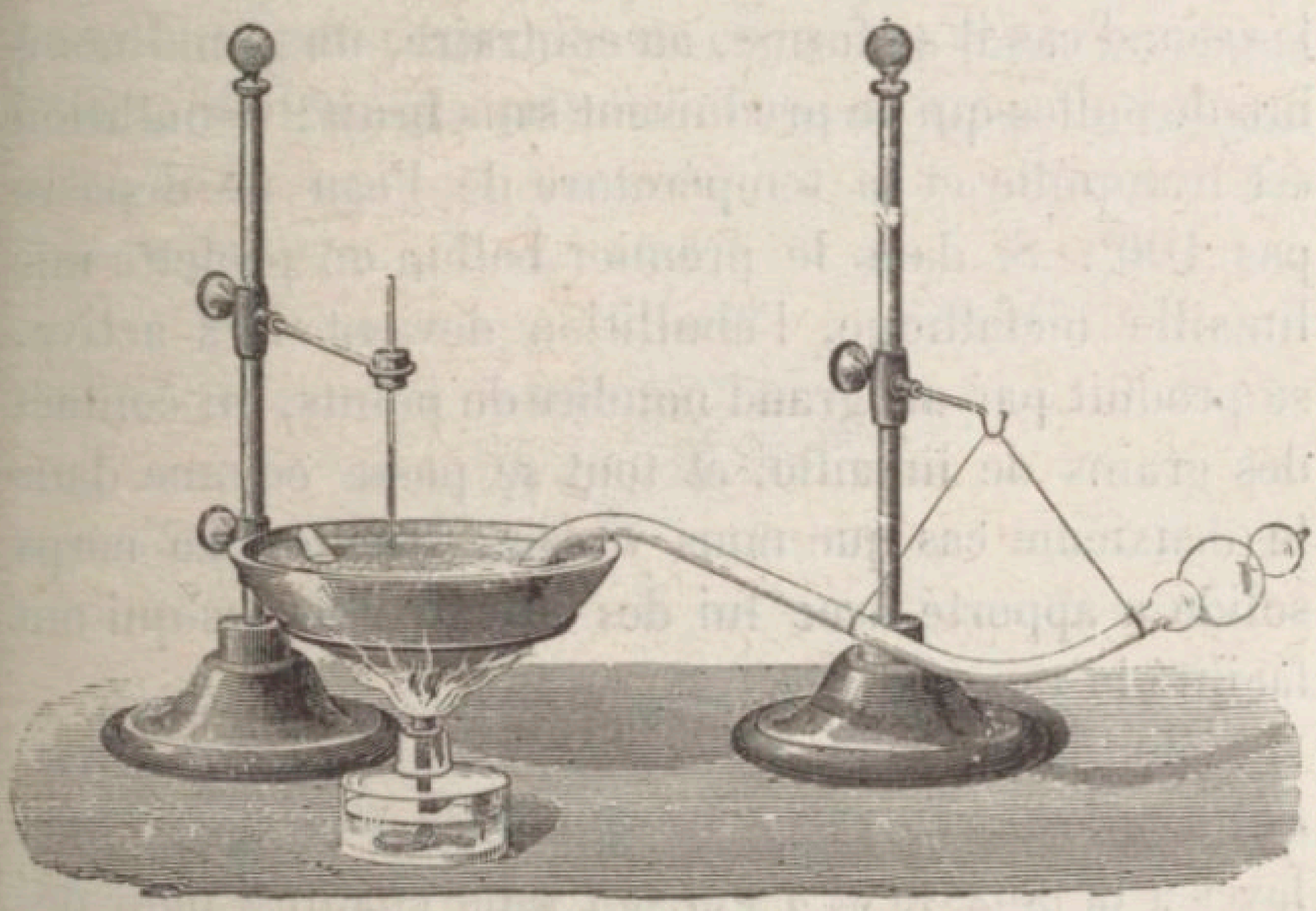


Fig. 58. | Expérience de M. Donny.

entrer en ébullition; l'approche d'une petite tige de verre amenait la vaporisation et quelquefois la gouttelette était repoussée par la bulle de vapeur formée. Plus tard ce même physicien chauffa de l'eau bien privée d'air dans une cornue, après y avoir fait le vide; bien que la pression fût très basse le liquide ne bouillait pas, on décomposa l'eau par un courant électrique à l'aide de deux fils de platine, une grosse bulle de vapeur se produisit et, comme dans l'expé-

rience précédente, la majeure partie du contenu fut brusquement projetée hors de la cornue.

Si on fait bouillir de l'eau dans deux ballons de verre, l'un bien lavé et l'autre recouvert de corps gras, de vernis à la gomme laque ou de soufre fondu, on observe entre les deux phénomènes des différences marquées. Dans le premier cas la production de vapeur se fait par grosses bulles qui se détachent avec bruit, et la température de l'eau est supérieure à 100°; dans le second cas il se forme, au contraire, un grand nombre de bulles qui se produisent sans bruit; l'ébullition est tranquille et la température de l'eau ne dépasse pas 100°. Si dans le premier ballon on projette une limaille métallique, l'ébullition devient très active, se produit par un grand nombre de points, au contact des grains de limaille, et tout se passe comme dans le deuxième cas que nous venons de citer. Le corps solide a apporté avec lui des bulles gazeuses qui ont facilité la vaporisation.

L'ébullition a été étudiée avec soin par M. Gernez, qui a opéré à l'aide de tubes fermés à un bout, bien lavés à la potasse et à l'alcool puis chauffés pour détruire les poussières; on s'assurait également que le liquide n'en contenait pas. Les solides qui ne renferment pas de bulles d'air adhérentes ou interposées sont inactifs; un fil de platine, rougi par le courant d'une pile et plongé dans de l'eau surchauffée n'exerce pas d'action; une larme batavique peut être brisée dans l'eau surchauffée sans produire d'effet; un fil de platine qui a été maintenu au contact de l'air donne au contraire lieu à une production abondante de bulles de vapeur.

M. Marco avait décrit dans les archives de Genève une expérience, qui a été le point de départ d'autres recherches de M. Gernez : « Je prends un tuyau thermométrique avec son bulbe sphérique à son extrémité, je casse le bulbe de façon qu'il reste un tuyau avec une sorte d'entonnoir à bords irréguliers; je plonge ensuite ce tuyau dans l'eau d'un matras de sorte que l'entonnoir soit appuyé sur le fond du matras. J'ai ainsi une petite masse d'air emprisonnée par l'entonnoir et par l'eau. J'échauffe enfin l'eau avec une flamme d'alcool jusqu'à l'ébullition. Alors en plaçant

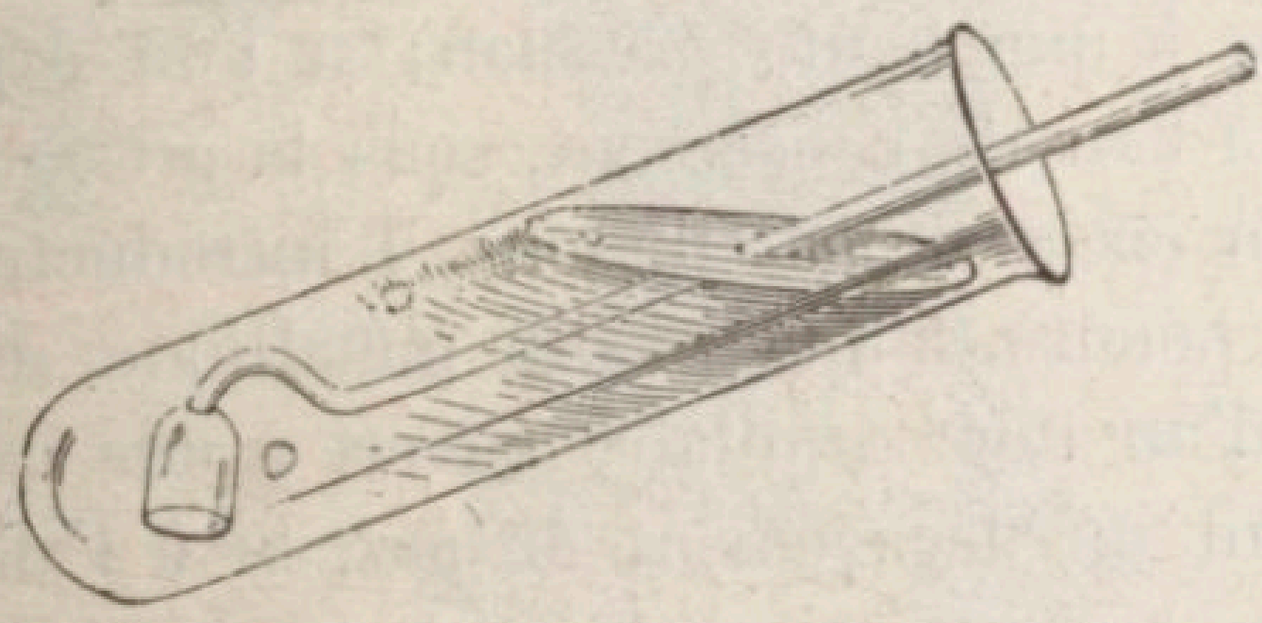


Fig. 59. — Expérience de M. Gernez sur les liquides surchauffés.

convenablement la flamme on voit des bulles de vapeur partir continuellement de l'entonnoir. »

M. Gernez s'est servi de petites cloches pratiquées à l'extrémité de tubes de verre qu'il introduisait dans les liquides surchauffés; il a reconnu qu'une très petite bulle d'air contenue dans ces cloches peut entretenir l'ébullition pendant très longtemps; avec une bulle, grosse comme la tête d'une épingle, il a pu entretenir l'ébullition d'un liquide pendant 24 heures d'une manière régulière, d'où il conclut qu'il avait dû se produire un demi-million de bulles de vapeur. Ces bulles augmentent de volume à mesure qu'elles s'élè-

vent dans le liquide et entraînent avec elle une portion très petite de l'air de la cloche (fig. 59).

Les expériences peuvent être produites avec des liquides superposés et réussissent bien si l'on chauffe de l'eau recouverte d'une couche d'huile, ou du sulfure de carbone recouvert d'une couche d'eau ; l'introduction d'une petite cloche pleine de gaz produit une ébullition rapide.

On peut rapprocher ces phénomènes de ceux qui se produisent quand on emploie des dissolutions gazeuses sursaturées. L'eau de seltz, les vins mousseux sont des dissolutions d'acide carbonique gazeux effectuées à une haute pression; si l'on expose ces liquides à l'air ils conservent, sous la pression ordinaire, un excès de gaz dissous. L'introduction d'un corps en poudre, d'une limaille métallique, de fils de platine, d'un tube capillaire ouvert à une extrémité produisent un dégagement de gaz. Si à l'aide d'un corps dur, baguette de verre ou lame de couteau, on appuie sur la paroi du verre, on voit apparaître un trait de bulles gazeuses partout où s'est produit le frottement. Nous pouvons enfin citer l'expérience bien connue du grain de raisin sec dans un verre de vin de champagne; allant d'abord au fond le grain ne tarde pas à remonter à la surface, soulevé par la couche gazeuse qui l'enveloppe; le gaz s'étant dégagé, le grain devient plus lourd et retombe au fond pour remonter et ainsi de suite. Les corps en poudre condensent toujours une grande quantité de gaz. Babinet citait, à l'appui, le boursouflement très abondant qui se produit quand on verse de l'eau chaude sur du café moulu; c'est pour ce motif que

ces corps favorisent l'ébullition et le dégagement du gaz de leurs solutions sursaturées.

On arrive à cette conclusion qu'un liquide ne peut bouillir que si, dans l'intérieur, il existe des surfaces libres, au contact desquelles peut se produire une évaporation. Si le liquide ne dissout pas d'air, l'ébul-

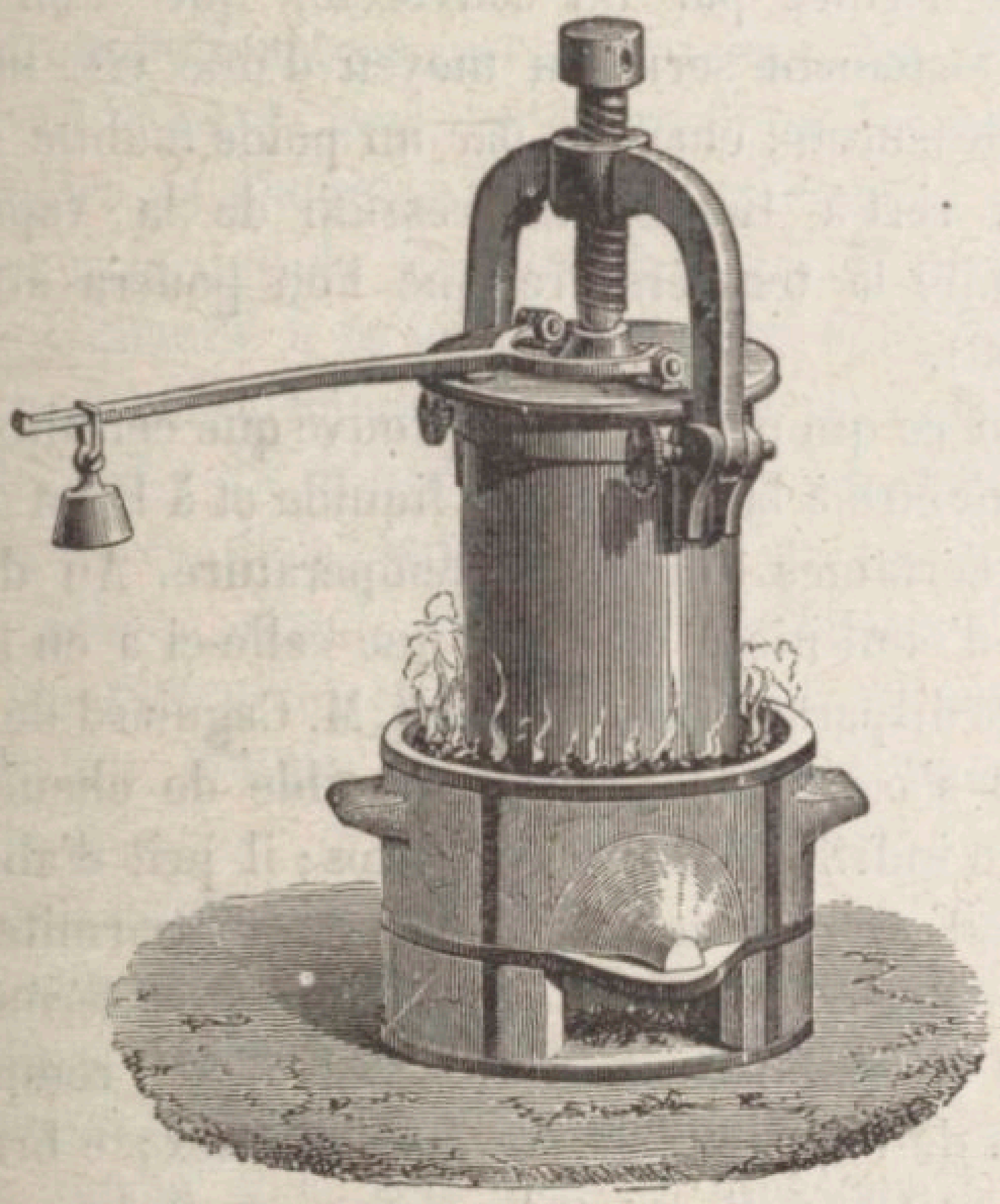


Fig. 60. — Marmite de Papin.

lition ne se fait plus qu'avec difficulté; de grosses bulles de vapeur se produisant avec soubresaut pourraient amener la rupture des vases. L'acide sulfurique est dans ce cas, et comme les projections de ce liquide sont très dangereuses on doit les éviter en chauffant par la partie supérieure à l'aide d'une grille annulaire disposée à cet effet.

Quand on opère en vase clos, on peut élever la température du liquide bien au delà du point d'ébullition sans que celle-ci puisse se produire. La marmite de Papin réalise le but, que s'était proposé son inventeur, d'amener l'eau à une température supérieure à 100°. Elle se compose d'une chaudière cylindrique en bronze fermée par un couvercle, que l'on maintient fortement serré au moyen d'une vis; une soupape de sûreté, chargée par un poids mobile sur un levier, sert à limiter la pression de la vapeur et par suite la température que l'on pourra atteindre (fig. 60).

Tout ce qui précède nous prouve que certains corps peuvent-être à la fois à l'état liquide et à l'état gazeux, entre certaines limites de température. Au delà du point d'ébullition, une fois que celle-ci a eu lieu, le liquide disparaît complètement. M. Cagniard de Latour voulut s'assurer s'il serait possible de chauffer un liquide indéfiniment en vase clos; il prit d'abord un appareil — qu'il nomme une sorte de marmite de Papin — formé d'un bout de canon de fusil fermé, dans lequel il introduisait de l'alcool à 36°, remplissant le tiers de l'appareil, et une bille de silex; le bruit que produisait la bille quand on renversait le canon de fusil indiquait s'il y avait encore du liquide dans le tube. L'expérience ayant prouvé que l'alcool avait été complètement réduit en vapeur, Cagniard de Latour recommença avec l'eau et n'obtint pas de résultats. Il reprit ses expériences avec des tubes de verre purgés d'air ou en contenant une certaine quantité; avec des appareils renfermant plus de la moitié de leur volume d'alcool, on obtenait la rupture avant la

réduction complète en vapeur. Pour mesurer les pressions exercées Cagniard de Latour, dans une nouvelle série de recherches, se servait de tubes recourbés fermés aux deux extrémités, renfermant dans une des branches le liquide à vaporiser et dans l'autre du mercure auquel était superposé un certain volume d'air ; la réduction du volume d'air donnait la valeur de la pression exercée par la vapeur. Un de ces tubes avait dans la branche occupée par le mercure 1 millimètre de diamètre intérieur et dans la partie occupée par le liquide 4 millimètres de diamètre ; le tout étant chauffé à la température de 160°, l'éther disparaissait complètement et le volume de l'air étant réduit de 528 à 14 millimètres, la pression atteignait 38 atmosphères, d'où l'auteur a conclu que les liquides volatils, éther, alcool, essence de pétrole étaient réduits complètement en vapeur sous un volume un peu plus que double de celui du liquide employé, et que la présence d'une certaine quantité d'air ne nuit pas à la *vaporisation totale*. Le tube étant refroidi à un moment donné on voyait se produire un brouillard et le liquide reparaissait instantanément ; il y a donc une température propre à chaque liquide, au delà de laquelle, même sous une pression très élevée dans une atmosphère limitée, l'état liquide ne peut plus exister.

Le retour inverse de l'état de vapeur à l'état liquide peut être observé, et de ce qui vient d'être dit on peut déjà conclure qu'un abaissement de température ou une élévation de pression favorise la condensation des vapeurs. Si l'on ouvre une ouverture d'échappement de vapeur d'eau, celle du sifflet d'une locomotive,

par exemple, on voit se former un nuage blanchâtre; la vapeur chaude, arrivant dans l'air froid avec une pression supérieure à celle qui correspond à la température de l'air, se condense en partie et des gouttelettes se forment; c'est à la réflexion de la lumière sur les différentes gouttelettes qu'est due la couleur blanche et l'opacité du panache qui s'échappe de la cheminée d'une locomotive. Nous avons déjà vu que l'abaissement de température, résultant de l'expansion de l'air qui s'élève au-dessus d'une masse d'eau chaude, entraîne la condensation de la vapeur et la formation de nuages. La formation du brouillard, soit sur les hautes montagnes, soit dans les plaines, soit sur les cours d'eau, s'explique de la même manière. Dans le premier cas elle est due, en partie, à l'expansion de l'air qui s'élève sur le flanc des montagnes; dans les autres cas elle provient de ce que le sol ou l'eau des rivières et des fleuves étant plus chaude que l'air extérieur, la condensation de la vapeur a lieu quand celle-ci arrive dans une couche d'air plus froide. Il est alors facile de comprendre pourquoi ces brouillards s'observent surtout le matin et pourquoi ils disparaissent dès que l'air s'est échauffé sous l'action des rayons du soleil.

Mais le retour inverse de l'état gazeux à l'état liquide est surtout intéressant à observer quand il s'agit de ces substances que l'on n'avait connues pendant longtemps qu'à l'état gazeux et qui toutes aujourd'hui ont été ramenées à l'état liquide. Ce sont les travaux remarquables sur la liquéfaction du gaz qui feront l'objet des chapitres suivants.

TROISIÈME PARTIE

LIQUÉFACTION DES GAZ

CHAPITRE I

Premières recherches sur la liquéfaction des gaz

Conception de Lavoisier. — Expérience de Guyton de Morveau. — Point de départ des recherches de Faraday. — Liquéfaction du chlore. — Acide sulfureux. — Acide sulfhydrique. — Protoxyde d'azote. — Cyanogène. — Ammoniaque. — Acide chlorhydrique.

De l'étude des propriétés des vapeurs fournies par les liquides volatils résulte cette conséquence, que tant qu'on n'a pas dépassé, pour un liquide donné, la température à laquelle sa vapeur acquiert une pression égale à la pression extérieure, on ne peut pas convertir ce liquide complètement en vapeur. Réciproquement, si la vapeur d'un liquide est à une température supérieure à celle du point d'ébullition, on ne pourra faire passer cette vapeur en partie à l'état liquide, c'est-à-dire produire sa condensation, qu'en exerçant sur la vapeur une certaine pression qui a pour effet d'élever le point d'ébullition du liquide. Une vapeur s'éloignant de son point de condensation acquiert des propriétés qui se rapprochent de celles des gaz, tandis qu'en se rapprochant du point d'ébullition

du liquide elle échappe aux lois qui caractérisent l'état gazeux.

Ces considérations théoriques avaient amené les physiciens à penser que l'on pourrait, soit par des abaissements de température convenables, soit par des accroissements plus ou moins considérables de pression, amener les gaz à la température d'ébullition des liquides dont ils étaient les vapeurs et produire ainsi leur condensation à l'état liquide ; c'est cette opération qui a été réalisée successivement pour les différents gaz et a donné dans ces dernières années des résultats surprenants, grâce aux puissants appareils de MM. Cailletet et Raoul Pictet.

Dans son quatorzième mémoire sur la chaleur, le célèbre fondateur de la chimie moderne, Lavoisier, envisageant la constitution de l'atmosphère, était arrivé à prévoir la liquéfaction des gaz ainsi que le prouvent les lignes suivantes....

« Pour mieux fixer nos idées relativement à cette matière, sur laquelle on n'a point encore assez réfléchi, considérons un moment ce qui arriverait aux différentes substances qui composent le globe si la température en était brusquement changée. Supposons, par exemple, que la terre se trouvât transportée tout à coup dans une région beaucoup plus chaude du système solaire, dans une région, par exemple, où la chaleur habituelle serait fort supérieure à celle de l'eau bouillante : bientôt l'eau, tous les liquides susceptibles de se vaporiser à des degrés voisins de l'eau bouillante, et plusieurs substances métalliques même, entreraient en expansion, et se transformeraient en fluides aériformes, qui deviendraient parties de l'at-

mosphère. Ces nouveaux fluides aériformes se mêleraient avec ceux déjà existants et il en résulterait des décompositions réciproques, des combinaisons nouvelles, jusqu'à ce que les différentes affinités se trouvant satisfaites, les principes qui composeraient ces différents fluides arrivassent à un état de repos. Mais une considération qui ne doit pas échapper, c'est que cette vaporisation même aurait des bornes : en effet, à mesure que la quantité des fluides aériformes augmenterait, la pesanteur de l'atmosphère s'accroîtrait en proportion : or, puisqu'une pression quelconque est un obstacle à la vaporisation; puisque les fluides les plus évaporables peuvent résister sans se vaporiser à une chaleur très forte quand on y oppose une chaleur plus forte encore; enfin puisque l'eau elle-même, et probablement plusieurs autres liquides, peuvent éprouver dans la machine de Papin, une chaleur capable de les faire rougir, on conçoit que la nouvelle atmosphère arriverait à un degré de pesanteur tel, que l'eau qui ne serait pas vaporisée jusqu'alors cesserait de bouillir, et resterait dans l'état de liquidité. En sorte que, même dans cette supposition, comme dans tout autre du même genre, la pesanteur de l'atmosphère serait limitée, et ne pourrait pas excéder un certain terme. On pourrait porter ces réflexions beaucoup plus loin, et examiner ce qui arriverait dans cette hypothèse, aux pierres, aux sels, et à la plus grande partie des substances fusibles qui composent le globe; on conçoit qu'elles se ramolliraient, qu'elles entreraient en fusion et formeraient des liquides; mais ces dernières considérations sortent de mon objet, et je me hâte d'y rentrer.

« Par un effet contraire, si la terre se trouvait tout à coup placée dans des régions très froides, dans celle, par exemple, de Jupiter et de Saturne, l'eau qui forme aujourd'hui nos fleuves et nos mers, et probablement le plus grand nombre des liquides que nous connaissons, se transformeraient en montagnes solides, en rochers très durs, d'abord diaphanes, homogènes et blancs, comme le cristal de roche, mais qui, avec le temps se mêlant avec des substances de différente nature, deviendraient des pierres opaques diversement colorées.

« L'air, dans cette supposition, ou au moins une partie des substances aériformes qui le composent, cesseraient sans doute d'exister dans l'état de fluide invisible faute d'un degré de chaleur suffisant; il reviendrait donc à l'état de liquidité et ce changement produirait de nouveaux liquides dont nous n'avons aucune idée. »

Ces prévisions de Lavoisier ne devaient pas tarder à être réalisées. En 1799, Guyton de Morveau parvenait à liquéfier l'ammoniaque en faisant usage d'un mélange de 6 parties de neige et 9 ou 10 parties de chlorure de calcium, qui produisent un abaissement de température de 48°,75 au-dessous de zéro.

« On a mis, dans une cornue de verre, le mélange ordinaire de muriate d'ammoniaque (sel ammoniac) et de chaux. La chaux avait été faite exprès de marbre blanc, on avait fait sublimer le muriate d'ammoniaque dans la vue de le priver, autant que possible, d'eau de cristallisation. On a adapté au bec de la cornue un appareil composé de deux ballons enfilés et de deux

flacons. Les deux ballons étaient vides; le premier flacon contenait du mercure, le second de l'eau. »

Le second ballon étant refroidi par le mélange refrigérant, Guyton de Morveau vit qu'entre 41° et 42° il se condensait un liquide limpide et il ne se dégageait presque pas de gaz. Ayant laissé l'appareil revenir à la température ordinaire, il chercha à recueillir le gaz qui se dégageait dans un flacon plein d'eau distillée; mais à mesure que le liquide disparaissait, l'eau du flacon remontait dans le ballon et vint le remplir complètement. Il se proposait de reprendre son expérience pour voir si le gaz n'avait pas entraîné une certaine quantité d'eau mais il ne donna pas suite à ce projet.

Nous pouvons encore citer la liquéfaction de l'acide sulfureux par Monge et Clouet.

Jusqu'en 1823 aucune nouvelle expérience ne fut tentée pour produire la liquéfaction des gaz. Cette année-là Davy ayant engagé Faraday, alors son préparateur, à étudier les cristaux qui se forment quand on refroidit une dissolution de chlore, celui-ci employa une méthode qu'il généralisa et qui lui permit d'obtenir plusieurs gaz à l'état liquide. Il introduisit les cristaux dans un tube fermé à la lampe et porta ce tube à différentes températures. A 15°,5 il n'observa pas de changement sensible dans l'intérieur du tube mais à 37°,8 la substance fusa ; il vit se former une atmosphère jaune qui se condensa ensuite en liquide formant deux couches distinctes. La couche supérieure avait une couleur jaune pâle, c'était une dissolution de chlore et la couche inférieure, dont le volume n'était que le quart du volume total du liquide, était formée par du chlore liquide. Ces résultats

furent communiqués à la Société royale de Londres le 13 mars 1823.

Pour les autres gaz, Faraday employa un tube en forme de V renversé, qu'il fermait à la lampe, après avait introduit dans l'une des branches les substances pouvant donner naissance au gaz qu'il voulait obtenir. Cette dernière branche était chauffée et l'autre

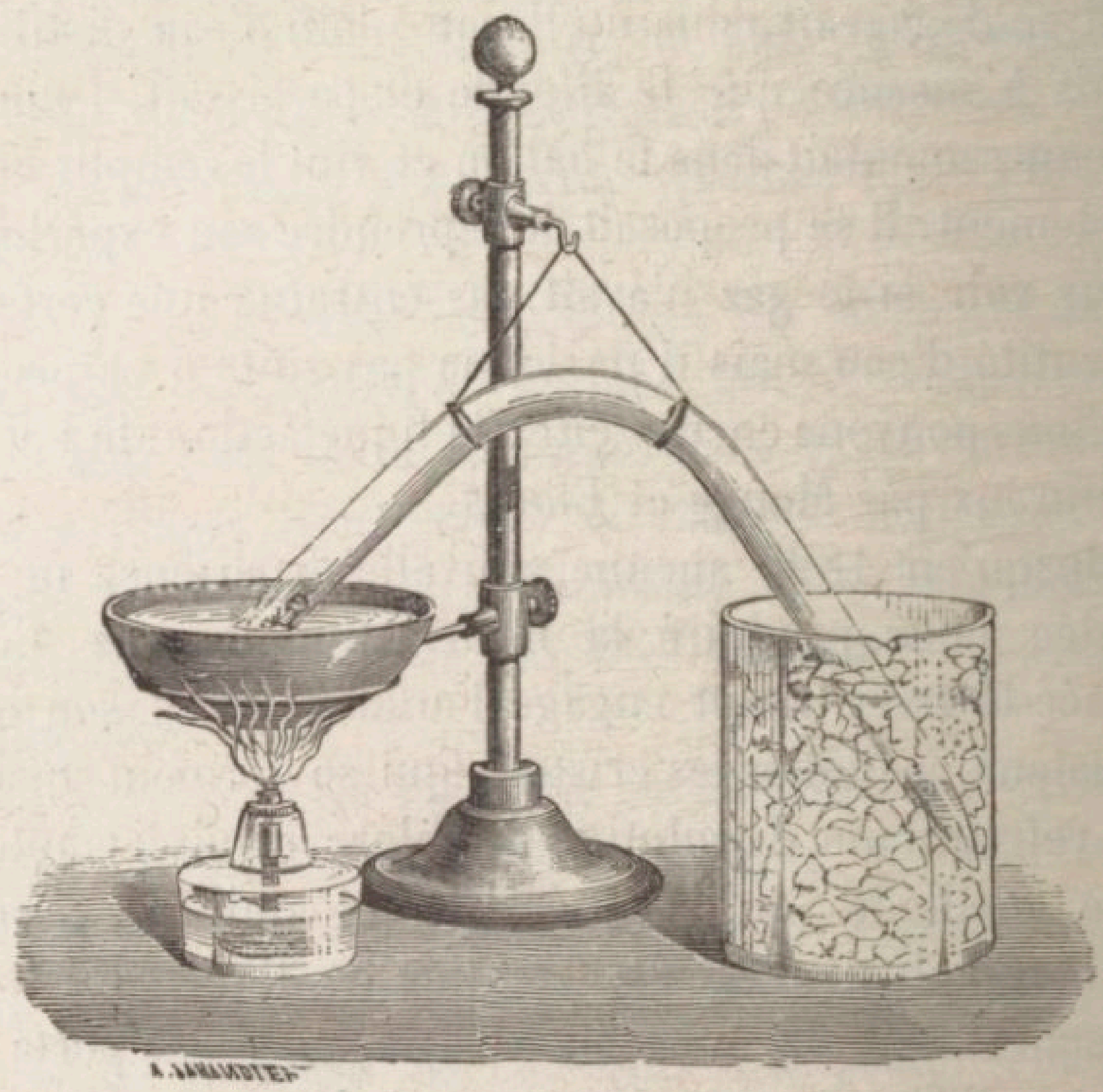


Fig. 61. — Tube de Faraday pour liquéfier les gaz.

plongée dans un mélange réfrigérant de glace et de sel (fig. 61). Il restait toujours dans son appareil une certaine quantité de gaz non condensé qui exerçait dans le tube une très forte pression pouvant, dans certains cas, amener la rupture de l'appareil. Aussi dut-il apporter à l'exécution de ses expériences une grande habileté et une grande prudence pour se

mettre à l'abri de ces accidents, malheureusement trop fréquents, qui mettent les jours du chimiste en danger.

Dans son *Traité de manipulations chimiques*, traduit en français en 1827, Faraday a fait connaître toutes les précautions à prendre pour opérer la liquéfaction des gaz, éviter les accidents résultant de la rupture des tubes, et a aussi indiqué les moyens d'obtenir ces gaz purs et secs pour avoir des liquides non mélangés d'eau ou d'autres substances. Il fallait pouvoir évaluer les tensions de vapeur de ces liquides et étudier quelques-unes de leurs propriétés sans ouvrir ces appareils. Ici encore se révèle le talent d'expérimentateur du savant anglais. Dans ces tubes se trouvait un petit manomètre à air comprimé, et d'autre part une série de petites bulles de verre soufflé qui avaient été préalablement plongées dans des liquides de densités différentes. Dans un de ces liquides une des bulles se maintenant en équilibre, à n'importe quelle hauteur, on en concluait qu'elle pesait à volume égal autant que le liquide; un numéro d'ordre inscrit sur cette bulle permettait de la reconnaître et de savoir à quelle densité elle correspondait. Le liquide étant recueilli, quelques-unes des bulles flottaient et d'autres allaient au fond; on avait donc, par cela même, une indication suffisamment approchée sur la valeur de la densité du liquide recueilli.

Le procédé général, employé par Faraday, pour la condensation des gaz à l'état liquide étant ainsi défini, avant d'en poursuivre le développement et d'en étudier l'application aux différents gaz, nous pouvons

dès à présent en faire comprendre les principes. La substance introduite dans le tube étant capable de fournir une très grande quantité de gaz, celui-ci tend à prendre dans l'espace qui lui est offert, et qui est très petit, par rapport au volume qu'il occuperait à la pression ordinaire, une force élastique égale à plusieurs atmosphères. Or nous savons d'autre part, d'après le principe de Watt, que si deux enceintes à températures différentes renfermant une vapeur sont mises en communication, la vapeur prend la tension correspondant à la température de l'enceinte la plus froide, et une partie pourra se condenser à l'état liquide. Il pourra donc arriver que, dans le tube de Faraday, la pression du gaz atteigne une valeur supérieure à la force élastique qu'aurait, à la température de la branche froide, la vapeur du liquide auquel le gaz donne naissance ; à partir de ce moment la condensation a lieu et continue tant qu'il se dégage du gaz et tant que la branche est refroidie. Si on laisse la température s'élever tout le liquide, ou une partie seulement, pourra, dans certains cas, repasser à l'état gazeux et se recombiner, en se vaporisant, avec les substances d'où s'est dégagé le gaz condensé. Les recherches de Faraday portèrent sur les gaz suivants.

1° *Acide sulfureux*. L'acide sulfureux est le gaz qui résulte de la combustion du soufre dans l'air ; c'est par ce procédé primitif et d'une application facile qu'on l'obtient pour les applications industrielles. Dans les laboratoires, c'est en enlevant de l'oxygène à l'acide sulfurique qu'on obtient ce gaz à l'état de pureté ; on emploie dans ce but, un métal tel que le cuivre ou le mercure. Mais le premier de

ces métaux donnant lieu à un boursouflement considérable ne peut pas être employé dans le cas présent; Faraday se servit donc de mercure et d'acide sulfurique. Au commencement de l'opération, une partie du gaz restait mélangée à l'acide sulfurique, mais à la fin, il vit couler dans la branche refroidie un liquide limpide, incolore et très fluide. Le tube ayant été ouvert, une portion de liquide passa à l'état de vapeur, mais en produisant un froid tel qu'une portion put rester liquide sous la pression ordinaire. Le liquide était environ une fois et demie plus dense que l'eau et exerçait à la température de 7°,2 une pression de 2 atmosphères dans un tube fermé.

2° *Acide sulfhydrique*. Ce gaz résulte de la combinaison de seize parties en poids de soufre avec une partie d'hydrogène. Il existe dans la nature, se produit dans les terrains volcaniques et forme alors des émanations connues sous le nom de fumerolles ou fumaroles; telles sont les fumerolles d'Agnano près de Naples, où la présence de ce gaz peut être mise en évidence en approchant des crevasses, par lesquelles il se dégage, un morceau de charbon ou d'amadou enflammés; on voit se produire un nuage dû à la combustion incomplète du gaz donnant lieu à un dépôt de soufre très divisé. Ce gaz se produit aussi dans la décomposition de substances végétales ou animales renfermant du soufre; telle est, par exemple, la cause de l'odeur désagréable que répandent les œufs pourris et cette odeur sert à caractériser celle de l'hydrogène sulfuré. Dans les fosses d'aisances, ce gaz se produit aussi combiné à de l'ammoniaque qui pro-

vient de la décomposition des matières animales, ce composé a l'odeur de l'hydrogène sulfuré. Dans les laboratoires on obtient ce gaz à l'état de pureté, en décomposant une combinaison de soufre et de fer à l'aide d'un acide, acide sulfurique ou acide chlorhydrique; c'est par le même procédé que Faraday l'obtenait dans le tube dont il a été parlé plus haut; mais comme la réaction a lieu à froid il y avait à prendre quelques précautions pour éviter la production de gaz avant la fermeture du tube. Dans ce but il introduisait d'abord l'acide chlorhydrique en dissolution connu dans l'industrie sous le nom d'esprit de sel, et au-dessus de la couche liquide plaçait dans le tube une feuille de platine chiffonnée, destinée à maintenir des fragments de sulfure de fer au-dessus de la couche liquide. Après avoir fermé le tube il inclinait de façon à mouiller les fragments de sulfure de fer et obtenait ainsi un dégagement du gaz dont une grande partie restait en dissolution; au bout de deux jours, il chauffa la branche où se trouvaient les produits et, en refroidissant l'autre, il obtint un liquide très fluide et très limpide, ayant à peu près la densité de l'huile d'olives. Ayant déterminé les tensions à différentes températures, il trouva les résultats suivants.

à 8°,89 — 13 atm.,70; à +11°, 11 — 14 atm., 6.

3° *Acide carbonique.* Très abondamment répandu dans la nature soit à l'état de liberté, soit à l'état de combinaison, il peut être obtenu gazeux en faisant agir un acide sur une de ses combinaisons avec une base. Le gaz, sur lequel opérait Faraday, était obtenu en faisant réagir l'acide sulfurique sur le carbonate

d'ammoniaque. Le volume de gaz dégagé étant très considérable et la condensation ne se faisant que sous une très forte pression, Faraday dut employer des tubes très résistants; il vit quelques-uns de ces tubes faire subitement explosion sous l'influence d'une faible élévation de température. Le liquide recueilli était incolore, très fluide et distillait rapidement entre — 7° et 0°; il exerçait dans le tube à la température de 0° une pression de 36 atmosphères.

4° *Protoxyde d'azote*. Il avait été découvert au siècle dernier par Priestley et étudié spécialement par Davy, qui avait reconnu que ce gaz exerce des actions remarquables sur l'organisme. Respiré en assez grande quantité il produit les effets d'une douce ivresse et suspend les fonctions de la sensibilité, aussi fut-il nommé par le savant anglais *gaz hilarant* ou *gaz du paradis*. L'étude de cette action particulière de ce gaz a été reprise dans ces dernières années par M. Paul Bert qui a montré que de tous les anesthésiques c'est le plus inoffensif; il agit sur les organes de la sensibilité sans apporter de trouble aux fonctions animales et à la respiration. On obtient facilement ce corps en chauffant le composé résultant de l'union de l'acide azotique avec l'ammoniaque; la décomposition donne lieu à du protoxyde d'azote mélangé avec de la vapeur d'eau. Dans la branche du tube, où Faraday avait introduit l'azotate d'ammoniaque desséché, il vit en chauffant se former deux couches liquides, la couche supérieure était du protoxyde d'azote liquide qu'on pouvait distiller, et la couche inférieure une dissolution de protoxyde d'azote dans l'eau. Le liquide est plus réfringent que l'eau mais moins dense que

ce liquide. A la température de la glace fondante il exerce dans un espace clos une pression de 30 atmosphères.

5° *Cyanogène*. Il fut découvert par Gay-Lussac en 1814; cette découverte constitue un des plus beaux travaux du célèbre chimiste français. Depuis 1710 on fabriquait une matière colorante, connue sous le nom de bleu de Prusse, qu'on obtenait en calcinant de la potasse du commerce avec le sang de bœuf et traitant ensuite par une dissolution d'alun et de vitriol vert et enfin par de l'acide chlorhydrique. Scheele ayant traité du bleu de Prusse par de l'oxyde de mercure, résultant de la calcination du mercure à l'air, vit la coloration disparaître. Le composé formé dans cette circonstance fut étudié par Gay-Lussac qui obtint, en le chauffant, un gaz doué d'une forte odeur rappelant celle du kirsch et brûlant à l'air avec une flamme pourpre. Faraday de son côté reprit dans son appareil la préparation du gaz par ce procédé et vit se condenser dans la branche refroidie un liquide limpide incolore très mobile qui, si on laissait une certaine quantité d'eau, donnait lieu à la formation d'une matière noire. Ce liquide, plus léger que l'eau, était surmonté d'une atmosphère de gaz exerçant une pression de 2 atm. 5 à la température de 0°. C'est de tous les gaz celui dont la liquéfaction peut être produite le plus facilement par le procédé que nous indiquons en ce moment.

6° *Ammoniaque*. On désigne sous le nom d'alcali volatil un liquide caustique, employé souvent dans les arts et en médecine, qui est une dissolution dans l'eau d'un gaz que l'on a désigné sous le nom d'am-

moniaque. Une des combinaisons de ce corps, nommée sel ammoniac, se retirait autrefois des sables de la Cyrénaïque ou des produits de distillation de la suie provenant de la combustion des fientes de chameau employées par les Arabes comme combustible. Ce produit venait du Caire sur les marchés d'Europe ; la préparation fut connue pour la première fois en 1719, Le Mère, consul de France au Caire, en ayant donné la description à l'Académie des sciences. Pendant longtemps l'ammoniaque a été extraite de l'urine, mais on la retire aujourd'hui en grande quantité des eaux vannes du gaz d'éclairage. Priestley le premier arriva à préparer ce gaz à l'état de pureté et son procédé est encore suivi aujourd'hui dans les laboratoires; il consiste à traiter un sel ammoniacal par la chaux. Le gaz ammoniac possède la propriété d'être très soluble dans l'eau ; un litre d'eau introduit dans un mètre cube de ce gaz l'absorbant complètement, le vide peut se faire, ce qui donne lieu à une expérience élégante de cours. Dans un flacon plein de mercure on recueille le gaz à l'état de pureté en remplissant plusieurs fois ce flacon successivement de mercure et de gaz ammoniaque. Quand on juge le gaz suffisamment pur on adapte au flacon un bouchon muni d'un tube recourbé, effilé à l'intérieur du flacon et fermé à l'extérieur. Le tout étant placé au-dessus d'une cuve remplie de teinture de tournesol rouge, de façon que le tube soit baigné par le liquide, on casse ce tube à l'aide d'une pince et l'on voit un jet s'élancer dans le flacon avec violence ; le liquide rouge sous l'action du gaz prend la couleur bleue que les alcalis com-

muniquent à la teinture rouge du tournesol. Dans la réaction donnant naissance à l'ammoniaque il se produit une grande quantité de vapeur d'eau, on ne pouvait donc pas l'utiliser pour la préparation de l'ammoniaque liquide. Faraday a utilisé ce fait que l'ammoniaque est absorbée en très grande quantité par un sel d'argent refroidi, le chlorure d'argent; sous l'action de la chaleur le sel laisse dégager le gaz, que l'on condense comme les autres en refroidissant l'autre branche. En laissant refroidir le tube on voit l'ammoniaque liquéfiée disparaître, et le gaz qui a pris naissance se dissoudre de nouveau dans le chlorure d'argent. L'ammoniaque liquide constitue un liquide très léger, transparent et très fluide. Dans ces dernières années M. Melsens a remplacé le chlorure d'argent par le charbon de bois qui absorbe 90 fois son volume d'ammoniaque et le laisse dégager quand on chauffe.

7° *Acide chlorhydrique*. C'est le dernier des gaz sur lesquels aient porté les premières expériences de Faraday. Connu d'abord en dissolution sous le nom *d'esprit de sel* il fut obtenu à l'état de gaz par Cavendish et ensuite par Priestley. Ce gaz très acide et très soluble dans l'eau se produit dans la réaction de l'acide sulfurique (huile de vitriol) sur le sel marin. A la place du sel marin le savant anglais mettait dans la branche chauffée du tube du sel ammoniac : il obtint dans ce cas un liquide incolore mobile plus lourd que l'eau.

Telles sont les premières expériences sur la liquéfaction des gaz. Elles excitèrent un grand enthousiasme dans le monde savant et, à partir de ce mo-

ment on chercha à réaliser la condensation d'un plus grand nombre de gaz et à obtenir une plus grande quantité de liquide pour en étudier les propriétés d'une manière plus approfondie que ne le permettait la méthode qui vient d'être décrite.

CHAPITRE II

Liquéfaction par refroidissement et compression

echerches de M. Bussy sur l'acide sulfureux. — Expériences de Thilorier sur l'acide carbonique. — Propriétés de l'acide carbonique liquide et solide. — Expériences de M. Tyndall. — Mort d'Hervy. — Une scène d'*Un beau Mariage*. — Liquéfaction du protoxyde d'azote, par Natterer.

Dans les expériences que nous venons de passer en revue, la condensation du gaz avait été obtenue à l'aide de la compression exercée par le gaz lui-même, se dégageant dans un espace limité. Le savant anglais Davy avait d'ailleurs fait observer que ce moyen-là devait agir d'une manière plus efficace que le refroidissement; nous savons en effet qu'un abaissement de température de 1° ne réduit le volume du gaz que d'une fraction de son volume égal à $\frac{1}{273}$, si toutefois on suppose que la réduction du volume est proportionnelle à l'abaissement de température. Mais le raisonnement du physicien anglais était fautif, la diminution du volume n'étant proportionnelle à l'abaissement de température que lorsque le gaz est à une température suffisamment élevée au-dessus du point d'ébullition du liquide dont le gaz représente la vapeur. Déjà, en effet, par un simple abaissement de température Monge et Clouet avaient liquéfié l'acide sulfureux et Guyton de Morveau était parvenu au même résultat pour l'ammoniaque; mais leurs

résultats étaient incertains. En 1824, M. Bussy parvint à liquéfier l'acide sulfureux à l'aide d'un simple abaissement de température, produit par un mélange de glace et de sel marin pilés et pouvant donner un froid de 15° au-dessous de zéro. L'appareil est devenu classique et sert couramment pour reproduire l'expérience dans les cours de chimie. Il comprend deux parties : la première, servant à obtenir le gaz pur et

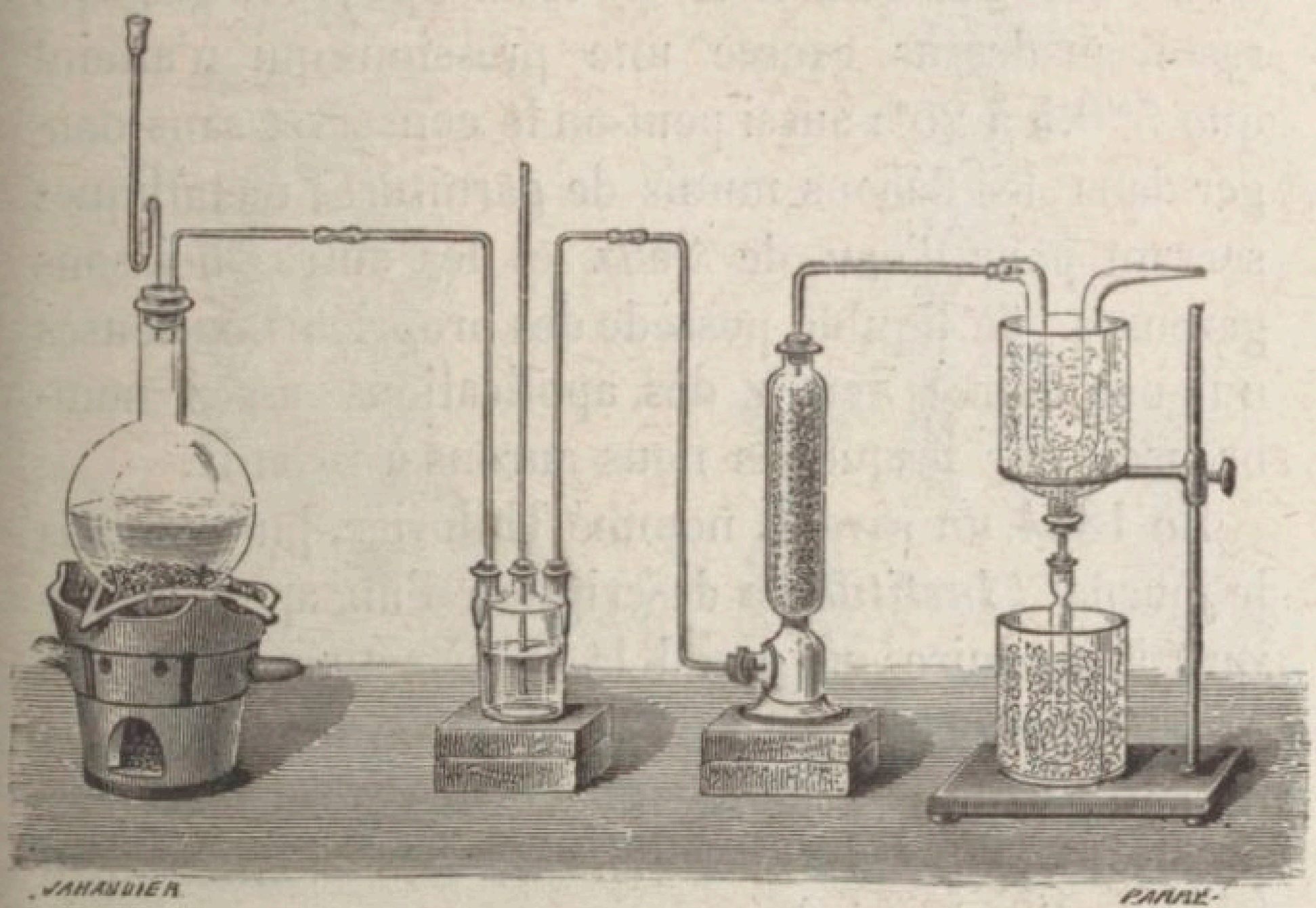


Fig. 62. — Liquéfaction de l'acide sulfureux.

sec, se compose d'un ballon dans lequel on introduit de l'acide sulfurique et du mercure — ou des lames de cuivre — aboutissant par un tube à une éprouvette entourée de glace qui produit la condensation d'une portion de vapeur d'eau entraînée ; à la suite est un flacon laveur et un tube rempli d'une substance desséchante, — chlorure de calcium fondu ou pierre ponce imbibée d'acide sulfurique ; — la seconde partie formant

l'appareil condenseur comprend un tube en U portant à sa courbure inférieure un tube qui s'engage dans un petit ballon; l'un et l'autre sont entourés du mélange réfrigérant de glace et de sel (fig. 62). Le gaz, arrivant au contact des parois refroidies, se condense et on peut le voir couler par le tube qui s'engage dans le ballon. Le liquide est recueilli en grande quantité et on l'enferme, pour le conserver, dans des tubes scellés à la lampe; le gaz qui reste au-dessus exerce une pression qui n'atteint que $3^{atm},5$ à 20°; aussi peut-on le conserver sans danger dans les flacons munis de garnitures métalliques servant pour l'eau de Seltz et les autres boissons gazeuses. Ce liquide possède des propriétés curieuses qui ont donné lieu à des applications assez nombreuses sur lesquelles nous aurons à revenir.

En 1834 un savant, nommé Thilorier, publia, dans le journal *l'Institut*, la description d'un appareil servant à produire en grand la liquéfaction de l'acide carbonique.

Cet appareil se composait de deux réservoirs en fonte C *fe* à parois très résistantes, doublés intérieurement de plomb qui n'est pas attaquable, comme le fer, par l'acide sulfurique. Dans le réservoir producteur de gaz on introduisait un tube en cuivre *a*, fermé à une des extrémités, destiné à recevoir de l'acide sulfurique; après avoir introduit une dissolution de bicarbonate de soude dans l'eau tiède en *m* et de l'acide dans le tube de cuivre, on fermait le réservoir à l'aide d'une garniture à vis R, percée suivant son axe et munie d'une ouverture latérale à laquelle pouvait se visser un tube de cuivre *t* (fig. 63). Une vis taillée en cône à son

extrémité servait à fermer hermétiquement le réservoir ou à l'ouvrir pour laisser échapper un jet de gaz. Par un mouvement de bascule, imprimé à l'appareil, on faisait couler l'acide sulfurique sur le bicarbonate de soude; il se dégageait du gaz en abondance

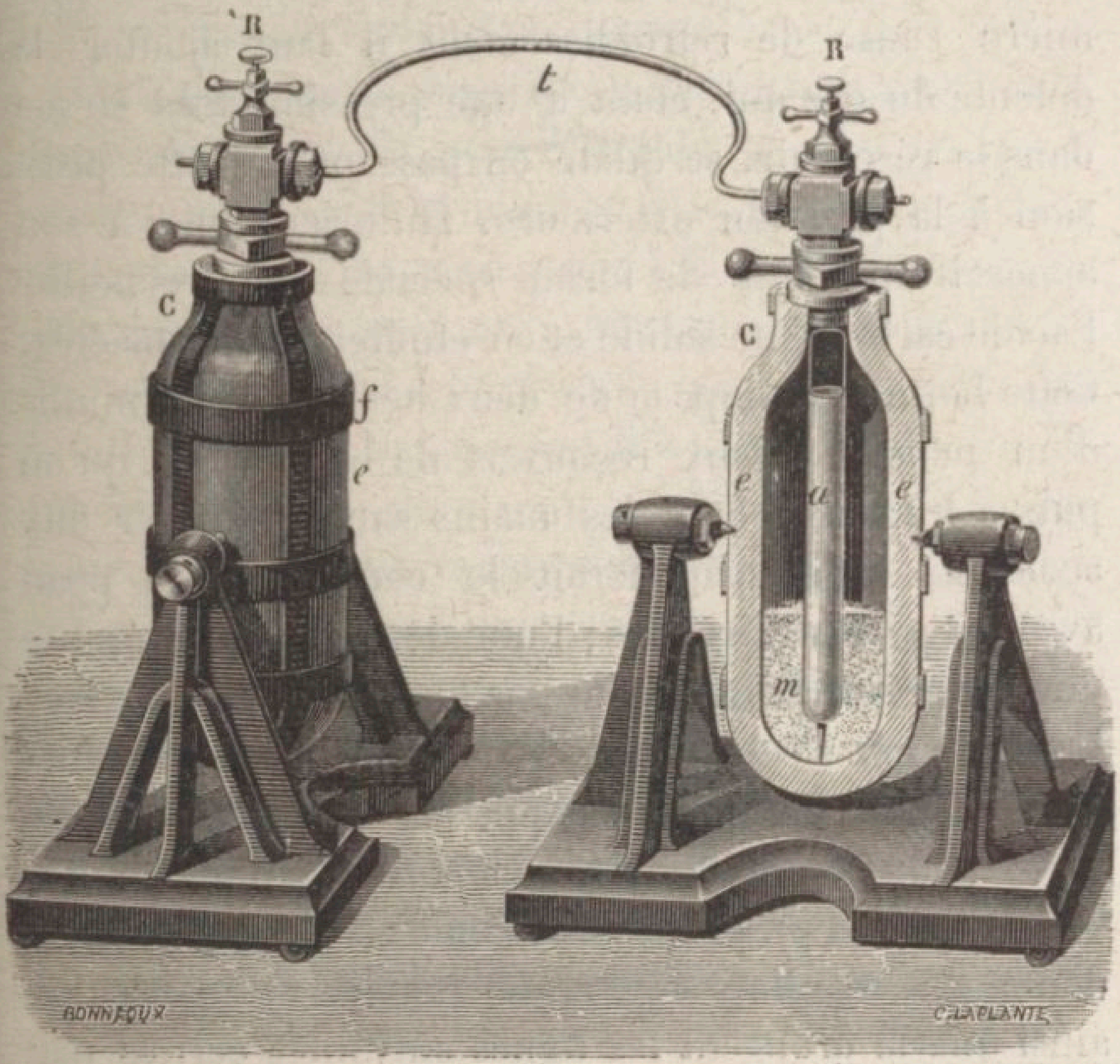


Fig. 63. — Appareı de Thilorier.

et la pression ne tardait pas à atteindre 50 à 60 atmosphères. Le premier cylindre était alors relié à un appareil semblable, et la communication étant établie, l'acide carbonique se condensait à l'état liquide dans le second réservoir. Thilorier ayant ouvert le robinet pour laisser échapper le gaz dans l'atmosphère,

vit se former une neige blanche d'acide carbonique solide. Cette solidification du gaz s'explique facilement car le liquide, s'évaporant brusquement, absorbe une très grande chaleur et par suite détermine un abaissement de température qui peut être inférieur au point de congélation de l'acide carbonique ; à cette première cause de refroidissement il faut ajouter la détente du gaz qui, étant à une pression très élevée dans le réservoir, se dilate en passant de cette pression à la pression extérieure. Thilorier ajouta à son appareil une boîte de forme spéciale pour recueillir l'acide carbonique solide et en étudier les propriétés. Cette boîte se compose de deux hémisphères, munis d'un manche creux recouvert de bois, pour qu'on puisse les saisir avec les mains sans s'exposer aux accidents qu'occasionnerait le contact de la peau avec les parois refroidies; l'une des portions présente une ouverture tangentielle par laquelle on fait arriver le jet de gaz s'échappant du réservoir. Ce jet tourbillonne dans la boite et s'échappe par l'axe des poignées après avoir déposé la neige d'acide carbonique solide.

L'étude des propriétés de l'acide carbonique liquide donne des résultats très remarquables et inattendus ainsi que le prouvent les lignes suivantes écrites par Thilorier en tête de son mémoire : « En deçà des parois du tube de Faraday est un monde chimique nouveau dont les phénomènes sont tout à fait imprévus. Pour ne parler ici que de l'acide carbonique liquéfié, les propriétés qui lui sont communes avec les liquides permanents, la dilatation, la vaporisation, etc., sont comme agrandies et amplifiées et se développent sur une échelle véritablement gigantesque. »

En introduisant l'acide carbonique liquide dans un tube à parois résistantes et soumettant à l'action de la chaleur, Thilorier put étudier les changements de volume résultant d'une élévation de température; il reconnut que le liquide augmente considérablement de volume et que sa dilatation est plus grande que celle de l'acide carbonique gazeux.

« Ce gaz liquéfié présente le fait *étrange* et *paradoxal* d'un liquide plus dilatable que les gaz eux-mêmes; de 6° à 30° la quantité dont le volume a varié est égale, à peu de chose près, à la moitié du volume que ce liquide présente à 0° : en un mot sa dilatation est quatre fois plus grande que celle de l'air qui de 0° à + 30° ne se serait dilaté que de $\frac{30}{273}$ tandis que la dilatation de l'acide carbonique liquide ramenée à la même échelle est de $\frac{116}{273}$. »

Si on échauffe un tube renfermant une tranche d'acide carbonique liquide, ce liquide entre en ébullition et l'espace vide au-dessus est saturé d'une quantité de vapeur d'autant plus grande que la température est plus élevée. La pression qu'exerce le gaz restant représente la tension maximum de la vapeur d'acide carbonique liquide à la température à laquelle on opère.

En détendant l'acide carbonique liquide, Thilorier obtint un froid intense et évalua la température à l'aide d'un thermomètre à alcool ; il observa un refroidissement brusque qui atteignait 90° au-dessous de zéro. Mais le refroidissement n'avait lieu qu'au point de contact du liquide et du thermomètre à cause de la faible conductibilité du gaz. En mélangeant avec l'acide carbonique liquide de l'éther, qu'on forçait

ainsi à se réduire en vapeur en même temps, on obtenait un froid capable de congeler en quelques secondes 50 grammes de mercure.

La neige qu'on obtient par détente brusque de l'acide carbonique liquide possède aussi des propriétés remarquables que Thilorier mit en évidence.

« Tandis qu'à l'état liquide son ressort est tendu si énergiquement qu'un gramme de cette substance produit une explosion aussi forte qu'un même poids de poudre, ce ressort dans l'état solide est entièrement brisé et le nouveau corps disparaît par une lente vaporisation. »

L'acide carbonique solide au contact d'une surface plus chaude que lui se réduit en vapeur et se trouvant, comme dans les phénomènes de caléfaction que produisent tous les liquides, séparé de la surface par une couche de vapeur mauvaise conductrice, ne produit pas de froid, bien que sa température soit très basse. On peut mettre cette neige d'acide carbonique solide sur la main, sur la langue, sans éprouver les effets de l'application d'un corps très froid. Nous empruntons aux leçons de M. Tyndall sur la chaleur, la description des propriétés de cette substance.

« Cette neige solide disparaît peu à peu; sa conversion en vapeur est lente parce qu'elle ne peut emprunter que très lentement aux substances environnantes la chaleur nécessaire à sa vaporisation. Vous pouvez la manier librement, mais ne la pressez pas trop, de peur qu'elle ne vous brûle : elle est assez froide pour brûler la main, j'en plonge un morceau dans l'eau et je l'y tiens immergé; vous voyez des bulles s'élever à travers l'eau; c'est du gaz acide car-

bonique pur : je recueille ce gaz et vous voyez qu'il possède toutes les propriétés du gaz tel qu'il est ordinairement préparé. L'acide solide ne se fond pas dans l'eau ; si je le lâchais il monterait à la surface de l'eau et flotterait sur elle. J'en mets un morceau dans ma bouche en prenant soin de ne pas respirer quand il y est. Je souffle contre la bougie, mon haleine éteint la flamme.

« De fait il n'y a pas de contact réel établi entre l'acide et mon doigt ou ma bouche. L'eau, nous le voyons, ne peut pas le dissoudre ; mais l'éther sulfurique le dissoudrait et en versant une quantité de cet éther sur la neige j'obtiens une masse pâteuse douée d'un pouvoir énorme de réfrigération. Voici des masses épaisses et irrégulières de verre, des pieds de verre à boire ; je dépose sur chacun une portion d'acide solide et je la mouille avec de l'éther ; vous entendez le verre craquer ; il a été brisé par la contraction née d'un froid si intense.

« Dans ce vase j'ai étendu une feuille de papier ; je verse sur le papier 500 grammes ou 1 kilogramme de mercure ; sur le mercure je dépose de l'acide carbonique solide et sur l'acide je verse un peu d'éther. Le mercure, vous le savez, exige une très basse température pour se solidifier. Eh bien ! le voici congelé ; je le tourne et le retourne devant vous comme une masse solide ; je puis aussi le couper avec un couteau. Pour pouvoir le soulever au-dessus du bassin, j'ai enfoncé dans son sein ce fil par lequel je l'enlève et le plonge dans un bocal de verre contenant de l'eau. Il se liquéfie et tombe en pluie abondante à travers l'eau ; mais chaque filet de mercure gèle l'eau

avec laquelle il arrive en contact, de sorte qu'autour de chaque filet il se forme un tube de glace, à travers lequel vous pouvez voir couler le métal liquide. »

M. Tyndall montre ensuite qu'on peut obtenir les mêmes résultats en mélangeant l'acide carbonique solide à l'éther dans un creuset de platine chauffé au rouge. Ayant recueilli l'acide carbonique solide dans une fiole de verre, Thilorier vit la bouteille se remplir d'une vapeur épaisse, et le bouchon fut projeté par suite de la pression du gaz qui s'était produit.

L'appareil Thilorier était composé, ainsi que nous l'avons vu, d'un réservoir en fonte ; pendant quelque temps on répéta assez fréquemment les expériences sur l'acide carbonique liquide et solide, mais un événement malheureux fit renoncer à l'emploi de cet instrument. Le 29 décembre 1840 on avait disposé l'expérience de Thilorier pour une leçon de chimie à l'école de pharmacie de Paris ; Hervy, préparateur du cours, était resté seul à côté de l'appareil. Tout à coup une forte détonation se fit entendre et les professeurs qui se trouvaient dans une pièce voisine étant accourus virent le malheureux jeune homme étendu à terre et mutilé par les éclats du récipient qui avait cédé à l'énorme pression du gaz dégagé (fig. 64). Transporté à l'hôpital après cet accident, Hervy dut subir l'amputation des jambes, et malgré les soins qui lui furent prodigués il mourut trois jours après.

M. E. Augier a mis cette scène au théâtre dans sa pièce intitulée *Un beau Mariage :*

Fig. 64. — Hervy blessé mortellement par l'explosion d'un appareil Thilorier.

« PINGOLEY. C'est très curieux un intérieur de savant, je n'en avais jamais vu.

MICHEL. Ne faites pas attention au désordre ; l'appartement a été fait par une explosion.

PIERRE, *montrant le cylindre éclaté*. Voici notre femme de ménage.

PINGOLEY. Vous vous occupez donc d'artillerie maintenant?

PIERRE. Non, de chimie.

PINGOLEY. Alors que faites-vous de cette bombarde?

MICHEL. C'est un cylindre de fonte qui a éclaté pendant une expérience.

PINGOLEY. Et il ne vous a pas tué? Il y a des grâces d'état, ma parole. Il faut que la mort ait été élevée dans le respect des savants.

MICHEL. Ne croyez pas qu'elle se gêne avec eux. Elle est déjà longue la liste des soldats de la science morts au champ d'honneur ! Gehlen, empoisonné par le gaz hydrogène arséniqué ; Boullay, brûlé par la vapeur d'éther ; Hennel, foudroyé par le fulminate de mercure, et tant d'autres ... sans compter les blessés.

PINGOLEY. Tiens ! Tiens ! nous ne nous doutons pas de tout cela dans les salons ; nous estimons votre métier le plus paterne de tous les métiers. Comment se fait-il que ces catastrophes n'aient pas plus de retentissement?

MICHEL. C'est que la science n'inscrit pas ses morts dans ses bulletins : elle n'y inscrit que les conquêtes. Le courage n'est même pas compté dans la gloire du savant. »

A la suite du malheureux accident que nous venons

de rappeler, le ministre de l'Instruction publique interdit, jusqu'à nouvel ordre, de reproduire ces expériences; Thilorier, vivement impressionné par la mort de son préparateur, mourut quelques années plus tard sans avoir pu recueillir les fruits de sa découverte. En 1843, M. Dumas, désireux de reprendre ses expériences, engagea M. Deleuil, habile constructeur de Paris, à fabriquer des appareils en leur donnant toutes les garanties de solidité possibles. MM. Deleuil reprirent des réservoirs en fonte en apportant à la coulée de grandes précautions pour avoir du métal bien homogène. Deux bandes de fer croisées et des cercles serrés à chaud sur les réservoirs lui donnent une solidité à toute épreuve. Enfin nous pouvons ajouter que ces constructeurs ont eu l'idée de monter leur réservoir sur des affûts, comme des canons, ce qui en rend le transport très commode. L'appareil ainsi construit est d'un emploi facile et n'inspire plus aucune crainte; tous les ans les auditeurs des cours de la Sorbonne peuvent voir les expériences sur la liquéfaction et la solidification de l'acide carbonique. M. Donny, professeur de chimie à l'université de Gand, avait de son côté modifié l'appareil en construisant une bouteille en plomb recouverte d'une bouteille en cuivre maintenues entre des anneaux en fer forgé; son appareil est d'un usage moins répandu que celui de M. Deleuil. A l'aide de l'appareil que nous venons de décrire, chargé de 1800 grammes de bicarbonate de soude, on peut obtenir en une demi-heure 1 kilog. 1/3 d'acide carbonique liquide; on voit au point de vue pratique l'avantage de ce procédé sur celui de Faraday.

Quelques années plus tard, en 1844, M. Natterer, professeur à l'université de Vienne, imagina un appareil permettant par des moyens mécaniques de refouler du gaz dans un réservoir à parois très résistantes. L'appareil construit par Kraft, mécanicien à Vienne, fut introduit en France par M. Dumas, qui reproduisit ces expériences dans les cours de la Sorbonne.

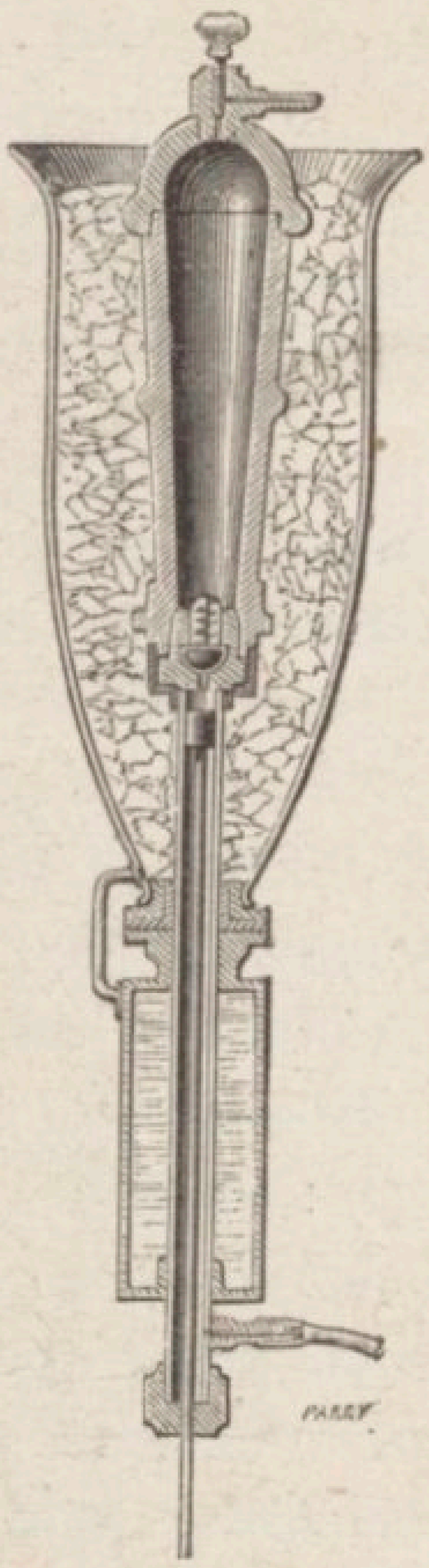


Fig. 65. — Appareil Natterer.

L'appareil de Natterer se compose de deux parties principales. L'appareil de refoulement est un corps de pompe cylindrique très long et de très petit diamètre dans lequel se meut un piston plein. Dans l'appareil primitif le piston était en acier et s'adaptait exactement à la base du corps de pompe; mais, après plusieurs essais, on reconnut que la tige d'acier pourrait se gripper sur le cylindre et dans ce cas l'un et l'autre seraient perdus. M. Bianchi, constructeur de Paris, modifia l'appareil primitif, sur les conseils de M. Dumas, et adopta un piston en cuir; en même temps il entoura le cylindre du corps de pompe d'un deuxième cylindre; l'intervalle qui sépare ces deux cylindres constitua un réservoir dans lequel il est possible de maintenir une circulation d'eau froide ou un mélange réfrigérant qui a pour but d'absorber la chaleur dégagée par la com-

pression du gaz. Le réservoir est aussi représenté dans la fig. 65; il se compose d'une bouteille de métal fermée à l'une de ses extrémités par une soupape et à l'autre par un bouchon à vis.

CHAPITRE III

Applications des gaz liquéfiés

Propriétés des gaz liquéfiés. — Étude de leurs dilatations et forces élastiques. — Recherches de MM. Bussy, Loir et Drion. — Appareils industriels pour la production de froid. — Appareils de MM. Carré, Ch. Tellier, Raoul Pictet et Camille Vincent.

Dans le chapitre précédent nous avons déjà énoncé quelques-unes des propriétés les plus remarquables que possèdent les liquides résultant de la condensation des gaz. Au point de vue chimique et par leurs caractères physiques ces corps donnent des résultats tout à fait imprévus. « On croyait, dit M. Dumas dans son *Éloge de Faraday*, que les gaz liquéfiés offriraient, en les exagérant, les propriétés chimiques qui les distinguent à l'état ordinaire; les particules qui les constituent, après s'être rapprochées, devaient montrer une grande exaltation dans leurs propriétés ; il n'en est rien. Les substances les plus inflammables telles que le sodium, subissent sans brûler le contact des liquides les plus comburants, tels que le protoxyde d'azote. L'antimoine, métal qui prend feu vivement dans le chlore gazeux, reste intact et brillant dans le chlore liquéfié avec lequel il ne se combine plus. On serait tenté de dire c'est absurde, mais c'est vrai. »

Parmi les propriétés saillantes des gaz liquéfiés on peut d'abord citer leur grande dilatabilité déjà

observée par Thilorier en étudiant l'acide carbonique liquide. En vue de reconnaître si le même fait pouvait s'observer pour les autres gaz liquéfiés, Drion étudia leur dilatation à l'aide de thermomètres, de forme particulière, dans lesquels le liquide était de l'acide sulfureux, de l'éther chlorhydrique et de l'acide hypoazotique. La partie supérieure de ce thermomètre s'ouvrait dans une ampoule dont la disposition était telle que la pointe de la tige fût baignée par le liquide restant dans l'ampoule quand l'appareil était renversé, ce qui permettait de remplir de gaz liquéfié à une température déterminée. Si on élevait la température, après avoir redressé l'instrument, une portion du liquide s'échappait dans l'ampoule, et en ramenant à la température initiale on obtenait un abaissement de niveau d'où l'on déduisait la dilatation éprouvée. Drion a ainsi observé que les accroissements de volume croissent très rapidement avec la température. Depuis ces recherches Thomas Andrews a montré que la dilatation de l'acide carbonique gazeux croît rapidement à mesure qu'on élève la pression, de sorte que les gaz comprimés se rapprochent par ces propriétés des gaz liquéfiés. A quarante atmosphères, entre 6 et 43 degrés, l'acide carbonique gazeux se dilate trois fois plus que l'air à la pression ordinaire et par conséquent comme l'acide carbonique liquide.

Les gaz liquéfiés ont une tension de vapeur considérable à une température relativement basse; Faraday avait évalué ces tensions, et depuis, Regnault a repris également ces déterminations. Les expériences présentaient de grands dangers, et l'illustre

physicien faillit être victime des explosions qui se produisirent dans le cours de ses recherches.

« La vie du savant à la recherche des vérités naturelles ressemble à celle du soldat; elle contient les mêmes périls, elle exige le même sang-froid. Tel d'entre nous vit, sans se troubler, au milieu des miasmes, des poisons et des vices mortels; tel autre, entouré de matières explosives. Regnault possédait au plus haut degré ce courage moral que rien n'étonne. Les dangers qu'il avait courus, le jour où la vapeur de soufre en ébullition mettait le feu à son laboratoire, ou bien quand l'explosion d'un matras plein de mercure bouillant avait labouré son visage, ou bien enfin lorsqu'un récipient de fer plein d'acide carbonique liquide éclatait comme un obus entre ses mains, il n'en parlait jamais. Il semblait se considérer comme invulnérable.

« Pourtant un jour du mois d'avril 1856, on vint me chercher en toute hâte : victime d'un nouvel accident de laboratoire, cette fois Regnault était mourant. Je l'avais vu la veille, plein de projets et d'animation; je le retrouvais sans connaissance, agonisant, étendu sur le sol, dépouillé de ses vêtements et soumis à l'exploration d'un praticien habile, qui, après s'être assuré de l'absence de toute fracture, constatait qu'une commotion cérébrale des plus graves laissait à peine l'espoir de lui sauver la vie, et donnait lieu de tout redouter du côté de l'intelligence. De longs jours se passèrent dans les plus pénibles émotions; cependant, le corps reprit son équilibre et l'esprit, sa lucidité. Toute sa lucidité, qui oserait l'affirmer? » (Dumas, *Éloge historique de Regnault.*)

Les expériences du savant physicien ont porté sur l'ammoniaque, l'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique liquide, et ont prouvé que les tensions de ces vapeurs croissent très rapidement à mesure que la température s'élève.

On avait songé à utiliser ces fortes pressions pour remplacer la vapeur d'eau dans les machines motrices; H. Davy avait déjà conçu ce projet, il pensait qu'on pourrait ainsi, à l'aide d'une faible élévation de température produire un travail considérable et obtenir les effets qu'on n'obtient avec de la vapeur d'eau qu'en brûlant des quantités notables de charbon. Le projet fut mis à exécution par Brunel père, dont le nom est attaché à la construction du tunnel de la Tamise; l'acide carbonique liquide, alternativement vaporisé par la chaleur et condensé par le froid agissait successivement à la partie supérieure et à la partie inférieure d'un piston et exerçait ainsi une pression de 60 atmosphères. Mais si le résultat ainsi obtenu était très remarquable, d'autre part il présente de si graves inconvénients, dans le cas où une explosion se produit qu'on a dû renoncer à l'emploi d'un pareil moteur.

Cependant les gaz liquéfiés se prêtent à certaines applications; ce sont des liquides très volatils à des températures relativement basses, et comme il en résulte une absorption de chaleur très considérable, on peut obtenir un abaissement de température capable de produire la congélation de l'eau et de tous les liquides que le froid peut solidifier. C'est donc à la production de froids intenses qu'on a fait servir les gaz liquéfiés. L'idée première de cette application est due à MM. Bussy, Loir et Drion.

M. Bussy, en faisant passer un courant d'air dans une masse d'éther, de façon à produire une vaporation très rapide, a pu refroidir ce liquide à 34 degrés au-dessous de zéro. Un tube en U, placé au milieu de la masse liquide, recevait un courant de gaz qui se condensait à l'état liquide; le cyanogène liquéfiable à 22° au-dessous de zéro et l'acide sulfureux liquéfiable à 10° au-dessous de zéro, pouvaient ètre obtenus liquides par ce procédé. Plus tard MM. Bussy, Loir et Drion remplacèrent l'éther par l'acide sulfureux liquide et obtinrent un abaissement de température de 50 degrés au-dessous de zéro, suffisant pour liquéfier l'ammoniaque. Ce dernier liquide évaporé à son tour dans le vide sec donne un abaissement de température de 87 degrés au-dessous de zéro, suffisant pour liquéfier l'acide carbonique à la pression ordinaire. Ce dernier gaz était obtenu en chauffant dans une cornue en cuivre rouge du bicarbonate de soude desséché : la pression étant maintenue égale à 3 ou 4 atmosphères il se forme dans le tube, entouré d'acide sulfureux liquide, des cristaux d'acide carbonique. C'était là un nouveau procédé de liquéfaction des gaz dont fit usage plus tard, avec un très grand succès, M. Raoul Pictet.

L'ammoniaque liquide peut être obtenue en évaporant une solution ammoniacale du commerce qui contient jusqu'à 15 pour 100 en poids d'ammoniaque; cette dissolution peut bouillir à 50° et abandonne à 55°, d'après Thomson, presque tout le gaz qu'elle renferme. On opère avec un appareil formé de deux vases très résistants, dont l'un contient la solution; il se dégage une grande quanitité de gaz qui, acquérant une

pression énorme, va en partie se condenser à l'état liquide dans le vase refroidi. La chaudière renfermant l'eau étant refroidie à son tour, l'ammoniaque liquide s'évapore et reconstitue la dissolution primitive qui peut indéfiniment reproduire les mêmes phénomènes ; tel est le principe des appareils Carré. Le plus simple se compose d'une chaudière, contenant la solution ammoniacale, mise en relation avec un réservoir annulaire au centre duquel on peut introduire des

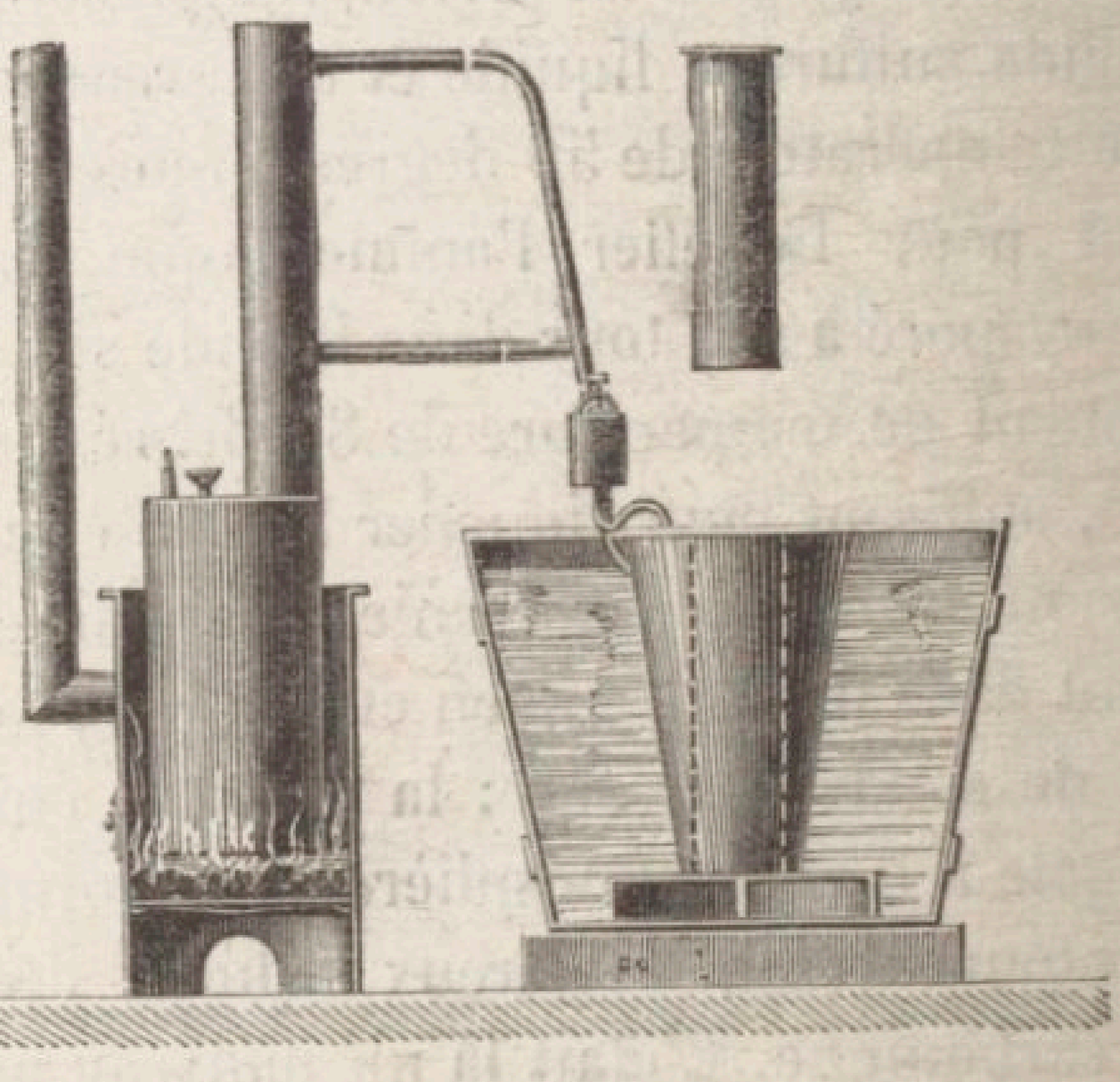


Fig. 66. — Appareil Carré pour fabriquer la glace par l'ammoniaque.

vases en plomb où l'on met le liquide à refroidir. La chaudière étant chauffée à + 130° la dissolution laisse dégager l'ammoniaque qui se condense à l'état liquide dans l'autre réservoir. Quand on n'entend plus le bruit de la soupape qui ferme le tube de communication, on retire la chaudière du feu et on la plonge dans l'eau froide (fig. 66). L'ammoniaque s'évapore, revient par un second tube se dissoudre dans l'eau de la chaudière et le refroidissement se

produit. Cet appareil, commode pour les usages domestiques, ne se prête pas à une application industrielle donnant de la glace d'une manière continue. On comprend les difficultés qu'il a fallu résoudre pour arriver à la solution du problème ; il fallait, à mesure que l'ammoniaque s'évaporait, la refouler de nouveau dans la chaudière pour reconstituer la dissolution primitive. Il serait trop long d'entrer dans les détails de construction de ce grand appareil ; nous nous contenterons de donner un aperçu des résultats obtenus.

« Une machine contenant 86 kilogrammes de dissolution ammoniacale à 28° Baumé consommait un kilogramme de houille pour produire 10 kilogrammes de glace et livrait toutes les dix minutes un cylindre de glace pesant 4 kilogrammes et à la température de — 10°. Les cylindres de glace à moitié congelés peuvent être retirés de la machine et se congeler ensuite. On peut ainsi obtenir la glace à raison de 1 centime par kilogramme. »

L'appareil Carré a été employé pour produire le refroidissement des eaux mères des marais salants et a permis d'employer le procédé d'extraction de sulfate de soude imaginé par Balard.

A l'exposition universelle de 1878 on a pu remarquer deux appareils nouveaux pour la fabrication de la glace fondés sur les mêmes principes ; l'un est l'appareil de M. Tellier, installé à bord du vaisseau le *Frigorique*, et l'autre la machine à glace de M. Raoul Pictet, dont l'usage tend à se répandre de plus en plus.

M. Ch. Tellier avait pour but de transporter d'Amé-

rique en France de la viande conservée en la maintenant dans une pièce refroidie à la température de la glace fondante. Le gaz liquéfié dont il a fait usage est l'éther méthylique découvert en 1835 par MM. Dumas et Peligot. Gazeux à la température ordinaire, ce composé peut se condenser à l'état liquide sous une pression de 2 atmosphères et demie à la température de la glace fondante. L'éther méthylique est obtenu en traitant par la chaleur un mélange d'alcool de bois et d'acide sulfurique. La préparation industrielle exige certaines précautions; l'alcool doit être privé d'eau pour empêcher l'action de l'acide sur les vases de métal et, en outre, donner une plus grande quantité d'éther.

Refoulé dans un grand réservoir en fer, l'éther méthylique est ensuite mis en communication avec un cylindre en tôle, dit *frigorifère*, traversé par un grand nombre de tubes de cuivre dans lesquels circule une dissolution de chlorure de calcium. L'air, lancé par des machines soufflantes, traverse la dissolution refroidie de chlorure de calcium et se refroidit; la vapeur d'eau qu'il renferme se condense à l'état de givre entraînant les germes et les poussières de l'air. Les vapeurs d'éther du frigorifère sont renvoyées à l'aide de pompes dans un cylindre où la liquéfaction se produit de nouveau.

L'appareil de M. Ch. Tellier présente quelques inconvénients. L'éther méthylique successivement condensé et évaporé finit par s'altérer et ne plus être propre aux usages auxquels on le destine. De plus ce produit est très inflammable, ce qui constitue un danger.

Le navire *le Frigorifique*, parti en août 1876, est revenu en France en juillet 1877, mais n'a pas depuis repris le service pour lequel il avait été aménagé, l'entreprise n'ayant pas réussi comme on l'avait espéré.

L'appareil Pictet diffère de l'appareil Carré par plusieurs points. En premier lieu le liquide employé est l'acide sulfureux, et en second lieu l'évaporation se fait au moyen de pompes et non sous l'action d'un foyer de chaleur.

L'acide sulfureux est obtenu au moyen d'un procédé imaginé par M. Melsens ; si l'on fait réagir à 400° la vapeur de soufre sur l'acide sulfurique concentré, on obtient de l'acide sulfureux. Dans une cornue en fonte on chauffe du soufre et l'on fait arriver un filet d'acide sulfurique. Le liquide réagit sur le soufre et donne de l'acide sulfureux mélangé d'acide sulfurique, de vapeur d'eau et de vapeur de soufre. Un courant d'acide sulfurique, circulant en sens contraire du gaz, le débarrasse de l'acide sulfurique et de la vapeur d'eau, et le soufre en fleur est arrêté à l'aide de filtres de coton. Le gaz, recueilli dans un grand gazomètre, est refoulé dans des réservoirs où il se condense sous une pression de 3 atmosphères. De là on fait passer le liquide dans des bonbonnes en cuivre contenant 50 à 100 grammes d'acide absolument privé d'eau. Le prix de revient est de 5 francs par kilogramme.

L'usine de M. Raoul Pictet est établie à Margencel près de Thonon (Haute-Savoie).

L'appareil frigorifique se compose de trois parties; un système de pompes aspirantes et foulantes, le condenseur et le réfrigérant. Le condenseur et le réfri-

gérant se composent l'un et l'autre de cylindres tubulaires en cuivre étamé. A travers les tubes du réfrigérant peut circuler une solution de chlorure de magnésium qui ne se congèle pas par le froid. Dans les tubes du condenseur circule un courant d'eau qui enlève la chaleur dégagée par la condensation de l'acide sulfureux (fig. 67). Dans cet appareil la dépense occasionnée pour la production de la glace est la force nécessaire pour volatiliser l'acide sulfureux. Complètement privé d'eau l'acide sulfureux n'attaque pas les métaux et possède en outre la propriété de lubrifier les pistons, ce qui dispense de graisser les cuirs. Ce procédé très pratique permet d'obtenir 1 000 kilogrammes de glace à l'heure avec une dépense d'un kilogramme de houille pour 22 kilogrammes de glace.

« L'appareil de Pictet a été avantageusement employé à Londres pour la formation d'un *skating* de véritable glace. Une mince couche d'eau avait été répandue dans une cuvette de très grande surface et de très petite profondeur au-dessous de laquelle circulait une solution de glycérine sans cesse entretenue à une température de quelques degrés au-dessous de zéro par la machine à acide sulfureux. L'eau superficielle, bientôt solidifiée, offrait aux amateurs un vaste champ de patinage. » (G. Tissandier.)

M. Raoul Pictet a employé le froid produit par l'acide sulfureux liquide à la rectification des alcools. L'ébullition de l'alcool est produite dans une série de chaudières où l'on fait le vide; purifiées par l'évaporation à basse température les vapeurs passent dans un réfrigérant entouré d'acide sulfureux liquide, se condensent, et l'alcool coule dans un réservoir où on le

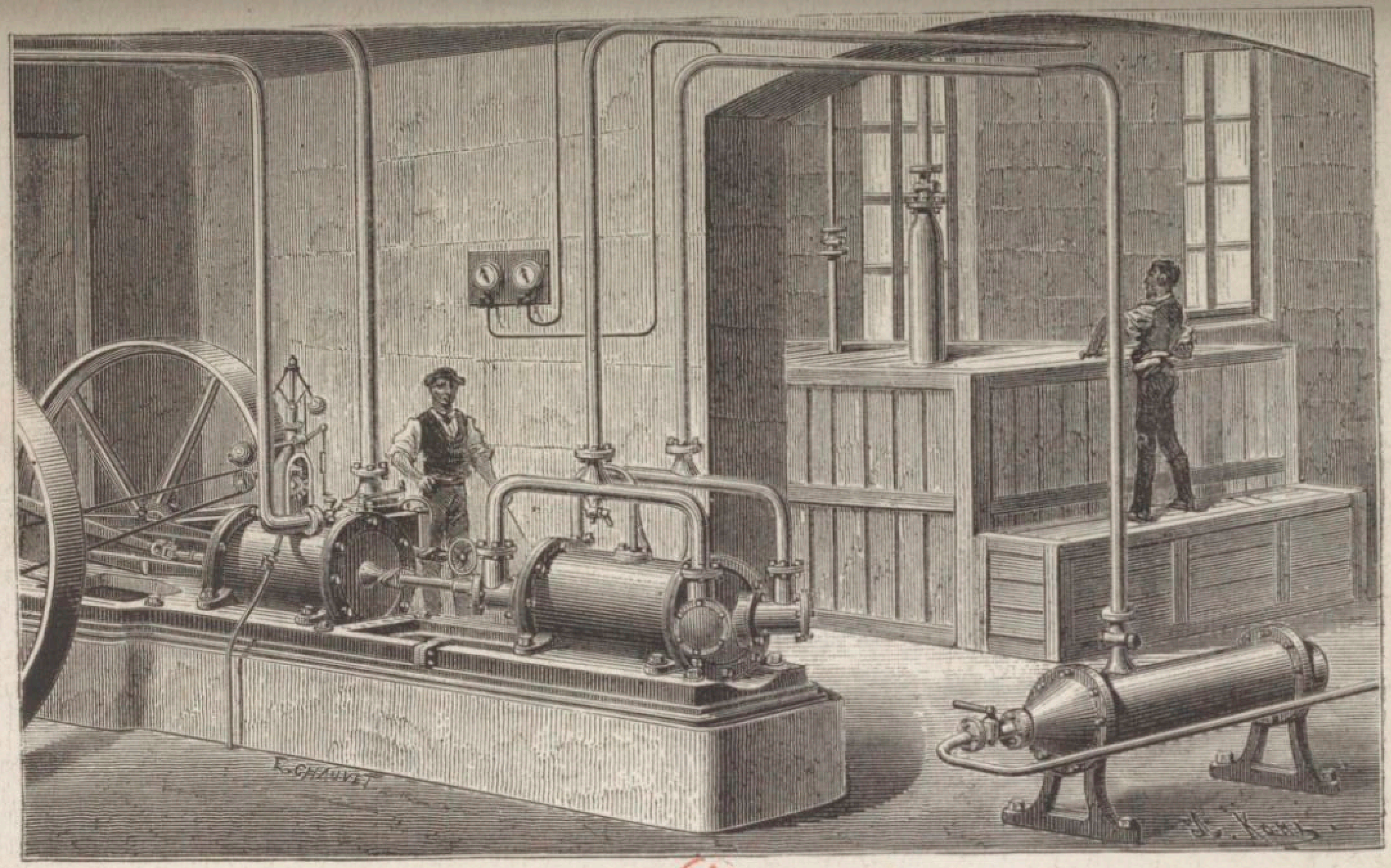


Fig. 67. — Machine à glace de M. Raoul Pictet.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F.

recueille. Entre la température de la chaudière, maintenue à 60°, et celle du réfrigérant qui atteint 40° au-dessous de zéro, il y a un écart de 100 degrés, ce qui permet d'obtenir des alcools marquant 98 et 99 degrés à l'alcoomètre, résultat qu'on ne peut atteindre avec aucun autre appareil industriel.

Nous avons enfin à signaler un procédé imaginé à peu près à la même époque, par M. Camille Vincent, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. Il utilise le froid produit par l'évaporation d'un corps découvert en 1840 par MM. Dumas et Péligot, le chlorure de méthyle. Resté jusqu'à ces dernières années un produit de laboratoire, ce corps est devenu un produit industriel depuis les savantes recherches de M. Camille Vincent sur les vinasses de betteraves. Ces résidus étaient traités pour l'extraction des potasses; l'opération étant faite à l'air libre on laissait perdre les gaz qui se dégageaient; par la calcination en vases clos on a obtenu des produits analogues à ceux qui résultent de la distillation du bois; dans les liquides provenant de la condensation M. Camille Vincent a découvert un produit nommé la triméthylamine, sorte d'huile qu'on retrouve dans la saumure de poissons et qui possède une forte odeur de poisson gâté. De ce produit s'extrait le chlorure de méthyle, gaz que l'on peut condenser sous une pression relativement faible et qui entre en ébullition à 23 degrés au-dessous de zéro. Le transport de ce liquide, préparé en grand dans une usine de Saint-Denis, s'expédie dans des vases en cuivre ou en tôle d'acier P portant un robinet à vis B qui permet le remplissage de l'appareil ou l'extraction du liquide

quand on veut l'introduire dans le frigorifère. Ce dernier appareil se compose d'un vase cylindrique E à trois enveloppes ; entre les deux enveloppes extérieures E, A, se trouve une substance peu conductrice, la sciure

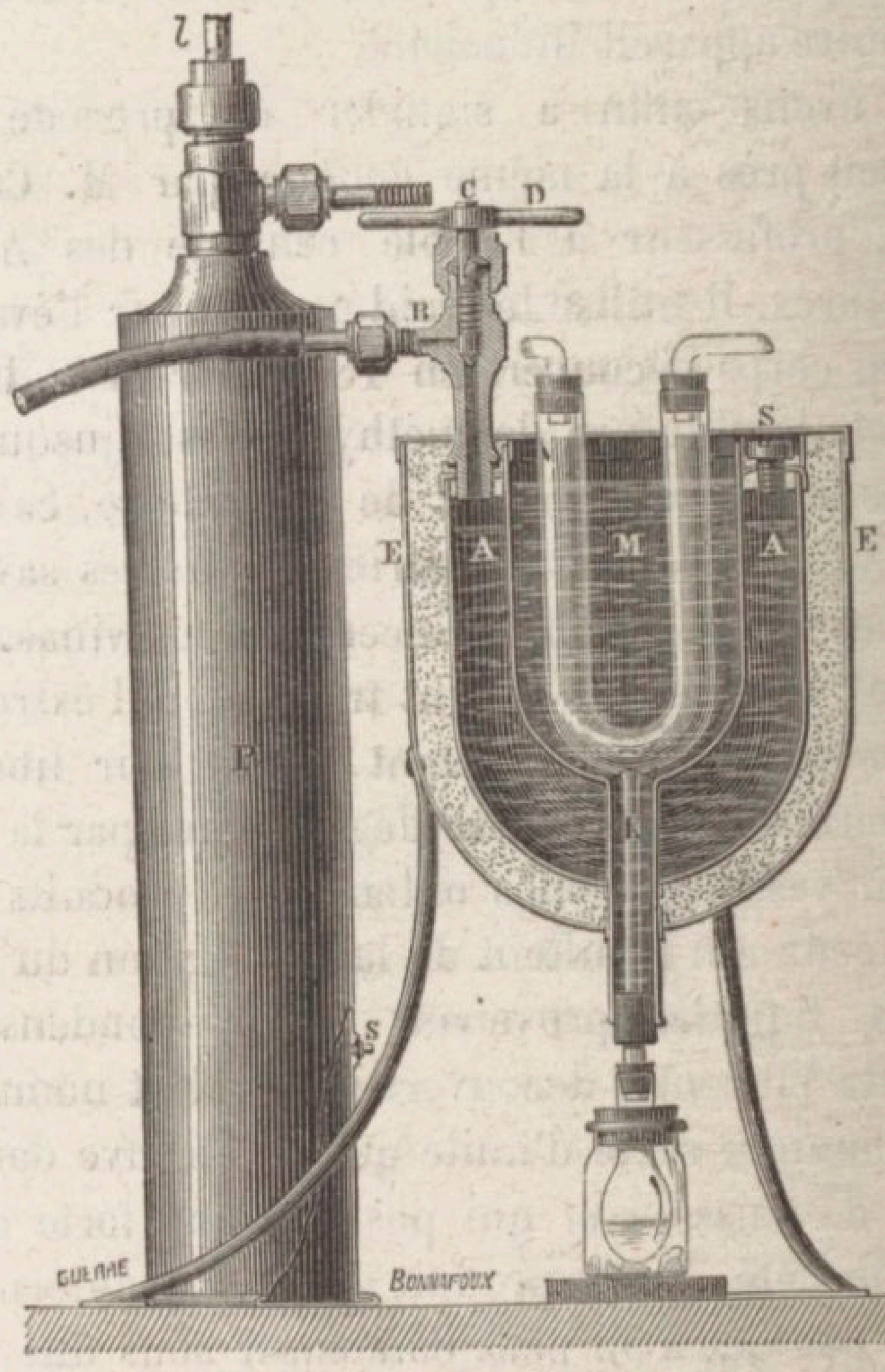


Fig. 68. — Frigorifère Vincent.

de liège ; la cavité intermédiaire A renferme le liquide, et la partie centrale M reçoit un liquide incongelable, glycérine ou alcool, dans lequel on maintient les substances à refroidir ou un tube en U, comme le

montre la figure 68, dans lequel on fait passer un courant du gaz que l'on veut liquéfier. En faisant le vide au-dessus du liquide par l'intermédiaire du tube B et du robinet CD à l'aide d'une machine pneumatique, on peut obtenir un froid de 50° au-dessous de zéro (fig. 68). Ceci permet de réaliser une expérience très intéressante et qui a vivement excité la curiosité des personnes présentes à la séance de Pâques de la Société française de Physique en 1878. Le mercure se congèle à 40° au-dessous de zéro ; si on introduit dans un tube de verre aplati, refroidi dans le frigorifère Vincent, une certaine quantité de mercure et qu'on retire le mercure encore liquide, avant que la solidification ne soit complète, on aperçoit des arborescences de cristaux de mercure qui produisent un merveilleux effet, surtout si, comme on le faisait dans cette séance, on en projette l'image agrandie sur un écran.

Nous voyons donc que les gaz liquéfiés offrent à l'industrie un moyen facile et économique de préparer la glace, et comme ce produit est souvent employé, cette fabrication artificielle tend à prendre beaucoup d'extension et peut rendre de très grands services.

CHAPITRE IV

Tentatives faites pour liquéfier les gaz réputés permanents. — Recherches de M. Berthelot et de Natterer. — Expériences de M. Thomas Andrews. — Point critique. — Distinction entre les gaz et les vapeurs.

Les procédés de Faraday pour la liquéfaction des gaz n'avaient donné aucun résultat quand on opérait avec l'azote, l'oxygène, l'hydrogène, le bioxyde d'azote, l'oxyde de carbone et le gaz d'éclairage ; aussi avait-on donné à ces gaz le nom de gaz permanents. Un grand nombre d'expérimentateurs avaient, à différentes époques, fait des tentatives pour obtenir la condensation de tous les gaz à l'état liquide, mais sans aucun succès. Dans ses recherches sur la loi de Mariotte, Pouillet avait atteint des pressions considérables, en se servant d'un appareil composé d'un réservoir en fer contenant du mercure et muni d'un tube latéral sur lequel étaient fixés deux tubes de verre renfermant l'un de l'air et l'autre le gaz à étudier. Une vis, s'engageant dans un écrou solidement relié au réservoir, portait à son extrémité un piston qui, s'enfonçant dans l'eau, refoulait le mercure dans les tubes et réduisait le volume des gaz. Par ce moyen on peut arriver à des pressions de 100 atmosphères sans observer la moindre production de liquide. Aimé, enfonçant dans la mer des éprouvettes pleines de gaz placées sur une cuve à mercure, avait pu atteindre

des pressions de 230 atmosphères, mais les résultats qu'il obtenait ainsi étaient incertains. Davy avait également produit des pressions très élevées en enfermant le gaz dans un réservoir formé d'un tube capillaire soudé à un réservoir contenant un liquide volatil; le gaz était séparé du liquide volatil par un cylindre de mercure. En chauffant le réservoir du liquide on obtenait une dilatation qui produisait, dans la partie occupée par le gaz,une forte pression. Thilorier, se basant sur le même principe, imagina d'employer comme liquide très dilatable l'acide carbonique liquide. Dans ce but il fit communiquer son appareil à acide carbonique liquide avec un tube de fer rempli de mercure, auquel était fixé un tube rempli d'hydrogène. L'hydrogène put être ainsi réduit à $\frac{1}{400}$ de son volume initial sans qu'on ait pu le liquéfier. M. Berthelot, auquel nous empruntons la description des expériences qui précèdent, a repris, en 1850, d'autres recherches par un procédé qui offre l'avantage de ne présenter aucun danger tout en permettant d'atteindre des pressions pouvant aller, dans certains cas, au delà de 700 atmosphères.

Un tube de verre très épais était rempli en partie de mercure pur et sec puis étiré à la lampe; par ce moyen on diminuait le diamètre intérieur du tube, le rapport des sections intérieures et extérieures restant constant; un très petit volume correspondait à une très grande longueur, et il était possible, après un jaugeage préliminaire du tube, d'avoir le volume intérieur du gaz introduit. Dans ce tube il fallait faire pénétrer une certaine quantité de gaz pur et sec : pour cela on le plaçait dans une position inclinée, la pointe

étant maintenue à l'aide de plâtre dans un bouchon de liège fermant un manchon en verre traversé par le courant de gaz purifié et desséché. La portion occupée par le mercure était chauffée dans une chaudière pleine d'eau, puis refroidie à l'aide de glace fondante ; l'extrémité du tube, placée dans le courant gazeux se remplissait ainsi de gaz. Le tube étant retiré du manchon, on fermait à la lampe la pointe effilée et l'on chauffait le mercure. Par sa dilatation le liquide réduisait le volume occupé par le gaz, et dans certains cas la liquéfaction se produisait ; six millimètres cubes de gaz ammoniac furent ainsi condensés en gouttelettes liquides visibles à la loupe ; cent millimètres cubes d'acide carbonique ont été liquéfiés en chauffant le mercure à 55° et refroidissant la pointe avec de l'éther. Le liquide occupait une longueur de 15 à 16 centimètres. Pour le chlore, qui attaque le mercure, M. Berthelot introduisait dans le tube de l'acide sulfurique exempt de produits nitreux ; en chauffant à 50° il a vu le chlore se condenser à l'état liquide.

Ayant rempli trois de ces tubes, l'un avec du bioxyde d'azote, le second avec de l'oxyde de carbone et le troisième avec de l'oxygène, il a chauffé le mercure ; l'un des tubes s'est fendu ; dans les autres, on n'a obtenu ni déformation de la surface du mercure ni liquéfaction. On employa dans un cas l'acide carbonique liquide pour refroidir le gaz, mais l'expérience ne donna pas de résultats ; le mercure s'étant congelé, le tube se cassa. De ces expériences M. Berthelot conclut que la liquéfaction ne peut pas être produite seulement par une élévation de pression dans certaines conditions de température.

En 1854, M. Natterer essaya à son tour de produire la liquéfaction de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et du bioxyde d'azote; il introduisait successivement dans un réservoir des volumes égaux de ces gaz et les ramenait à occuper le volume primitif; il observa que la compressibilité allait en augmentant à partir de 100 atmosphères pour l'hydrogène et à partir de 200 atmosphères pour les autres gaz; il ne put dans aucun cas obtenir de liquide.

De nouvelles expériences, tentées sur la liquéfaction des gaz, amenèrent M. Thomas Andrews à la découverte de propriétés remarquables qui devaient jeter un jour nouveau sur la manière dont se comportent ces liquides quand on élève la température. Il se produit pour ces corps un phénomène analogue à ceux qu'avait observés Cagniard de Latour en opérant sur des liquides volatils. Ayant soumis l'oxygène, l'azote, l'hydrogène et le bioxyde d'azote à des pressions supérieures à celles qu'on avait réalisées jusqu'alors, en même temps qu'il plongeait les réservoirs dans un mélange d'acide carbonique solide et d'éther, Andrews n'observa aucune condensation alors même que le volume était réduit à $\frac{1}{50}$ de sa valeur primitive. Des recherches sur l'acide carbonique avaient amené l'auteur à l'observation de résultats qui furent ainsi décrits dans la *Physique chimique* du docteur Miller en 1863 :

« Si on liquéfie partiellement de l'acide carbonique par l'action de la pression seule et qu'on élève la température à 31° cent., on voit la surface de séparation entre le liquide et le gaz devenir indécise, perdre sa courbure, puis finir par disparaître complètement.

La capacité de l'appareil est alors remplie par un fluide homogène qui manifeste, lorsqu'on diminue brusquement la pression ou qu'on abaisse légèrement la température, des apparences de stries mobiles ondoyant au travers de la masse tout entière. Si la température s'élève au-dessus de 31° cent., la liquéfaction apparente de l'acide carbonique, c'est-à-dire la séparation de cette substance en deux états distincts, devient impossible même en ayant recours à des pressions de 300 et 400 atmosphères. Le protoxyde d'azote donne des résultats du même genre. »

Dans la lecture Bakérienne de la Société Royale de Londres en 1870, l'auteur de ces expériences remarquables a donné la description des appareils employés dans ces recherches et des faits observés.

Le gaz sur lequel il opérait était renfermé dans un tube capillaire de 1 millimètre et quart de diamètre, présentant en son milieu une partie renflée; on introduisait l'acide carbonique gazeux en le faisant circuler à travers le tube sous une pression de 2 mètres d'eau; il restait toujours une bulle d'air dont le volume était environ la millième partie du volume total (fig. 69). Le réservoir avait été jaugé avec soin par les méthodes ordinaires; une colonne de mercure, qu'on laissait dans le tube, isolait le gaz de l'eau dans laquelle l'appareil était plongé. La pression était exercée à l'aide d'une vis s'adaptant exactement à un cylindre de cuivre bien résistant sur lequel le tube à acide carbonique était solidement mastiqué. A côté un appareil semblable, rempli d'air, permet d'évaluer la pression exercée sur l'acide carbonique : on faisait, en même temps, varier la température de

ce gaz en entretenant un courant d'eau dans une cage en laiton à parois vitrées, qui entourait l'appareil. La liquéfaction de l'acide carbonique commençait sous une pression de 48 atmosphères, puis on constatait que le liquide obtenu était plus compressible que les liquides ordinaires. Mais, et c'est là le fait saillant observé par M. Andrews, au delà de 30°,92, on n'obtenait plus de liquéfaction du gaz; on observait dans le tube des stries analogues à celles qui se produisent quand on mélange des liquides de densités différentes, par exemple un sirop et de l'eau pure, ou bien quand de l'air échauffé au contact du sable brûlant s'élève au milieu de couches plus froides. En laissant la température s'abaisser on voyait apparaître dans le tube une couche liquide dont la présence se révélait par un phénomène d'ébulli-

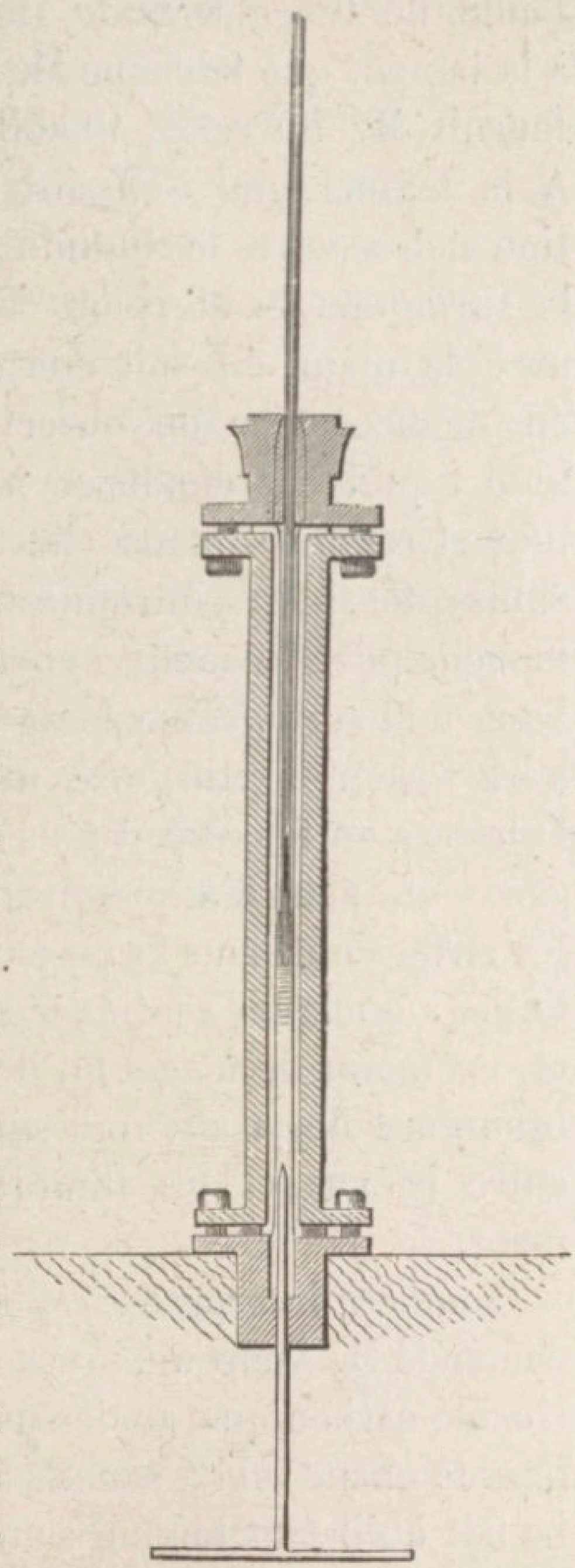


Fig. 69. — Coupe théorique.
de l'appareil de M. Th. Andrews.

tion. Ajoutons à cela que l'expérience du savant anglais peut être aujourd'hui facilement reproduite à l'aide de tubes à acide carbonique liquide, scellés à la lampe, que fabrique M. Natterer de Vienne et que fournit M. Ducretet, l'habile constructeur de Paris. A la température ordinaire on observe une séparation nette entre le liquide et la couche gazeuse qui le surmonte. Si alors on chauffe légèrement le tube avec la main, on voit une ébullition se produire et en même temps on observe qu'une petite gouttelette liquide se condense à la partie supérieure du tube et retombe quand elle a acquis des dimensions suffisantes. En introduisant cet appareil dans la manche pour le mettre en contact avec la peau du bras, on l'amène à une température un peu supérieure à 31°; si on le retire après un temps suffisant et qu'on l'observe on n'aperçoit plus de surface de séparation, avec un peu d'attention on ne tarde pas à voir les stries dont nous avons parlé, puis un brouillard se forme à quelques centimètres de la partie supérieure et, en moins de temps qu'il ne faut pour le dire, le brouillard disparaît, une surface nette de séparation entre le gaz et un liquide s'est formée brusquement.

Comment interpréter ces résultats? Y a-t-il là, s'est demandé M. Andrews, un nouvel état de la matière? L'acide carbonique au-dessus de 31° est-il gazeux ou liquide quand on l'a soumis à une très forte pression? Le fait qu'il faut toujours une nouvelle pression pour produire une nouvelle réduction de volume est en contradiction avec l'existence de l'acide carbonique liquide. Il en conclut, comme Cagniard de Latour,

qu'il n'y a pas toujours transition brusque entre l'état liquide et l'état gazeux, et que l'acide carbonique liquide peut, à 31°, se réduire entièrement en gaz dans un espace limité. Pour tout gaz il existe une température au-dessus de laquelle l'état gazeux persistera quelle que soit la pression exercée ; cette température a été désignée par le savant anglais sous le nom de *point critique*. Au-dessous de cette température le gaz a toutes les propriétés des vapeurs, c'est-à-dire qu'il ne peut plus conserver l'état gazeux qu'au-dessous d'une certaine pression.

Il résulte de ces recherches qu'il faut pour liquéfier un gaz abaisser d'abord sa température au-dessous du point critique; dans ce cas seulement on pourra amener la condensation. Ce résultat théorique devait se trouver confirmé par les remarquables découvertes de MM. Cailletet et Raoul Pictet que nous allons exposer dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V

Dernières découvertes sur la liquéfaction des gaz

Recherches de M. Cailletet sur la compressibilité de l'acétylène. — Description de l'appareil employé. — Liquéfaction des gaz réputés permanents. — Expériences de M. Raoul Pictet. Appareil employé et résultats obtenus. — Liquéfaction de l'ozone.

Tels étaient les résultats acquis lorsque, à la fin de 1877, MM. Cailletet en France et Raoul Pictet à Genève arrivèrent, chacun de leur côté, à ramener tous les corps gazeux à l'état liquide. L'appareil employé par M. Cailletet avait été construit dans le but d'étudier la compressibilité des gaz, et des remarques qu'il fit, en opérant la liquéfaction de l'acétylène, l'amenèrent à tenter la liquéfaction des autres gaz.

L'appareil primitif de M. Cailletet se compose de deux parties principales : le compresseur et le récepteur dans lequel se trouve assujetti le tube en verre contenant le gaz que l'on veut étudier (fig. 70).

Le compresseur est un cylindre en acier solidement fixé à un bâti en fonte, dans lequel s'engage un piston plongeur en acier qui traverse un cuir embouti. Ce piston, terminé par une vis à filet carré, s'engage dans un écrou en bronze qui occupe la partie centrale d'un volant; un second écrou, mobile sur une glissière, empêche le piston de participer au mouvement de rotation du volant. A l'autre extrémité du cylindre d'acier se trouve un vase en verre communiquant

avec l'intérieur du réservoir par un petit canal qui peut être fermé par une pointe d'acier commandée par un petit volant. Enfin un tube métallique très fin sert à transmettre la pression exercée par le liquide du réservoir d'une part au récepteur et d'autre part à deux manomètres indicateurs de hautes pressions. Avant de commencer une expérience, on remplit le réservoir d'eau en enfonçant complètement le piston

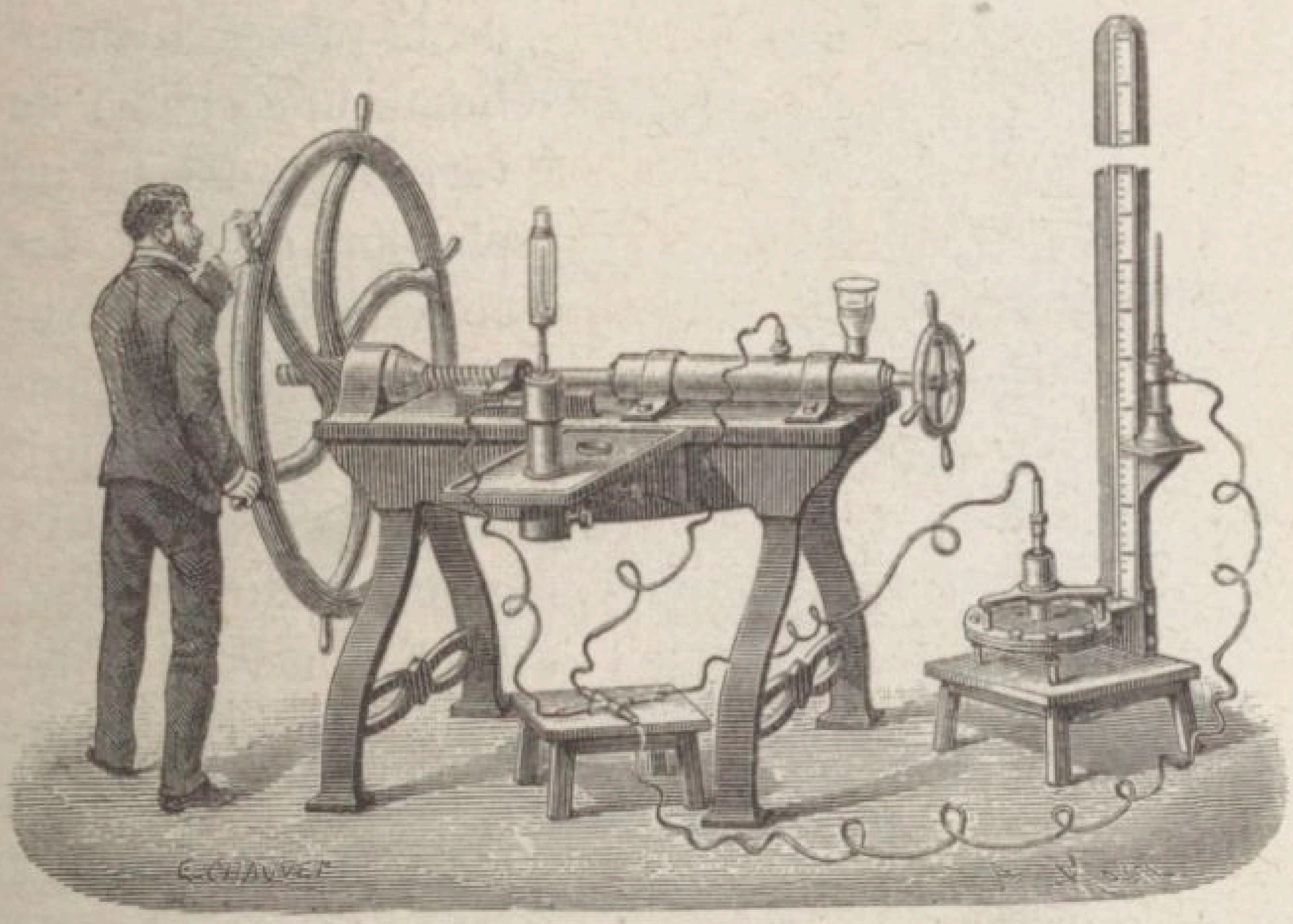


Fig. 70. — Vue d'ensemble du grand appareil de M. Cailletet.

et le retirant ensuite après avoir introduit de l'eau dans le vase de verre. L'appareil récepteur (fig. 71) se compose d'un cylindre d'acier *ass*, pouvant résister à des pressions de 800 à 1000 atmosphères. La partie supérieure de ce réservoir porte un écrou *m* percé à son centre et muni d'une boîte à cuirs dans laquelle on fixe le tube *tt*, contenant le gaz à étudier ; le tube en cristal très épais et de petit

diamètre à la partie extérieure est soudé à une éprouvette beaucoup plus large, effilée et recourbée à son autre extrémité. Le fond du réservoir renferme du mercure auquel est transmis par un tube latéral *q*, de très petit diamètre, la pression de la presse hydraulique. Une cloche de verre reposant sur un plateau *o* peut recouvrir la partie supérieure de l'appareil. L'appareil primitif avait de très grandes dimensions. M. E. Ducretet a réduit l'appareil compresseur, sans rien changer à la forme et aux dimensions de l'appareil récepteur. L'appareil compresseur est une petite presse hydraulique P portant sur le tube de communication un tube relié à un manomètre métallique M gradué jusqu'à 300 atmosphères, d'autre part un petit

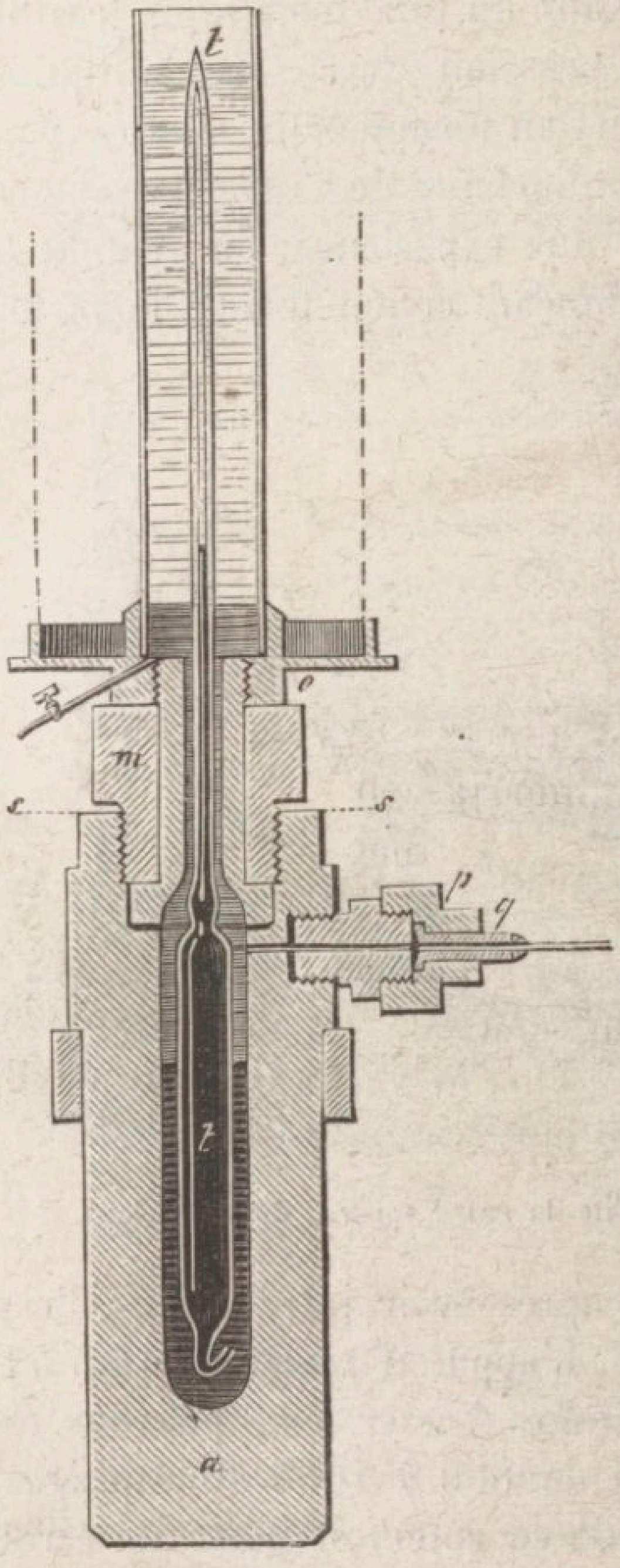


Fig. 71. — Récepteur de l'appareil Cailletet.

cylindre d'acier muni d'une tige à vis, permettant d'augmenter la pression quand on a cessé d'en faire jouer la pompe foulante[1]. L'une des pièces les plus

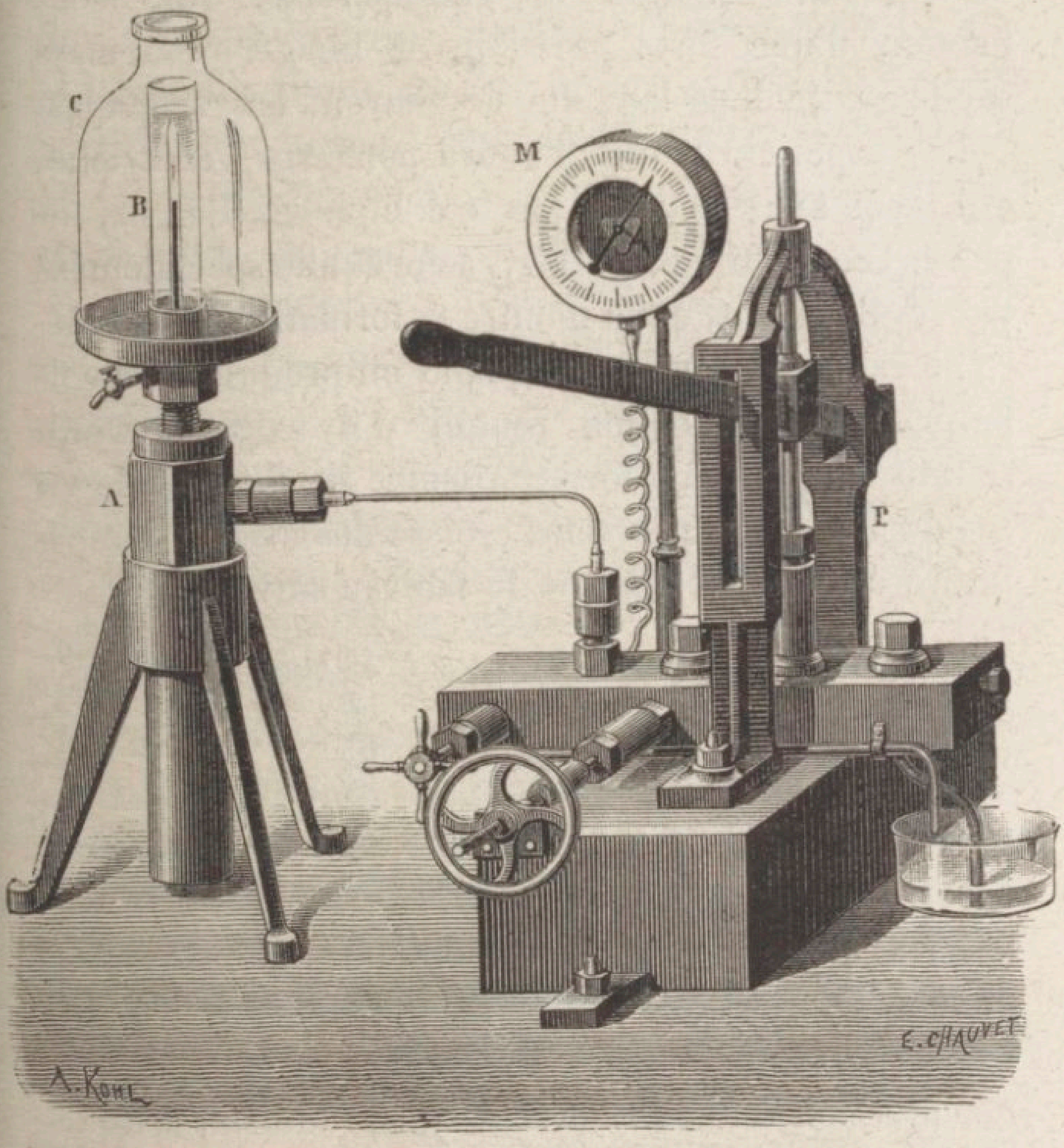


Fig. 72. — Appareil de M. Cailletet modifié par M. Ducretet.

importantes de l'appareil est le robinet de détente qui permet de supprimer brusquement la pression dans le réservoir (fig. 72). Toutes les pièces de cet appa-

1. A représente le cylindre d'acier, B le réservoir de gaz et C la cloche qui la recouvre.

reil doivent supporter des pressions pouvant aller jusqu'à 500 atmosphères : on est arrivé à ce résultat en adaptant à la base des soupapes en cuir de la pompe foulante une plaque de gutta-percha, qui, sous l'action d'une forte pression, se moule exactement sur la cavité dans laquelle se meuvent les soupapes.

Les expériences ont d'abord porté sur l'acétylène, qui jusqu'alors n'avait pas été liquéfié. Ce gaz, découvert en 1836 par Ed. Davy, a été étudié spécialement par M. Berthelot, qui a montré sa formation dans différents cas et en particulier quand on produit l'arc voltaïque dans un ballon rempli d'hydrogène. Ayant soumis ce gaz à une forte pression, M. Cailletet le vit se liquéfier à des pressions croissantes avec la température ainsi que le prouve le tableau suivant.

+1°.	48 atm.
2°,5	50
10°.	63
18°.	83
25°.	94
31°.	103

Ici se place une observation importante qui devait donner des résultats inattendus et amener à la liquéfaction des autres gaz. L'acétylène étant comprimé à une pression inférieure à celle qui produisait la liquéfaction, on supprima brusquement la pression ; il se produisit alors dans le tube un brouillard très intense, que M. Cailletet crut tout d'abord pouvoir attribuer à des impuretés renfermées dans le gaz sur lequel il opérait ; mais ayant eu à sa disposition du gaz très pur préparé par M. Berthelot, il observa le même phénomène et en conclut que le brouillard était dû à la liqué-

faction du gaz, produite sous l'influence du froid très intense que donne la détente brusque du gaz comprimé. Ayant repris ses expériences avec le gaz des marais et ceux qui jusqu'alors n'avaient pas été liquéfiés, il obtint le même brouillard, preuve certaine que la liquéfaction avait eu lieu à un moment donné ; ces expériences furent faites le 24 novembre 1877 à Châtillon-sur-Seine. Nous citons les propres paroles de l'auteur de ces belles découvertes :

« Si l'on enferme, dit M. Cailletet, de l'oxygène ou de l'oxyde de carbone pur dans l'appareil de compression; si l'on amène ces gaz à la température de — 29° au moyen de l'acide sulfureux et à la pression de 300 atmosphères environ, les deux gaz conservent leur état gazeux. Mais si on les détend subitement, ce qui doit produire, d'après la formule de Poisson, une température d'au moins 200 degrés au-dessous du point de départ, on voit apparaître immédiatement un brouillard intense produit par la liquéfaction et peut-être par la solidification de l'oxygène ou de l'oxyde de carbone. Le même phénomène s'observe lors de la détente de l'acide carbonique, du protoxyde d'azote, et du bioxyde d'azote fortement comprimés.

« *Azote*. — L'azote pur et sec comprimé vers 200 atmosphères, à la température voisine de 13°, puis détendu brusquement, se condense de la manière la plus nette; il apparaît d'abord une matière semblable à un liquide pulvérisé en gouttelettes d'un volume appréciable, puis le liquide disparaît peu à peu des parois vers le centre du tube, en formant à la fin une sorte de colonne verticale, dirigée suivant

l'axe du tube lui-même ; ce phénomène persiste pendant plus de trois secondes. Les apparences ne laissent aucun doute sur le véritable caractère du phénomène. (M. Cailletet avait fait d'abord l'expérience chez lui, à la température de — 29° ; il l'a répétée à un grand nombre de reprises au laboratoire de l'École normale en présence de plusieurs savants.)

« *Hydrogène.* — L'hydrogène a toujours été regardé à cause de sa grande légèreté comme le plus incoercible des gaz.

« Dans mes premiers essais, dit le savant chimiste, je n'avais rien reconnu de particulier ; mais, comme il arrive souvent dans les sciences expérimentales, l'habitude d'observer les phénomènes finit par en faire reconnaître les signes dans des conditions où ils avaient d'abord passé inaperçus. C'est ce qui est arrivé pour l'hydrogène. En répétant aujourd'hui même, 31 décembre, en présence et avec le concours de MM. Berthelot, H. Sainte-Claire Deville, Mascart, qui veulent bien m'autoriser à invoquer leur témoignage, j'ai réussi à observer des indices de liquéfaction de l'hydrogène, dans des conditions d'évidence qui n'ont paru douteuses à aucun des savants témoins de l'expérience.

« Celle-ci a été répétée un grand nombre de fois. L'hydrogène comprimé vers 280 atmosphères, puis brusquement détendu, se transforme en un brouillard excessivement fin et subtil, suspendu dans toute la longueur du tube, et qui disparaît subitement. La production de ce brouillard, malgré son extrême subtilité, a paru incontestable à tous les savants qui ont vu cette expérience, et qui ont pris soin de la faire

répéter à plusieurs reprises, de façon à ne conserver aucun doute sur sa réalité.

« *Air*. — Ayant liquéfié l'azote et l'oxygène, la liquéfaction de l'air atmosphérique est par là même démontrée; cependant il m'a paru intéressant d'en faire l'objet d'une expérience directe et là, comme on pouvait s'y attendre, elle a parfaitement réussi. Je n'ai pas besoin de dire que l'air avait été préalablement desséché et privé de toute trace d'acide carbonique. Ainsi se trouve confirmée l'exactitude des vues émises par le fondateur de la chimie moderne, Lavoisier, sur la possibilité de faire revenir l'air à l'état de *liquidité*, en produisant des liquides doués de propriétés nouvelles et inconnues. »

En partant de considérations théoriques sur la constitution des corps et sur la nature du mouvement que l'on nomme chaleur, le savant génevois, M. Raoul Pictet, fut amené à définir les conditions dans lesquelles pouvait se produire la liquéfaction des gaz. Il admet la théorie de M. Clausius, d'après laquelle les corps gazeux seraient constitués par des molécules et atomes tendant à se rapprocher, mais maintenus à distance par le mouvement calorifique; celui-ci diminuant de plus en plus, l'attraction l'emporte et le gaz peut passer à l'état liquide et solide : ce changement s'accomplit aussi sous l'action d'une pression qui tend à rapprocher les molécules; dans le voisinage du point de condensation, les particules peuvent pénétrer dans leurs sphères d'attractions mutuelles et vont se précipiter les unes sur les autres pour former des gouttelettes liquides. La chaleur communique aux molécules des corps des mouvements pendulaires d'au-

tant plus grands que la température est plus élevée; si donc, à une certaine température, la distance à laquelle deux molécules peuvent s'attirer est supérieure à l'écart que leur communique la chaleur, il pourra y avoir condensation. A une certaine température la distance à laquelle deux molécules peuvent s'attirer est plus grande pour un liquide fixe que pour un liquide volatil. De là M. Raoul Pictet déduit que la pression seule ou un abaissement de température agissant isolément sont incapables de produire la liquéfaction des gaz incoercibles et qu'il faut, pour arriver à un résultat, obtenir simultanément un abaissement de température et une augmentation considérable de pression. Après avoir, pour ainsi dire, fixé son programme, il chercha à en assurer l'exécution en opérant sur un des gaz réputés jusqu'alors permanents. Les conditions à réaliser étaient les suivantes : 1° Agir sur un gaz pur et sec; 2° comprimer le gaz méthodiquement; 3° avoir de basses températures et les maintenir indéfiniment tout en soustrayant de la chaleur; 4° disposer d'une grande surface de condensation; 5° utiliser la détente des gaz. Les expériences ont été faites dans les ateliers de la Société centrale de construction d'appareils de physique de Genève, et l'auteur a eu la bonne fortune de disposer d'un matériel très complet et qu'il évalue à la somme de 50 000 francs. Nous voyons que dans le cas présent, comme dans les expériences de M. Cailletet, c'est dans un établissement industriel qu'ont été effectuées ces grandes découvertes sur la généralité des lois qui régissent les changements d'état.

Adoptant l'ordre suivi par l'auteur, nous allons exa-

miner d'abord les moyens mis en œuvre pour obtenir de basses températures.

Le premier abaissement de température s'obtient à l'aide de l'évaporation de l'acide sulfureux liquide; on a ainsi mis à profit les procédés employés pour la fabrication de la glace, exposés dans un chapitre précédent. L'acide sulfureux liquide enfermé dans un

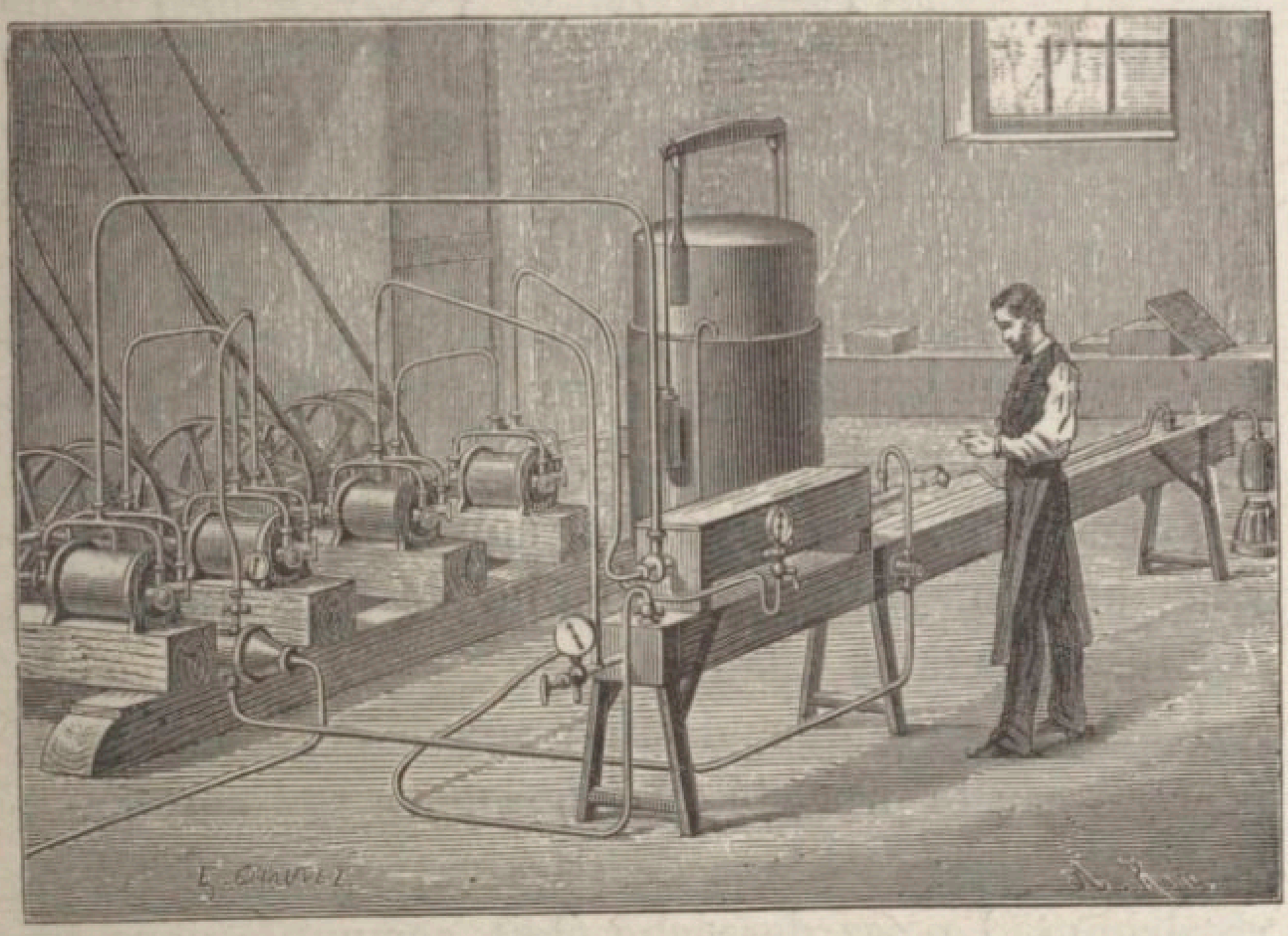


Fig. 73. — Vue d'ensemble de l'appareil de M. Raou Pictet pour la liquéfaction des gaz.

récipient tubulaire est refoulé par une pompe dans un tube en cuivre de 12 centimètres de diamètre et de $1^{m},10$ de long : le tube étant incliné, l'acide liquide arrive par la partie inférieure et peut ainsi remplir presque complètement cette cavité cylindrique. De la partie supérieure de ce tube part le tuyau d'aspiration d'une pompe accouplée à la précédente qui aspire pendant que la première refoule. Sous l'influence du

jeu de ces pompes, on établit une circulation d'acide sulfureux qui produit une chute de température. L'évaporation de l'acide sulfureux liquide accumulé dans le tube cylindrique donne lieu à un abaissement de température qui atteint 65 degrés au-dessous de zéro, et ce froid est utilisé pour produire de l'acide carbonique ou du protoxyde d'azote liquide à l'aide d'une pression qui ne dépasse pas 6 atmosphères, tandis qu'à la température de 0° on ne peut opérer la liquéfaction que sous une pression de 30 ou 40 atmosphères, qu'on ne pourrait atteindre qu'après un grand nombre de coups de piston (fig. 73).

L'acide carbonique liquide était obtenu dans un tube concentrique à celui dans lequel arrivait l'acide sulfureux : ce tube avait $1^{m},15$ de long et 6 centimètres de diamètre. Tout cet appareil était enfermé dans une caisse en bois remplie de substances non conductrices de la chaleur.

L'acide carbonique, destiné aux expériences, était préparé par le procédé du laboratoire qui consiste à traiter le marbre blanc de Carrare par l'acide chlorhydrique. Le gaz desséché était accumulé dans un gazomètre à cloche de 1^{mc} de capacité rempli d'huile qui n'absorbe pas de gaz. Le réservoir de gaz était mis en relation par un robinet à trois voies avec une pompe aspirante, puis refoulé par une autre pompe dans le tube entouré d'acide sulfureux liquide déjà refroidi par évaporation. L'acide carbonique, en se condensant à l'état liquide, cède de la chaleur et la température peut s'élever jusqu'à 50° au-dessous de zéro. L'acide carbonique liquide ainsi obtenu est utilisé pour la condensation des gaz.

L'appareil à liquéfaction se composait d'abord d'un réfrigérant formé d'un tube incliné en sens inverse du précédent, ayant $3^m,70$ de longueur sur 35 millimètres de diamètre extérieur, dans l'axe duquel se trouve le tube où s'accumule le gaz à liquéfier. Après des recherches préliminaires, M. Raoul Pictet a vu qu'il y avait avantage à faire arriver l'acide carbonique liquide vers le milieu du tube réfrigérant. Tout le gaz acide carbonique ayant été refoulé et liquéfié dans l'appareil précédent, on interrompait, en tournant le robinet à trois voies, la communication du gazomètre avec les pompes et l'on mettait celles-ci en communication avec le tube inférieur. L'aspiration produisait l'évaporation de l'acide carbonique liquide et donnait lieu à un abaissement de température assez considérable pour produire la congélation de l'acide. De considérations théoriques, qui ne peuvent pas trouver place ici, M. Raoul Pictet a déduit que la température descendait à 120° au-dessous de zéro ou à 140° quand les pompes faisaient un vide complet. Pour arriver à ce résultat on avait tracé la courbe des tensions de l'acide carbonique liquide de 10° en 10° en se servant d'un thermomètre à alcool construit par M. Salleron pour déterminer de basses températures. La disposition de l'appareil reste la même quand on emploie le protoxyde d'azote, mais dans ce cas on obtient par évaporation une température plus basse.

L'appareil servant à préparer le gaz à liquéfier comprend deux parties : l'appareil producteur est un gros obus en fer forgé A ayant une capacité intérieure de 1659^{cc} et une épaisseur moyenne de 35 milli-

mètres; ce réservoir est capable de supporter une pression de 1500 atmosphères. Dans cet obus on introduisait 700 grammes de chlorate de potasse mélangés avec 250 grammes de chlorure de potassium desséchés par fusion. L'obus pouvait être amené à la température de 485° ou 500° à l'aide d'un fourneau à gaz du système Perrot. Cet appareil, disposé principalement pour le chauffage de creusets, se compose d'une série de tubes, au nombre de 8, fixés au-dessus d'un anneau creux dans lequel arrive le gaz; à l'intérieur de chaque tube est un tuyau d'échappement du gaz. La caisse dans laquelle se trouve cet anneau porte sur une circonférence, à la partie inférieure, un certain nombre de trous destinés à l'admission de l'air. Une plaque mobile percée de trous correspondant aux précédents est commandée par une poignée; cette disposition permet d'ouvrir plus ou moins les orifices d'accès de l'air et de régler la température du fourneau.

L'obus A était vissé à un tube de cuivre CR. placé dans l'axe du tube réfrigérant recevant par l'orifice *a* l'acide carbonique liquide qui est aspiré par l'orifice *b*, — la longueur de ce tube était de $4^m,20$, son diamètre intérieur de 4 millimètres et son diamètre extérieur de 15 millimètres. — L'extrémité opposée présentait un pas de vis sur une longueur de 6 centimètres et était engagée dans un manchon d'acier R; ce manchon portait deux ouvertures latérales; sur l'une d'elles était vissé un manomètre M, gradué jusqu'à 800 atmosphères, serré sur le manchon d'acier à l'aide d'un anneau en cuivre; le second orifice portait une petite lance J percée d'un très petit trou que l'on pouvait

maintenir fermé à l'aide d'une tige conique à vis.

L'appareil ainsi disposé, voici quelle est la marche d'une expérience. L'oxygène arrivant dans le tube froid lui cède de la chaleur qui agit sur l'acide carbonique solide et en détermine la vaporisation. Cette chaleur absorbée par l'acide carbonique est cédée à l'acide sulfureux liquide qui va au condenseur et repasse à l'état liquide. La chaleur cédée par l'acide sulfureux qui se liquéfie est emportée par l'eau du condenseur, qui s'écoule à l'égout. On voit donc qu'il y a en tout cinq changements d'état successifs. Cette méthode est, en résumé, une application des appareils frigorifiques de MM. Loir et Drion.

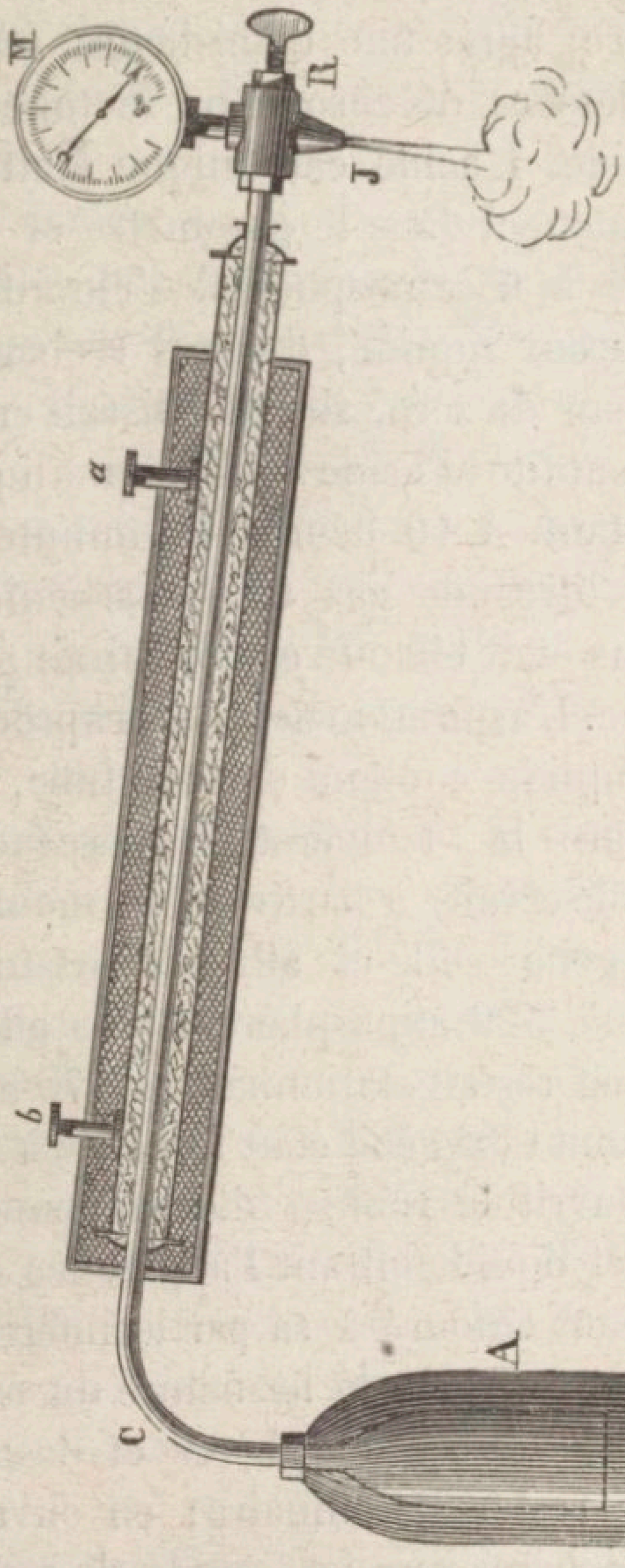


Fig. 74. — Coupe de l'appareil servant à produire le gaz liquéfié.

Parmi les nombreuses expériences qui sont dé-

crites, nous choisirons celle qui fut faite le 22 décembre 1877 à 9 heures du matin. Les pompes à acide sulfureux étant mises en marche, la température, après une demi-heure, était descendue à 55° au-dessous de zéro dans le tube où s'accumulait le liquide. L'acide carbonique était aspiré à partir de ce moment dans le gazomètre et la pression, d'abord égale à 6 atmosphères, s'élevait jusqu'à 8; l'acide sulfureux liquide, d'abord réchauffé jusqu'à 49° au-dessous de zéro, se refroidissait ensuite à mesure que la quantité d'acide carbonique liquide allait en augmentant. A 10 heures 40 minutes, on avait liquéfié 800 litres de gaz acide carbonique; à 11 heures, l'obus était chauffé et l'on faisait passer l'acide carbonique. L'aspiration des pompes produisant l'évaporation du liquide contenu dans ce tube, au bout d'un quart d'heure la température descendait jusqu'à 130°. On observait, à partir de ce moment, la pression de l'oxygène; celle-ci allait constamment en croissant jusqu'à 526 atmosphères; puis elle allait en décroissant et restait stationnaire à 470 atmosphères, preuve que tout l'oxygène était liquéfié; à 1 heure 10 minutes, on ouvrit le robinet d'échappement; il se produisit un jet liquide offrant l'apparence d'un pinceau blanc éclatant entouré à sa partie inférieure d'une auréole bleuâtre. Après la fermeture du robinet, la pression était de 396 atmosphères et descendait jusqu'à 352 pour rester stationnaire; en ouvrant le robinet on vit s'échapper un jet liquide de peu de durée et bientôt le gaz apparut à l'état aériforme. L'expérience fut reprise cinq fois du 22 décembre 1877 au 4 janvier 1878; les deux dernières avaient été faites avec

le protoxyde d'azote liquide, et des résultats obtenus M. Raoul Pictet put déduire les données numériques relatives à l'oxygène liquide. D'après ses déterminations la densité de l'oxygène liquide est très voisine de l'unité, valeur déduite par M. Dumas de considérations théoriques basées sur les rapports qui existent entre l'oxygène et le soufre.

Le jet liquide obtenu, éclairé par la lumière électrique, offrait l'apparence d'un pinceau bleu de 10 à 15 millimètres de diamètre, entourant une portion centrale blanche de 2 à 3 millimètres; il y avait lieu de supposer que, dans la portion intérieure, l'oxygène était solidifié. Voulant vérifier cette supposition, M. Dufour, de Lausanne, observa le jet liquide à l'aide d'un prisme de spath d'Islande et reconnut que la lumière éprouve une modification qui ne laisse pas de doute sur l'existence de particules solides réfléchissant le faisceau lumineux. Les illuminations qu'on obtient sont comparables à celles que produit un nuage ordinaire rempli de glaçons ou de flocons de neige, et l'on est en droit d'en conclure que, dans la partie blanche du jet liquide, l'oxygène est à l'état de cristaux. Pendant que l'oxygène liquide s'échappait de l'appareil, on plaça en regard de l'ouverture du tube des charbons à peine allumés; ceux-ci se rallumèrent et brûlèrent avec incandescence en projetant de vives étincelles donnant lieu à une série de petites explosions.

Quelques jours plus tard, on essaya de produire la liquéfaction de l'hydrogène et, le 11 janvier, M. Raoul Pictet annonçait par le télégraphe qu'il avait réussi à produire à l'aide du même appareil la liquéfaction et

la solidification de l'hydrogène (fig. 75). Le télégramme était ainsi conçu :

« Paris, Genève 907 11 1 10,30 M.

« Ai liquéfié hydrogène à 650 atmosphères et 140 degrés de froid, solidifié par évaporation, jet couleur bleu acier intermittent, projection violente de grenaille sur le sol avec bruit strident très caractéristique, hydrogène solide, conservé plusieurs minutes dans le tube.

« Raoul Pictet. »

Pour préparer l'hydrogène on s'est servi d'une méthode, signalée par M. Berthelot, qui permet d'obtenir le gaz pur et sec. Les combinaisons de la potasse avec certains acides organiques possèdent la propriété de fournir de l'hydrogène, si on les chauffe avec de la potasse. Parmi les acides qui jouissent de cette propriété on peut citer l'acide formique, ainsi nommé parce qu'il existe à l'état de liberté dans le corps des fourmis rouges. On introduisait dans l'obus 1261 grammes de formiate de potasse et 500 grammes de potasse, l'un et l'autre de ces corps ayant été préalablement bien desséchés. En chauffant à 150°, on mettait le gaz hydrogène en liberté; la pression atteignait 650 atmosphères et restait stationnaire. En ouvrant le robinet d'échappement, on obtint un jet opaque d'une couleur bleu d'acier ayant une longueur de 2 centimètres; au-dessous de la partie bleue était une zone blanchâtre. Ce jet s'échappait avec un bruit strident analogue à celui que produit un fer rougi plongé dans l'eau; en même temps on entendait le crépitement d'une grenaille projetée sur le sol, ce qui

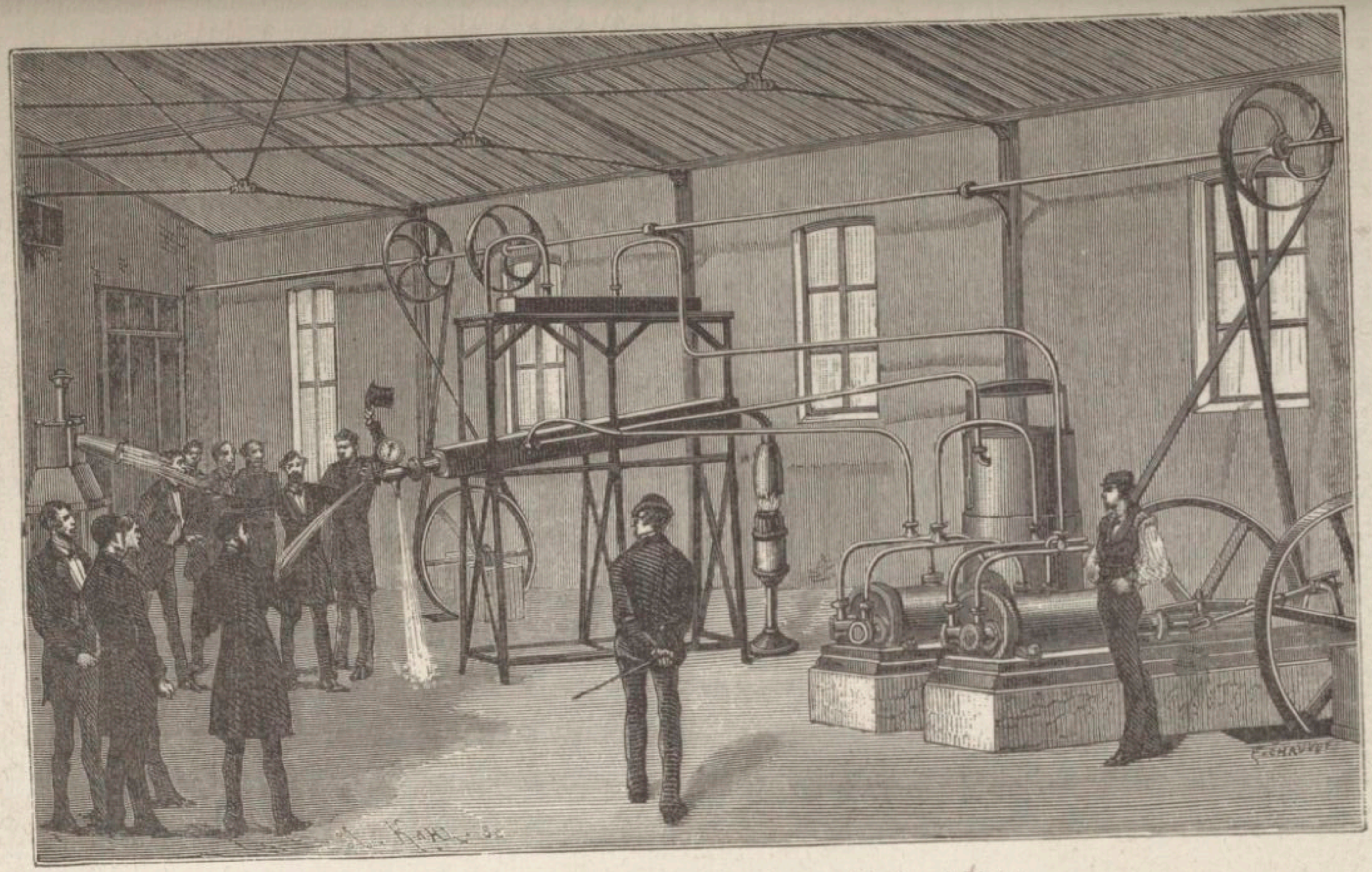


Fig. 75. — Liquéfaction de l'hydrogène par M. Raoul Pictet.

ne laisse pas de doute sur la solidification de l'hydrogène. Au bout de peu de temps, le jet de liquide subit un temps d'arrêt bien que la pression fût encore de 370 atmosphères dans le tube : l'hydrogène était congelé. Une seconde ouverture du robinet de décharge donna lieu à un second jet intermittent, et se produisant avec des soubresauts. Dans ces expériences, le froid était produit en faisant le vide sur du protoxyde d'azote liquide, ce qui abaissait la température à 140° au-dessous de zéro.

La méthode imaginée par M. Cailletet pour la liquéfaction des gaz a été appliquée depuis — en 1880 — à l'étude d'un gaz, intéressant à étudier par suite des propriétés remarquables qu'il possède, propriétés dont l'étude présente de l'intérêt à cause des difficultés qu'on éprouve à obtenir ce gaz à l'état de pureté. Nous voulons parler de l'*ozone*, qui est une modification de l'oxygène sous l'influence des décharges électriques. Déjà, en 1785, le célèbre électricien Van Marum avait remarqué qu'une puissante machine électrique laisse dégager une odeur particulière, qui rappelle celle du homard. Un savant chimiste de Bâle, Schœnbein, fit une étude particulière du gaz oxygène, qui se dégage dans la décomposition de l'eau par la pile ; il montra qu'il était dans un état particulier, que ses propriétés chimiques étaient plus prononcées que celles de l'oxygène ordinaire, puisqu'il peut se combiner à froid avec l'argent humide, qu'il décompose les iodures et met l'iode en liberté, ce qu'on reconnaît à ce qu'il bleuit un papier imprégné d'empois d'amidon. C'est à Schœnbein qu'on doit le nom d'*ozone* qui a été donné à ce corps, au sujet duquel

s'est engagée entre les chimistes une longue discussion; les uns ne voulaient pas admettre que ce fût une simple modification d'un corps simple, d'autres prétendaient que c'était un corps composé, résultant de l'union de l'oxygène avec l'eau ou avec l'azote, qui pouvaient se trouver accidentellement mélangés à l'oxygène.

Aujourd'hui la discussion est close et l'on admet que ce gaz n'est autre chose que de l'oxygène condensé. Pour préparer l'ozone, on emploie différents procédés dont le plus simple et qui donne d'ailleurs la plus forte proportion d'ozone est celui qu'a indiqué M. Berthelot. Un courant d'oxygène circule à travers un tube à double enveloppe, entouré de part et d'autre par de l'eau acidulée par l'acide sulfurique dans laquelle plongent deux fils de platine, dont l'un est relié au pôle positif et l'autre au pôle négatif d'une bobine de Ruhmkorff. Dans l'enveloppe s'effectue une recombinaison des deux électricités sous forme de décharges obscures que l'on nomme effluves; le gaz oxygène, qui traverse cette zone électrisée, est modifié et se mélange d'une certaine proportion d'ozone, car on ne peut pas obtenir ce gaz à l'état de pureté.

MM. Chappuis et Hautefeuille, dans des recherches accomplies au laboratoire de l'École normale, ont montré que la transformation de l'oxygène dépend de la pression et de la température. Le mélange d'oxygène et d'ozone, constituant un gaz explosif, doit être comprimé avec lenteur et en outre refroidi, la chaleur dégagée par la compression pouvant décomposer le gaz. Dans leurs expériences, l'ozone était séparé du

mercure par une couche d'acide sulfurique; en refroidissant à — 23°, ils ont pu le liquéfier et le conserver sous une pression de 10 atmosphères. On a ainsi constaté que ce gaz comprimé prend une belle couleur bleu azur et l'on a été tout naturellement amené à se demander si la couleur du ciel ne serait pas le résultat de la présence de l'ozone dans l'atmosphère. Comprimé dans l'appareil Cailletet à 200 atmosphères et maintenu à — 23°, l'ozone se colore de plus en plus et ne produit pas de liquide visible qu'on puisse distinguer du gaz; mais en refroidissant à — 88° à l'aide du protoxyde d'azote, on voit que l'ozone est 3 ou 4 fois plus coloré que l'ozone à — 23°. La coloration va donc en augmentant à mesure que la température s'abaisse. En mélangeant le gaz avec de l'acide carbonique, on observe la formation de deux liquides qui se distinguent bien l'un de l'autre par la coloration bleue particulière que possède l'ozone liquide. Il était donc permis de supposer qu'en comprimant un mélange d'oxygène et d'ozone refroidi à — 88°, qui renferme 50 pour 100 d'ozone, on pourrait obtenir ce gaz à l'état liquide. Ces travaux ont attiré l'attention de l'Académie des sciences, qui en a reconnu l'importance en attribuant à l'un de leurs auteurs un des prix décernés dans la dernière séance annuelle.

Dans une conférence faite à Londres par M. Wurtz en l'honneur de Faraday, le savant professeur de la Sorbonne, après avoir passé en revue les découvertes modernes sur la matière à l'état liquide et gazeux, terminait par quelques paroles que nous lui empruntons comme conclusion de ces chapitres : « Qu'il me suffise d'ajouter que ces grands travaux marquent une

étape et sont peut-être un acheminement vers la solution de cet éternel problème de la constitution de la matière, problème posé dès les premiers âges de la civilisation, et que tous les grands penseurs des temps anciens et des temps modernes ont agité sans le résoudre. N'est-il pas permis de penser qu'il a été mieux posé et plus sérieusement abordé de nos jours, et que les travaux dont les générations du dix-neuvième siècle ont été les témoins émus ont poussé l'esprit humain plus loin dans ces voies ardues que ne pouvaient le faire un Lucrèce ou même un Descartes et un Newton? A cet égard, les découvertes de la chimie moderne, si bien exprimées, si bien résumées par l'immortelle conception de Dalton marqueront une date dans les progrès de l'esprit humain; et à une des plus importantes parmi ces découvertes, celle de la liquéfaction des gaz, la postérité reconnaissante rattachera le glorieux nom de Faraday. »

QUATRIÈME PARTIE

MATIÈRE RADIANTE

CHAPITRE I

Du radiomètre

La matière radiante d'après Faraday. — Appareils employés pour produire un vide parfait. — Machine à mercure d'Alvergniat. — Trompe à eau. — Aspirateur de Sprengel. — Jauge de Mac-Leod. — Expériences de M. Crookes sur le radiomètre. — Théorie du radiomètre. — Propriétés des gaz raréfiés.

La notion de matière radiante fut introduite en 1816 par Faraday, alors âgé de 24 ans. Dans une de ses leçons sur les propriétés générales de la matière, il avait prononcé les paroles suivantes :

« Si nous imaginons un état de la matière aussi éloigné de l'état gazeux que celui-ci l'est de l'état liquide, en tenant compte, bien entendu, de l'accroissement de différence qui se produit à mesure que le degré du changement s'élève, nous pourrons peut-être, pourvu que notre imagination aille jusque-là, concevoir à peu près la matière radiante ; et de même qu'en passant de l'état liquide à l'état gazeux la matière a perdu un grand nombre de ses qualités, de

même elle doit en perdre plus encore dans cette dernière transformation. »

Cette conception hardie du grand physicien anglais fut développée par lui dans les années suivantes, et l'on peut lire dans ses lettres, recueillies par M. Bence Jones, le passage suivant :

« Je puis signaler ici une progression remarquable dans les propriétés physiques qui accompagnent les changements d'état ; peut-être suffira-t-elle pour amener les esprits inventifs et hardis à ajouter l'état radiant aux autres états de la matière déjà connus.

« A mesure que nous nous élevons de l'état solide à l'état liquide et de celui-ci à l'état gazeux, nous voyons diminuer le nombre et la variété des propriétés physiques des corps, chaque état en présentant quelques-unes de moins que l'état précédent. Quand des solides se transforment en liquides, toutes les nuances de dureté et de mollesse cessent nécessairement d'exister ; toutes les formes cristallines ou autres disparaissent. L'opacité et la couleur sont souvent remplacées par une transparence incolore, et les molécules des corps acquièrent une mobilité pour ainsi dire complète.

« Si nous considérons l'état gazeux, nous voyons s'anéantir un plus grand nombre de caractères évidents des corps. Les immenses différences qui existaient entre leurs poids ont presque entièrement disparu ; les traces des différences de couleur qu'ils avaient conservées s'effacent. Désormais tous les corps sont transparents et élastiques. Ils ne forment plus qu'un même genre de substances, et les différences de densité, de dureté, d'opacité, de couleur, d'élas-

ticité et de forme, qui rendent presque infini le nombre des solides et des liquides, sont désormais remplacées par de très faibles variations de poids et quelques nuances de couleur sans importance.

« Ainsi pour ceux qui admettent l'état radiant de la matière, la simplicité des problèmes qui caractérisent cet état, loin d'être une difficulté, est bien plutôt un argument en faveur de son existence. Ils ont constaté jusqu'alors une disparition graduelle des propriétés de la matière, à mesure que celle-ci s'élève dans l'échelle des formes, et ils seraient surpris que cet effet s'arrêtât à l'état gazeux. Ils ont vu la nature faire de plus grands efforts pour se simplifier à chaque changement d'état, et pensent que dans le passage de l'état gazeux à l'état radiant cet effort doit être plus considérable. »

A l'époque où Faraday écrivait ces lignes, la science expérimentale n'avait pas encore à sa disposition les ressources dont elle profite aujourd'hui; les appareils si perfectionnés que l'on emploie en ce moment faisaient défaut et avec les plus puissantes machines à faire le vide, que l'on possédait alors, on ne pouvait jamais dépasser une certaine limite. Or la raréfaction du gaz poussée très loin était une condition indispensable pour réaliser la conception de Faraday et soumettre ses vues au contrôle de l'expérience. Depuis une trentaine d'années, aux machines pneumatiques à corps de pompe munies de piston on a substitué des appareils permettant de faire le vide à l'aide du mercure et dans des récipients de forme quelconque. Ces appareils, qui ont servi aux expériences que nous aurons à citer par la suite, méritent une description

spéciale; ils se rattachent à deux types : la pompe à mercure et l'aspirateur ou trompe à mercure. La pompe à mercure n'est que la reproduction du moyen employé par les académiciens del Cimento pour produire le vide. Lorsque Torricelli eut démontré, par sa célèbre expérience qui donna naissance au baromètre, que l'on pouvait obtenir le vide au moyen d'une colonne de mercure, suspendue dans un tube fermé de plus de 80 centimètres de long, on imagina de placer des corps dans la chambre barométrique pour étudier les phénomènes qui se produisaient dans cet espace vide d'air. Après l'invention de la machine pneumatique ordinaire, par Otto de Guericke, ce procédé fut abandonné mais ensuite repris, ainsi que nous l'apprend M. Bertin dans sa notice historique sur les machines à faire le vide, par le théosophe Svedenborg en 1722. C'est surtout entre les mains de M. Geissler, habile ouvrier verrier de Bönn, qui devint plus tard docteur de l'Université, que la pompe à mercure donna de bons résultats; il arriva ainsi à construire les tubes qui portent son nom. L'appareil de Geissler a été modifié depuis et a pris la forme définitive que lui ont donné MM. Alvergniat. Une chambre formée par un ballon de forme ovoïde communique par sa partie inférieure avec un long tube de verre et par sa partie supérieure, à l'aide d'un robinet à trois voies, soit avec l'air atmosphérique, soit avec un récipient contenant le gaz à raréfier. Le tube est relié par un tube de caoutchouc avec un autre réservoir de forme ovoïde que l'on peut soulever ou abaisser à l'aide d'un ruban s'enroulant sur un treuil. Le jeu de la machine est facile à com-

prendre; si on relève le réservoir de mercure après avoir mis la chambre en communication avec l'air extérieur on remplit tout l'appareil de mercure; plaçant ensuite le robinet de façon à établir la communication avec le récipient, si on vient à abaisser le réservoir de mercure on fait pénétrer une partie de l'air dans la chambre. La manœuvre étant répétée un grand nombre de fois on arrive à un vide assez complet. Pour obtenir un vide plus complet on place sur le trajet du récipient des tubes munis de substances absorbantes (éponge de palladium, charbon, potasse) et l'on fait arriver dans le récipient des gaz que la substance puisse absorber. Avec de l'hydrogène et une éponge de palladium MM. Warren de la Rue et Hugo Muller ont obtenu un vide qui ne laissait pas passer le courant de 16 000 éléments de piles au chlorure d'argent. Mais on n'arrive pas, avec cette machine, à obtenir un vide dépassant un millimètre; pour aller au delà il faut employer une trompe à mercure.

Une trompe est un appareil à l'aide duquel on obtient une aspiration par un écoulement d'eau. Elle fut d'abord employée dans les forges catalanes pour obtenir une soufflerie économique à l'aide d'une chute d'eau voisine du fourneau. La trompe des forges catalanes consiste en un réservoir d'eau communiquant avec une caisse R. d'où part la buse du soufflet T (fig. 76). Le tube vertical de chute porte des ouvertures latérales *o o*, par lesquelles pénètre l'air; celui-ci se comprime dans le réservoir inférieur et s'échappe par la tuyère qui aboutit au fourneau; une cloison verticale, partant du haut de la caisse et se prolon-

geant jusqu'à la partie inférieure, permet à l'eau de s'échapper par une ouverture latérale sans offrir d'issue à l'air emprisonné. Il est clair que si les ouvertures *o o* communiquaient avec un réservoir contenant de l'air, celui-ci serait raréfié, et atteindrait une pression limite qui serait mesurée par la hau-

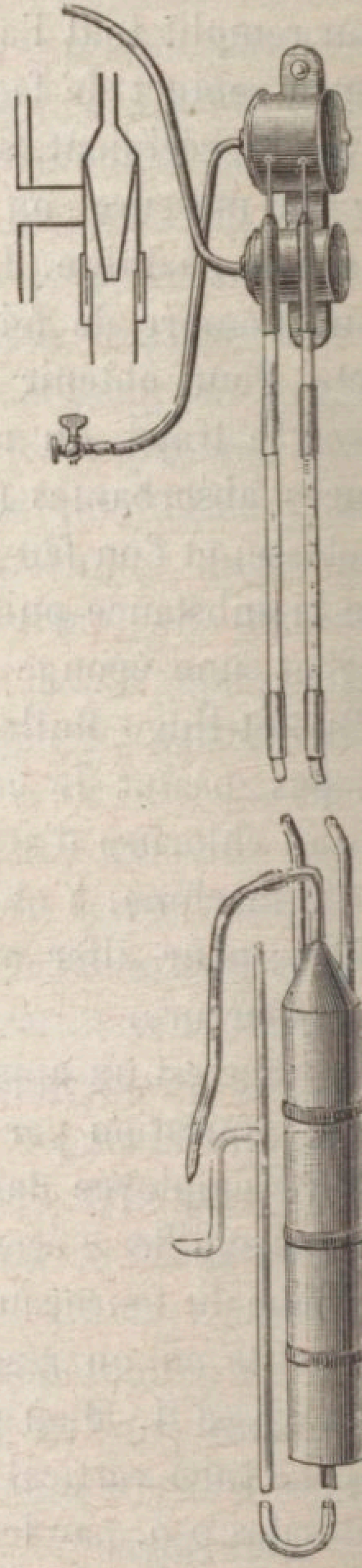


Fig. 77. — Trompe à eau de M. H. Sainte-Claire Deville.

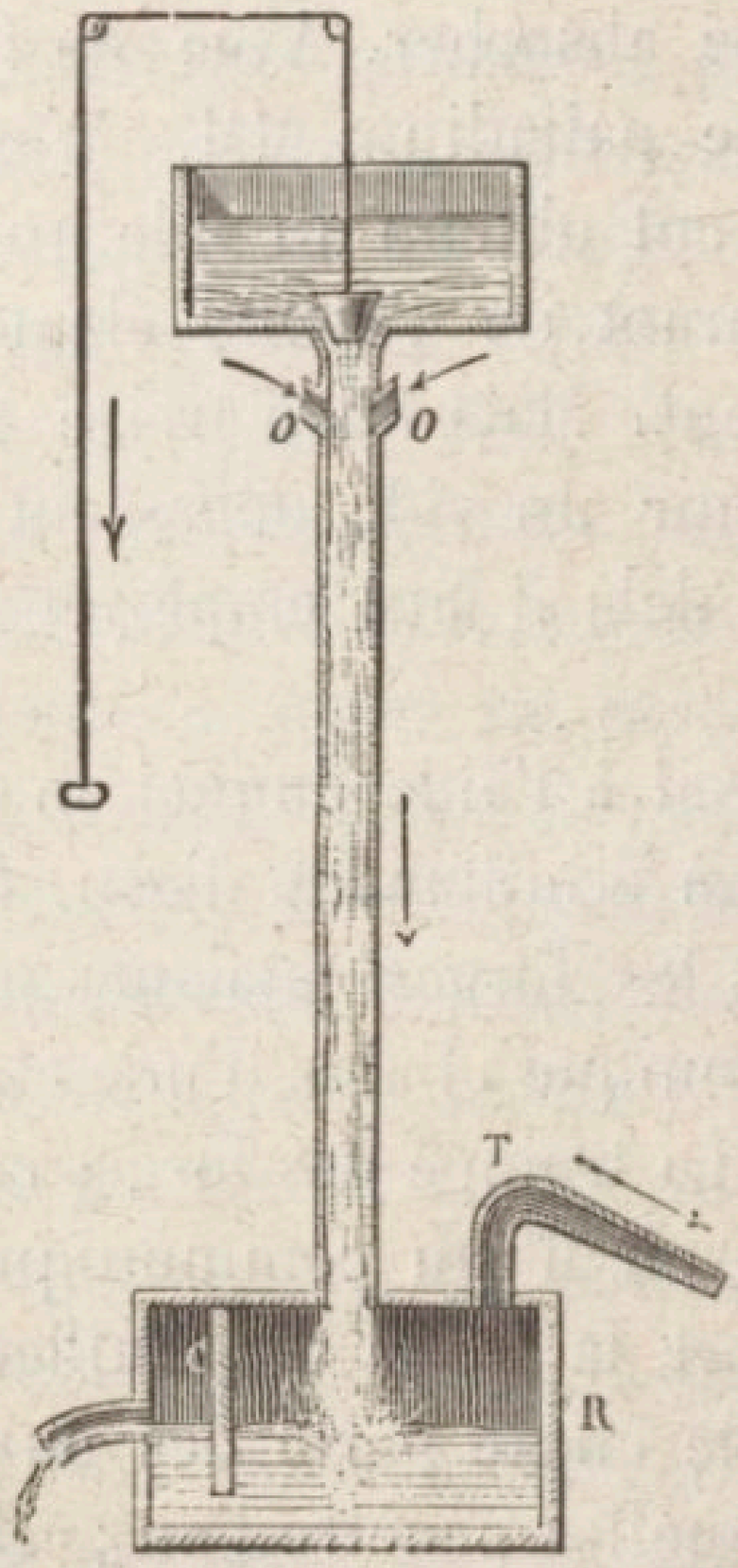


Fig. 76. — Trompe à eau des forges catalanes.

teur de la chute d'eau diminuée de la force élastique

de la vapeur d'eau au moment de l'expérience. On ne pourrait donc pas atteindre une pression inférieure à la tension de la vapeur d'eau au moment de l'expérience. M. Henri Sainte-Claire Deville applique ce principe à la construction d'un appareil de laboratoire (fig. 77) et depuis, un certain nombre de savants et de constructeurs, entre autres MM. Bunsen, Alvergniat ont modifié l'appareil primitif. La trompe d'Alvergniat se compose d'un réservoir cylindrique en verre, aux deux extrémités duquel sont soudés deux tubes coniques rentrants, dont les ouvertures sont placées en regard l'une de l'autre; ce réservoir cylindrique communique d'autre part avec le récipient dans lequel on puise l'air. Le robinet R qui communique avec la prise d'eau et le robinet R′ qui aboutit au récipient sont ajustés à l'aide de bandelettes de caoutchouc qui assurent une fermeture hermétique (fig. 78).

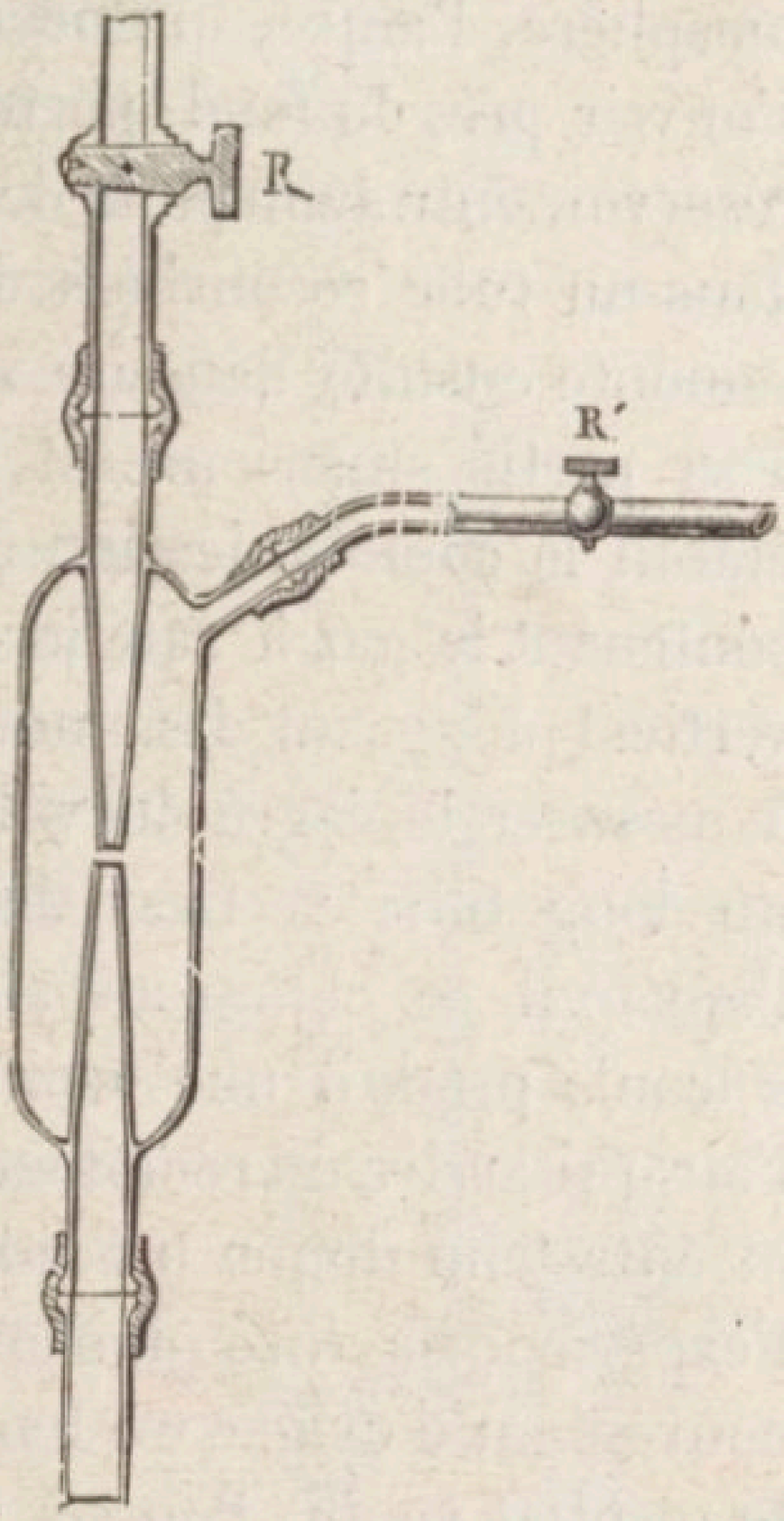


Fig. 78. — Trompe à eau de M. Alvergniat.

Si on remplace l'eau par le mercure sec et bien purgé d'air on peut pousser le vide plus loin en disposant d'une hauteur moindre, puisqu'une hauteur de chute de mercure supérieure à 76 centimètres peut

produire un vide complet. C'est ce qui a été réalisé en 1851 par M. Lallemand et plus tard par Sprengel qui a donné son nom à la trompe à mercure. Cette trompe modifiée par M. Henri Sainte-Claire Deville se composait d'un vase cylindrique en verre muni de deux tubes, l'un qui le fait communiquer avec l'atmosphère, l'autre, qui occupe l'axe du vase et vient s'ouvrir près du fond, porte à sa partie supérieure un réservoir entretenu plein de mercure. Ce liquide s'élève dans un tube recourbé à deux branches verticales et remonte ensuite dans un second tube vertical rétréci à sa partie supérieure et portant un renflement qui établit la communication d'une part avec le récipient contenant le gaz à raréfier, d'autre part avec un tube vertical plongeant dans une cuve à mercure et servant à mesurer le degré de vide; le mercure retombe par un long tube vertical dans une cuvette. Le jeu de l'appareil se comprend aisément : le mercure qui s'écoule produit une aspiration et entraîne avec lui l'air qui arrive du récipient. L'appareil mis en marche et entretenu donne un vide d'autant plus parfait que l'expérience a duré plus longtemps, mais il offre l'inconvénient d'exiger un temps assez long pour donner le résultat voulu. Pour y remédier M. Crookes a fait modifier l'appareil par M. Gimingham de Londres; le perfectionnement consiste en ce que le mercure s'écoulant par 3 ou 5 tubes de chute parallèles, la durée du temps nécessaire pour arriver à un certain degré de vide se trouve réduite.

Mais il ne suffit pas dans ces appareils de produire le vide. Il est utile, dans une expérience, de pouvoir évaluer la pression à laquelle on est arrivé; or

ces pressions étant très faibles, ne peuvent plus être évaluées directement en observant une différence de niveau inappréciable dans un manomètre.

Les expérimentateurs anglais, MM. Crookes, Warren de la Rue et Hugo Muller en particulier, emploient dans ce but un appareil nommé jauge de Mac Leod, présentée par son inventeur à la Société de physique de Londres le 13 juin 1874. Le principe de cet appareil est le suivant : la force élastique d'un gaz augmente en raison inverse de son volume. Si donc nous réduisons à un dixième, par exemple, de son volume une portion de gaz en communication avec la pompe à mercure dont la force élastique soit de un dixième de millimètre de mercure, la force élastique deviendra égale à un millimètre et sera mesurable. L'appareil, représenté ci-contre, se compose d'un long tube BH, en relation, par sa partie supérieure, d'une part, par le tube FF, avec le récipient contenant le gaz raréfié, d'autre part avec une partie BC renflée, terminée par

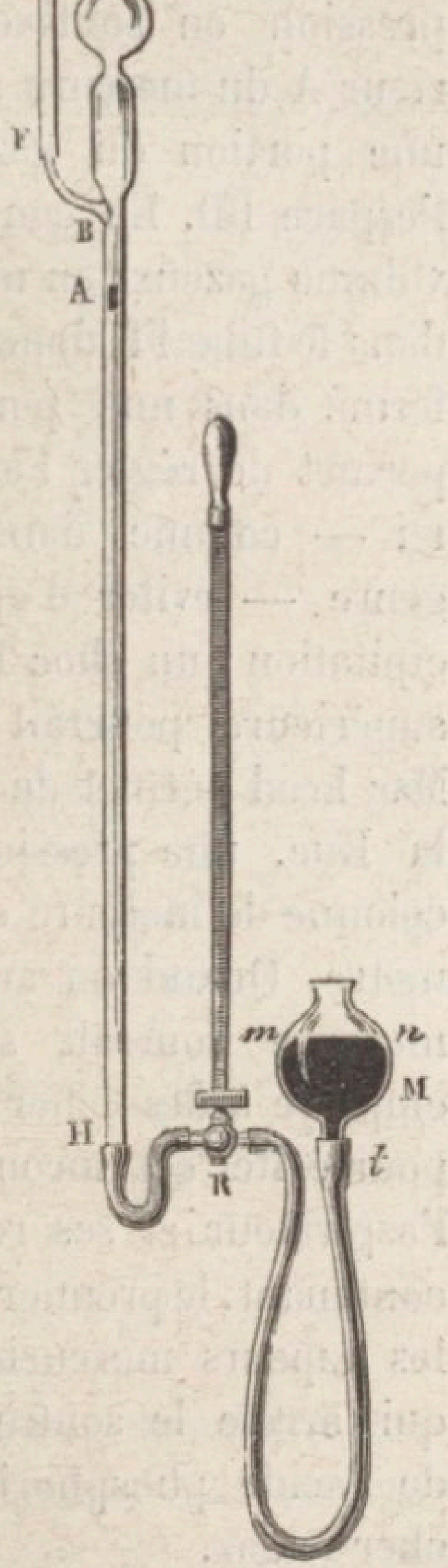


Fig. 79. — Jauge de M. Mac Leod.

un tube fermé C D, divisé en parties d'égale capacité; d'autre part, par sa partie inférieure, au moyen d'un tube de caoutchouc *t* à robinet R avec un réservoir M *mn* contenant du mercure (fig. 79). Pour évaluer la pression on soulève le réservoir M; le niveau supérieur A du mercure s'élève et, lorsqu'il arrive en B, une portion du gaz se trouve emprisonnée dans l'espace BD. En continuant à soulever on réduit le volume gazeux; en même temps le mercure qui s'élève dans le tube FF donne la force élastique du gaz renfermé dans une portion du tube CD. Le robinet R permet de régler l'ascension du mercure car on doit ici — comme dans tous les appareils du même genre — éviter d'opérer avec une trop grande précipitation; un choc brusque du mercure à la partie supérieure pourrait briser les tubes. La jauge de Mac Leod permet de mesurer, d'après M. Warren de la Rue, une pression qui ferait équilibre à une colonne de mercure de cinq cent millièmes de millimètre. Quand on arrive à un vide aussi parfait le mercure pourrait se vaporiser; l'acide sulfurique employé à dessécher émettrait également des vapeurs; pour éviter cet inconvénient M. Crookes place entre l'aspirateur et ses récipients trois tubes horizontaux contenant, le premier du soufre précipité qui absorbe les vapeurs mercurielles, le second du cuivre divisé qui arrête le soufre entraîné et enfin le troisième de l'acide phosphorique anhydre qui sert à dessécher le gaz.

En possession des appareils qui viennent d'être décrits, M. Crookes a soumis à l'action de la chaleur, de la lumière et de l'électricité, les gaz très raréfiés

et a été ainsi conduit à croire à l'existence d'un quatrième état de la matière, *l'état radiant*. Ses premières expériences furent publiées en 1874 et, poursuivies depuis, elles ont donné lieu à quelques phénomènes intéressants et inattendus.

Il a d'abord observé la répulsion des corps légers placés dans le vide sous l'influence de la lumière et de la chaleur.

Le premier appareil se composait d'un ballon *b c* en verre à long col terminé par un tube *t t'* servant à faire le vide; un levier très léger suspendu par un fil de cocon portait à ses extrémités des palettes *d e* de différentes substances. En approchant de l'une des palettes du levier une source de chaleur ou de lumière, on observait d'abord une attraction; puis en faisant le vide on voyait le levier s'arrêter d'abord pour être repoussé ensuite (fig. 80). La présence de différents gaz ou vapeurs ne modifient pas sensiblement les phénomènes, mais en opérant avec diverses substances on n'obtient pas les mêmes effets. Pour constater cela M. Crookes avait d'abord employé un tube horizontal dans lequel il avait suspendu deux leviers portant à leurs extrémités des disques de natures

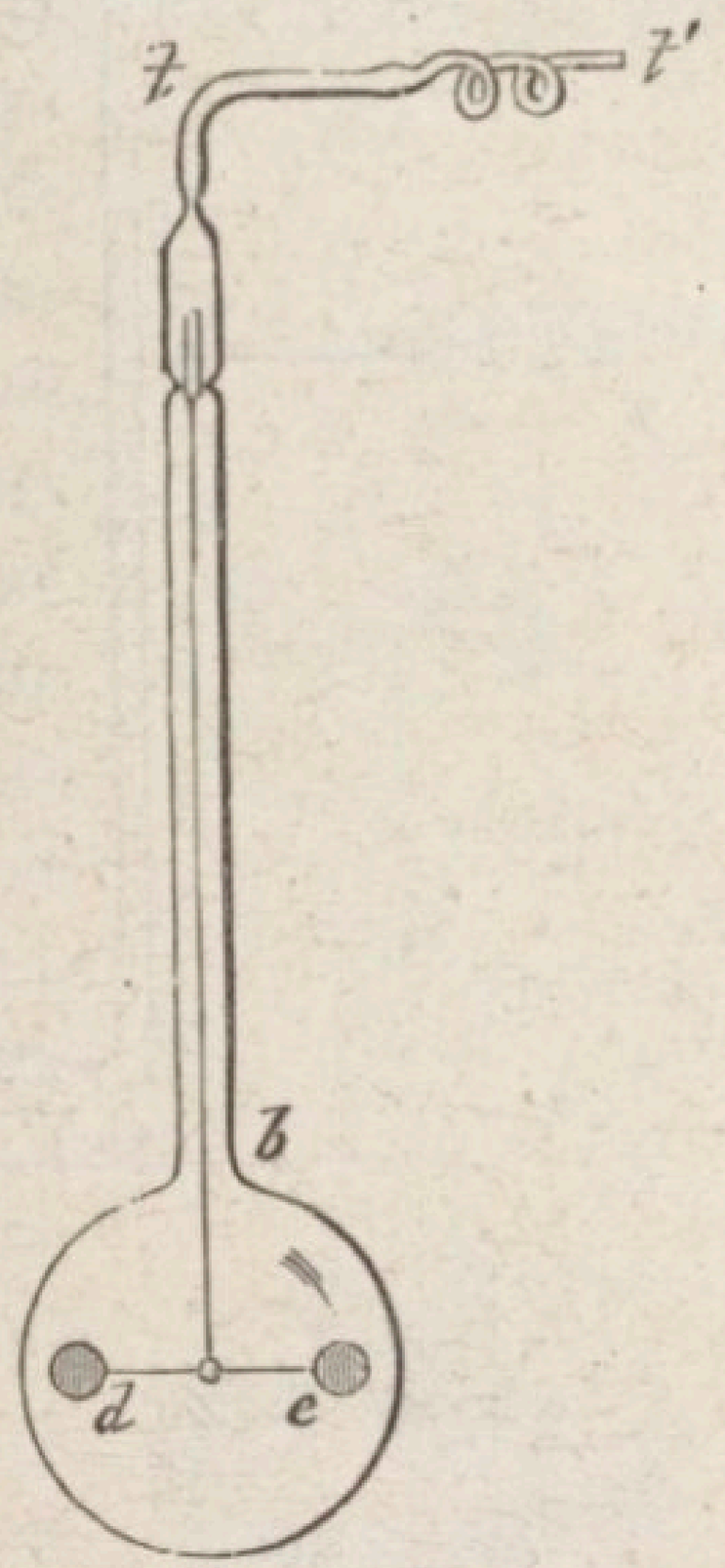


Fig. 80. — Répulsion des corps légers placés dans le vide.

diverses; plus tard il s'est servi d'un fléau très léger *f c* soutenu dans un tube horizontal par un fil de verre; à ce levier était suspendue une tige de verre verticale sur laquelle on collait au moyen de mastic les disques *a*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, *m* que l'on voulait essayer. Au centre du levier étaient un miroir *c n* servant à observer les déviations et un petit barreau aimanté qui ramenait vers une direction fixe le fléau mobile. Deux parois en glace mastiquées aux extrémités du tube vertical et du tube horizontal, pouvant être enlevées, permettaient de changer les disques et de modifier le contre poids *e* qui leur faisait équilibre (fig. 81). En avant du tube vertical était un mur percé d'ouvertures correspondant aux disques et au miroir. En plaçant une lampe successivement devant chacun des trous et interposant une couche d'eau, qui arrête la chaleur obscure, on voit que quelques substances sont plus déviées quand le fais-

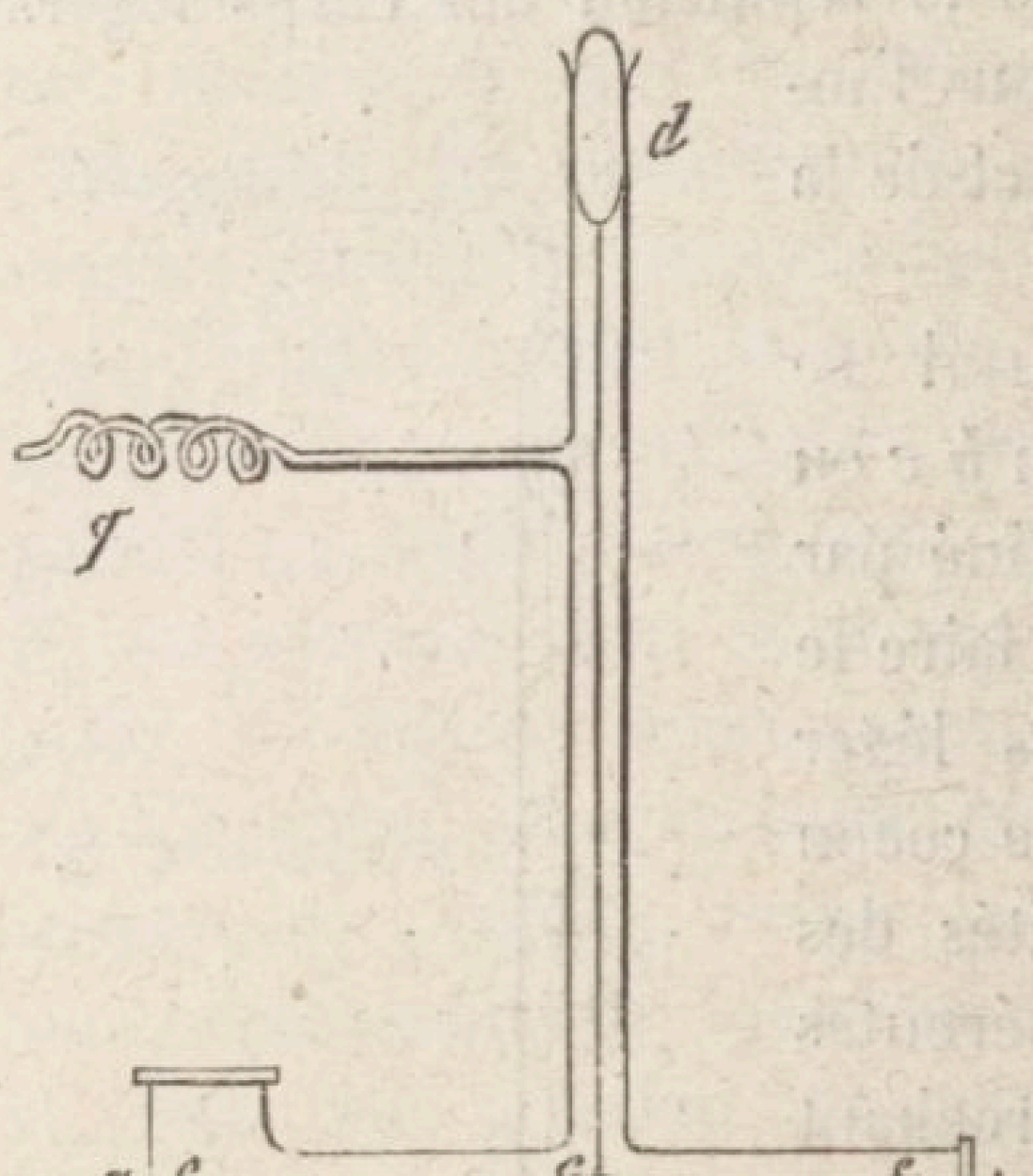


Fig. 81. — Action de la chaleur sur des disques de diverses substances.

ceau calorifique a traversé l'eau, d'autres au contraire le sont moins.

M. Crookes a donné à son appareil une forme sous laquelle il est plus connu et qui porte le nom de *radiomètre*.

Le plus simple des radiomètres se compose de quatre losanges de mica fixés verticalement aux quatre branches d'une croix en aluminium. Le centre de la croix porte une petite chape reposant sur une pointe d'acier; ce système est suspendu dans un vase en verre renflé où l'on a fait le vide : une disposition spéciale permet de renverser l'appareil sans que la croix abandonne le pivot; l'ouverture inférieure d'un tube en verre entoure la chape sans la toucher mais la retient dès que le vase est placé de côté ou renversé; ce tube porte le nom de tube de garde. Les palettes de mica sont enfumées sur une de leurs faces; si l'on expose cet appareil à l'action d'une lampe ou d'une bougie il prend un mouvement de rotation tel que la face enfumée s'éloigne de la source lumineuse (fig. 82).

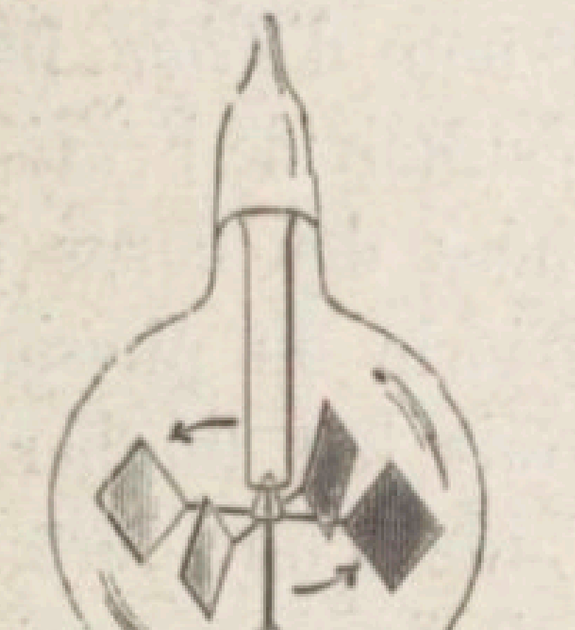


Fig. 82. — Radiomètre.

A l'époque où cet instrument fit son apparition il donna lieu à un grand nombre d'expériences en vue de découvrir la cause du mouvement. Tout d'abord on se demanda si le phénomène était dû à la lumière ou à la chaleur de la flamme à laquelle l'appareil

était soumis. On se rappelle une théorie célèbre de Newton, admise par les physiciens jusqu'au jour où Thomas Young, Fresnel et Arago ont montré qu'elle ne se prêtait pas à l'explication de tous les faits observés et qu'il fallait attribuer les phénomènes lumineux à des mouvements vibratoires d'un milieu infiniment subtil et très élastique remplissant tout l'espace et même le vide, fluide auquel on a donné le nom d'*éther*. Dans la théorie de Newton, la lumière résultait de l'*émission* de particules lumineuses détachées des corps incandescents. Pour justifier cette théorie un physicien du siècle dernier, de Mayran, avait fait tomber les rayons du soleil, concentrés à l'aide d'une forte lentille, sur un petit moulinet de métal soutenu par une très petite aiguille aimantée, et avait observé un mouvement de répulsion. Mark Watt avait publié, dans le journal philosophique d'Édimbourg, au commencement de ce siècle, des expériences sur les mouvements imprimés par l'action de la lumière et de la chaleur à des corps suspendus dans le vide. On pouvait déduire de là que la lumière exerçait une action mécanique directe sur les corps qu'elle frappe.

Un physicien allemand, C. Weinhold, a remarqué en opérant avec neuf radiomètres différents, que si la vitesse de rotation est la même quand on les soumet à une lumière vive elle n'est plus la même quand on les expose à une lumière faible; d'où il conclut que l'appareil ne peut pas être employé comme photomètre.

La cause du mouvement doit être attribuée à la chaleur : un radiomètre, placé devant les cendres

chaudes d'un foyer, plongé dans un vase rempli d'eau chaude, entouré d'un anneau de bronze chauffé à 400°, prend un mouvement de rotation, dont le sens varie suivant la position de la source de chaleur par rapport à l'équateur du vase de verre.

Dans le vide le mouvement des ailettes est favorisé par l'absence d'air ou de gaz qui oppose une résistance; mais l'appareil peut également fonctionner alors même qu'il renferme une certaine quantité d'air; quelques expériences viennent à l'appui de cette supposition. M. Kundt a disposé au-dessus des ailettes un disque horizontal en mica qui est entraîné par le moulinet; M. Crookes montrait l'influence de la viscosité de l'air en suspendant le moulinet à un fil de cocon; en faisant tourner le vase en l'absence de toute lumière, il observait que le moulinet était entraîné dans le même sens que l'enveloppe. M. Righi a observé, en faisant flotter un radiomètre sur l'eau, que le vase tourne en sens contraire du disque quand la vitesse du moulinet s'accélère, puis l'enveloppe s'arrête quand le moulinet a une vitesse constante et enfin le vase tourne dans le sens du moulinet quand la vitesse de rotation diminue, d'où il a cru devoir conclure que la cause du mouvement est intérieure au radiomètre. MM. Garbe et Bertin ont vérifié ces résultats en suspendant un radiomètre à l'aide d'un fil très fin dans une cloche où ils faisaient le vide. Si l'appareil est renversé de façon à ce que le moulinet devienne solidaire de l'enveloppe, on n'observe plus aucun mouvement, d'où l'on conclut que les actions qui s'exercent sur les ailettes et les parois du vase sont égales et directement opposées.

Quel que soit le degré de vide auquel on est arrivé, on peut toujours tenir compte de la présence du gaz très raréfié qui se trouve dans le radiomètre, et c'est dans les propriétés qu'acquiert ce gaz sous l'action de la chaleur qu'on a cherché la cause du mouvement du radiomètre. On sait quelle est la théorie admise pour expliquer l'état gazeux, que nous avons déjà exposée; en adoptant cette hypothèse sur la constitution des gaz, on est amené à supposer que les deux faces de la palette du radiomètre, n'ayant pas même pouvoir absorbant, s'échauffent inégalement et qu'au contact de la face la plus chaude le gaz éprouve une dilatation et par suite un accroissement de pression, qui agit sur la palette mais ne se transmet pas à toute la masse gazeuse contenue dans l'enveloppe, comme il adviendrait si le gaz était à la pression atmosphérique. Dans l'intérieur du radiomètre, les molécules chaudes, animées d'une grande vitesse, peuvent se mouvoir librement sans être limitées dans leur course, parce que le nombre des chocs avec les molécules voisines se trouve notablement réduit; la pression qui s'exerce sur les faces chaudes des palettes détermine leur mouvement de répulsion. Cette théorie, séduisante il est vrai, qui vient encore à l'appui de l'hypothèse sur la nature des gaz est aujourd'hui acceptée par les physiciens jusqu'au jour où de nouvelles expériences montreront s'il faut définitivement l'admettre ou la rejeter; les suppositions n'ont de valeur vraiment scientifique que le jour où un nombre suffisant de faits est venu les confirmer et que les nouvelles découvertes accomplies apportent chaque jour une nouvelle vérification.

Au point de vue scientifique, le *Radiomètre* est assurément fort remarquable; mais le public, à tort ou à raison, cherche toujours une utilité pratique. Jusqu'à présent les usages de cet appareil sont assez restreints. Comme appareil de démonstration, il peut servir de thermoscope destiné à prouver l'inégalité de température des diverses régions du spectre solaire. Il peut également être employé pour démontrer la production de froid par évaporation; si l'on vient à verser sur un radiomètre en mouvement une couche d'éther, le moulinet s'arrête d'abord pour prendre ensuite une rotation inverse de la précédente due à l'abaissement de température de la paroi pendant la réduction du liquide volatil en vapeurs.

Nous voyons donc, en résumé, que les gaz très raréfiés soumis à l'action de la chaleur manifestent des propriétés remarquables qui ont à juste titre attiré l'attention des savants et donné lieu à des travaux remarquables. Mais c'est surtout dans l'action de l'électricité que M. Crookes a été conduit à la découverte de faits nouveaux et imprévus qui l'ont amené à admettre ce quatrième état de la matière auquel il a été fait allusion au commencement de ce chapitre.

CHAPITRE II

Expériences de M. Crookes

Fluorescence dans les tubes de Geissler. — Remarque de M. Crookes. — Matière radiante. — Phosphorescence dans les tubes à vide. — La matière radiante se propage en ligne droite. — Ombre produite par la matière radiante. — Conclusion de M. Crookes sur la constitution de la matière.

Les expériences très remarquables, dont M. Crookes a rendu compte pour la première fois au congrès de Sheffield en 1879 et plus tard à Paris au commencement de l'année 1880, l'avaient amené à admettre un quatrième état de la matière. Les recherches de l'illustre savant anglais sur la matière très raréfiée devaient le conduire à étudier l'action de l'électricité sur les gaz soumis à de très faibles pressions.

Tout le monde connaît aujourd'hui ces tubes aux formes plus ou moins compliquées, renfermant certains gaz, à travers lesquels on fait passer le courant d'une bobine de Ruhmkorff. Ces appareils, nommés tubes de Geissler, s'éclairent à leur intérieur d'une lueur colorée dont la couleur varie avec la nature du gaz qui y est contenu. L'enveloppe ou certaines substances incolores exposées à la lumière de la décharge électrique peuvent s'illuminer d'une teinte opaline particulière; ce phénomène, connu sous le nom de *fluorescence*, se produit bien avec le verre d'urane, le sulfate de quinine et la décoction

d'écorce de marronniers d'Inde. Si l'on observe attentivement un tube de Geissler éclairé, on remarque que les deux extrémités ne présentent pas la même apparence. Ainsi que l'avait indiqué Faraday, si on dépasse une limite déterminée de vide, le fil négatif s'entoure d'une partie obscure. M. Crookes remarqua que cette partie obscure s'allonge d'autant plus que le vide est poussé plus loin. Tel a été le point de départ des expériences qui ont suivi. Il pensa que cet espace sombre est en rapport avec la course libre moyenne des molécules, qui va en augmentant à mesure que le nombre des molécules diminue, c'est-à-dire que la matière est plus raréfiée. « De même que l'esprit voit cette course libre s'accroître, de même les yeux voient l'espace sombre grandir; et si le vide est trop imparfait pour laisser aux molécules beaucoup de liberté avant qu'elles entrent en collision entre elles, le passage de l'électricité montre que l'espace sombre est réduit à des dimensions minimes. Il est assez naturel d'en conclure que l'espace sombre est la course libre moyenne des molécules du gaz rémanent; et cette conclusion est confirmée par l'expérience. »

Pour montrer cela M. Crookes avait disposé un tube portant à ses deux extrémités des fils de platine communiquant au pôle positif, et au milieu un disque relié au pôle négatif d'une bobine d'induction (fig. 83). Les molécules gazeuses, électrisées négativement au contact du disque, sont repoussées jusqu'à ce que rencontrant d'autres molécules elles entrent en collision avec elles, ce qui est indiqué par une bande lumineuse qui limite la partie sombre. En

poussant le vide plus loin on arrive à accroître la course libre moyenne des molécules, de telle sorte que chacune, d'elles parcourant le vase dans toute sa longueur, tout se passe comme si l'on opérait sur chaque molécule isolément ; c'est à cela que M. Crookes donne le nom de *matière radiante*. Adoptons pour le moment cette expression, sauf à voir s'il y a lieu d'admettre ce quatrième état de la matière, et voyons

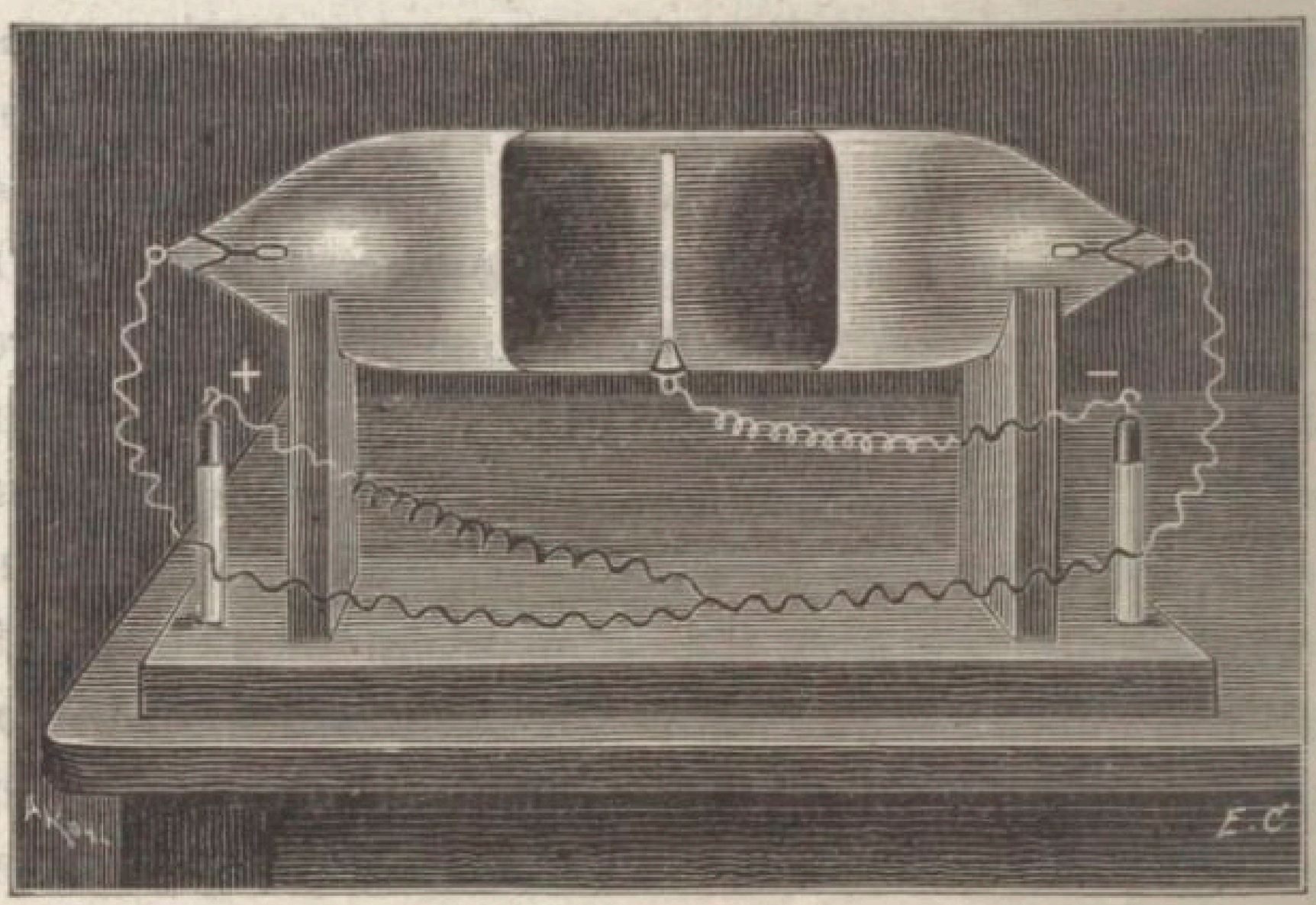


Fig. 83. — Espace obscur entourant le pôle négatif dans un tube à vide

quelles sont les nouvelles propriétés qui se manifestent.

L'un des phénomènes les plus remarquables est la phosphorescence énergique que détermine la matière radiante partout où elle frappe. La phosphorescence est, comme on sait, la propriété que possèdent certaines substances de luire dans l'obscurité, pendant un temps plus ou moins long, quand elles ont éprouvé l'action de la lumière ou qu'elle sont

soumises à certaines actions. C'est au commencement du seizième siècle, nous apprend Becquerel, qu'il a été fait allusion pour la première fois à cette propriété dans un ouvrage de l'illustre bijoutier sculpteur Benvenuto Cellini. Étudiée par plusieurs physiciens, Dufay, Beccaria, Dessaignes et surtout Becquerel, elle a été attribuée par ce dernier à la recombinaison des électricités qui se dégagent de ces substances.

La phosphorescence peut se produire par une élévation de température; certaines substances minérales, des pierres précieuses, des coquilles d'huitres, de la farine ou du papier bien secs, projetés sur une plaque chaude, deviennent lumineux et cessent de l'être quand on élève la température.

D'autres corps, le sucre, la porcelaine, répandent des lueurs dans l'obscurité quand on frotte deux fragments l'un contre l'autre; sous le choc du marteau, la craie, le soufre en fleur, le sulfate de magnésie dessséché et un certain nombre d'autres substances émettent une lueur assez vive.

Exposées à une lumière très vive, celle du soleil ou d'un fil de magnésium brûlant dans l'air, quelques poudres deviennent phosphorescentes et conservent pendant longtemps une clarté assez vive; on peut citer en particulier certains sulfures, ceux de calcium et de baryum préparés par des procédés spéciaux. On a cherché dans ces dernières années à tirer partie de cette propriété, en plaçant ces poudres phosphorescentes sous des plaques de verre, portant des dessins ou numéros peints en noir qui, dans l'obscurité, peuvent se détacher sur un fond blanc; on

obtient ainsi des plaques indicatrices de rue ou de maison et des cadrans lumineux dans l'obscurité.

Mais c'est surtout sous l'influence des décharges électriques que le phénomène peut se manifester. En plaçant dans un tube horizontal, contenant un gaz raréfié, une certaine quantité de sulfure de calcium et faisant passer la décharge électrique, on voit la surface s'illuminer d'une vive lueur qui persiste après que la décharge électrique a cessé de traverser le tube. Le gaz qui remplit le tube devient également phosphorescent, ainsi que l'avait observé Geissler en construisant ses tubes ; on avait cru que cette action était due à la présence de l'oxygène. Morren, doyen de la faculté des sciences de Marseille, fit connaître en 1865 les recherches qu'il avait faites à ce sujet et remarqua que la lueur qui se produisait dans les tubes était d'un blanc laiteux différent des autres lueurs phosphorescentes. Cette teinte blanche ne se produit pas au pôle négatif mais elle est très abondante au pôle opposé, surtout si l'on fait passer le courant pendant très longtemps. Il a cru devoir attribuer ce phénomène aux réactions chimiques, qui se produisent dans les tubes à vide, et il a vu notamment qu'en opérant avec un mélange d'oxygène d'azote et d'acide sulfurique on obtient une phosphorescence très intense.

Dans les tubes à vide de M. Crookes la *matière radiante* rencontrant une substance solide produit des phénomènes de phosphorescence très remarquables. Trois tubes en forme de boule s'illuminent sous l'influence de la décharge qui les traverse, le verre d'urane donnant une belle couleur vert foncé, le verre anglais

une couleur bleue ; le verre d'Allemagne une coloration vert pomme. Les substances phosphorescentes donnent une lumière plus vive dans le vide que dans l'air : « La phénakite (aluminate de glucinium), minéral fort rare, a une phosphorescence bleue ; le spodumène (silicate d'aluminium et de lithium) donne une lumière phosphorescente d'un beau jaune d'or ; l'émeraude émet une lumière cramoisie. Mais de toutes les substances celle qui a la phosphorescence la plus vive est le diamant. » Dans le vide un diamant, monté sur un support dans un globe de verre et soumis à un courant moléculaire dirigé de bas en haut, donne une lumière phosphorescente verte dont l'éclat est comparable à celui d'une bougie. Des fragments de rubis placés dans un tube Geissler donnent une belle lueur rouge, quelle que soit la nuance des rubis employés, résultat qui confirme des expériences de M. Edmond Becquerel sur la phosphorescence de l'alumine, substance dont se composent les rubis.

La pression la plus convenable pour la production des phénomènes que nous venons de citer est, d'après M. Crookes, égale au millionième de la hauteur barométrique ; dans un tube où le vide est complet, ainsi que cela résulte des expériences de Morgan et de Hittorf, l'étincelle électrique ne peut plus passer.

Pour expliquer ces phénomènes certains physiciens qui n'admettent pas la *matière radiante* les rapprochent d'autres faits que l'on observe dans les tubes à vide. Dans l'arc voltaïque qui jaillit entre deux charbons il y a transport de parcelles incandescentes du pôle positif au pôle négatif ; quand une étincelle don-

née par une machine à haute tension, jaillit d'un métal à un autre, le métal relié au pôle positif est transporté par la décharge électrique, et on a déduit de là un moyen de déposer des métaux sur le verre. Si au contraire on pose sur l'électrode négative d'un tube à gaz raréfié des parcelles de substances conduisant l'électricité, il y a transport du pôle négatif vers le pôle positif; MM. Spottiswoode et Moulton, dans un travail sur la décharge électrique dans les gaz raréfiés, rapportent la phosphorescence à un transport des molécules d'air en contact avec la lame négative. Les mêmes auteurs admettent que les phénomènes peuvent se produire aussi dans un tube ou le vide n'est pas poussé très loin. Mais alors le gaz du tube s'oppose au passage des courants moléculaires et la distance à laquelle on peut obtenir la phosphorescence va en diminuant à mesure que la pression augmente. On montre ceci en prenant un large tube dans lequel on fait le vide et dans ce tube on place un cylindre creux de verre ; l'un des fils de platine est relié à une boule électrisée positivement et une petite lame d'étain électrisée négativement est appliquée sur la surface extérieure en regard du cylindre de verre ; on détermine ainsi le point du tube où la phosphorescence commence et par suite la distance à laquelle elle peut se manifester pour une certaine pression (fig. 84). D'autres expériences qui tendent à réfuter les explications de M. Crookes amènent les auteurs à cette conclusion : « Quoique pour nous la phosphorescence n'ait pas un caractère aussi exceptionnel que celui qu'on a voulu lui donner, elle n'en conserve pas moins son importance comme phéno-

mène caractéristique de la décharge électrique ; mais cette importance tient à ce qu'elle se manifeste d'au-

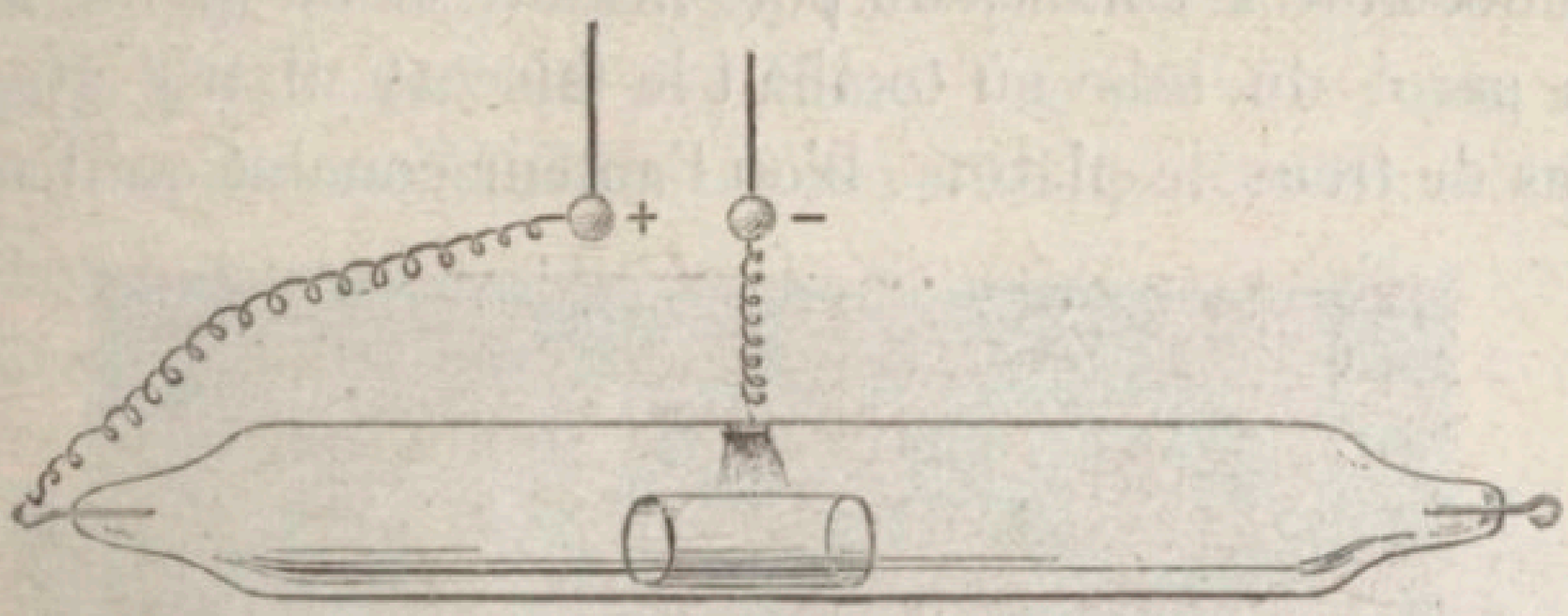


Fig. 84. — Tube disposé pour déterminer la distance à laquelle se manifeste la phosphorescence.

tant mieux que le vide est plus parfait, sans être cependant spéciale à un degré de vide déterminé, et qu'elle devient le seul phénomène visible de la décharge dans les vides extrêmes quand les autres caractéristiques de la décharge (luminosité positive, etc.) ont disparu. Sous un rapport même les indications que donne sa phosphorescence sont mieux définies que celles fournies par les autres phénomènes lumineux, parce qu'elle annonce toujours l'existence d'une décharge négative ; si nous parvenons donc à reconnaître la direction des courants moléculaires, elle permettra de préciser la position de la source de cette décharge. »

M. Crookes a cherché à établir par l'expérience les causes de ce courant moléculaire ; il a reconnu qu'il n'était pas dû à des parcelles émanées du pôle négatif. Il avait pris pour cela une boule de verre dans laquelle l'électrode négative était formée par une lame de platine et il faisait passer le courant d'induction jusqu'à ce que la boule fût obscurcie par un dépôt de

platine pulvérulent. Une plaque de mica percée d'une ouverture laissait passer un faisceau de ces rayons moléculaires émanés du pôle négatif et au point de la paroi du tube où tombait le faisceau il n'y avait pas de trace de platine. D'où l'auteur conclut qu'il ne

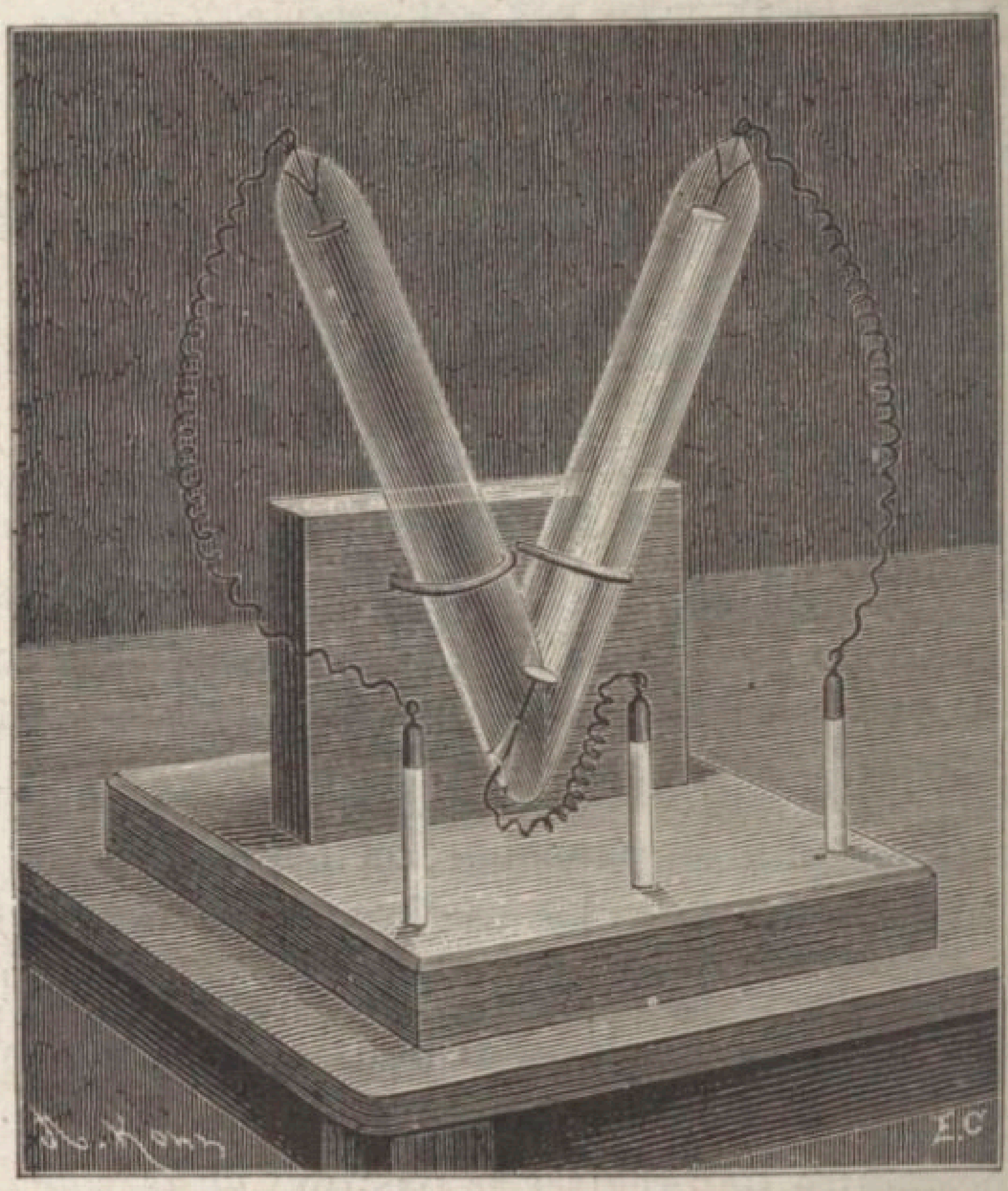


Fig. 85. — Propagation rectiligne de la matière radiante.

faut pas attribuer le phénomène à des parcelles détachées du pôle négatif.

Une des propriétés les plus remarquables de la *matière radiante* est de se propager en ligne droite comme la lumière et de suivre dans sa propagation la direction d'un faisceau lumineux qui, partant du pôle négatif, serait normal à la surface de la lame par

laquelle arrive l'électricité négative. Si l'on prend un tube en forme de V portant à ses deux extrémités deux lames de platine formant les électrodes positives et qu'à la jonction des deux branches soit une lame de platine perpendiculaire à l'axe de l'une des branches, on voit, comme le montre la figure 85, que cette dernière branche seule est illuminée. Dans un tube de

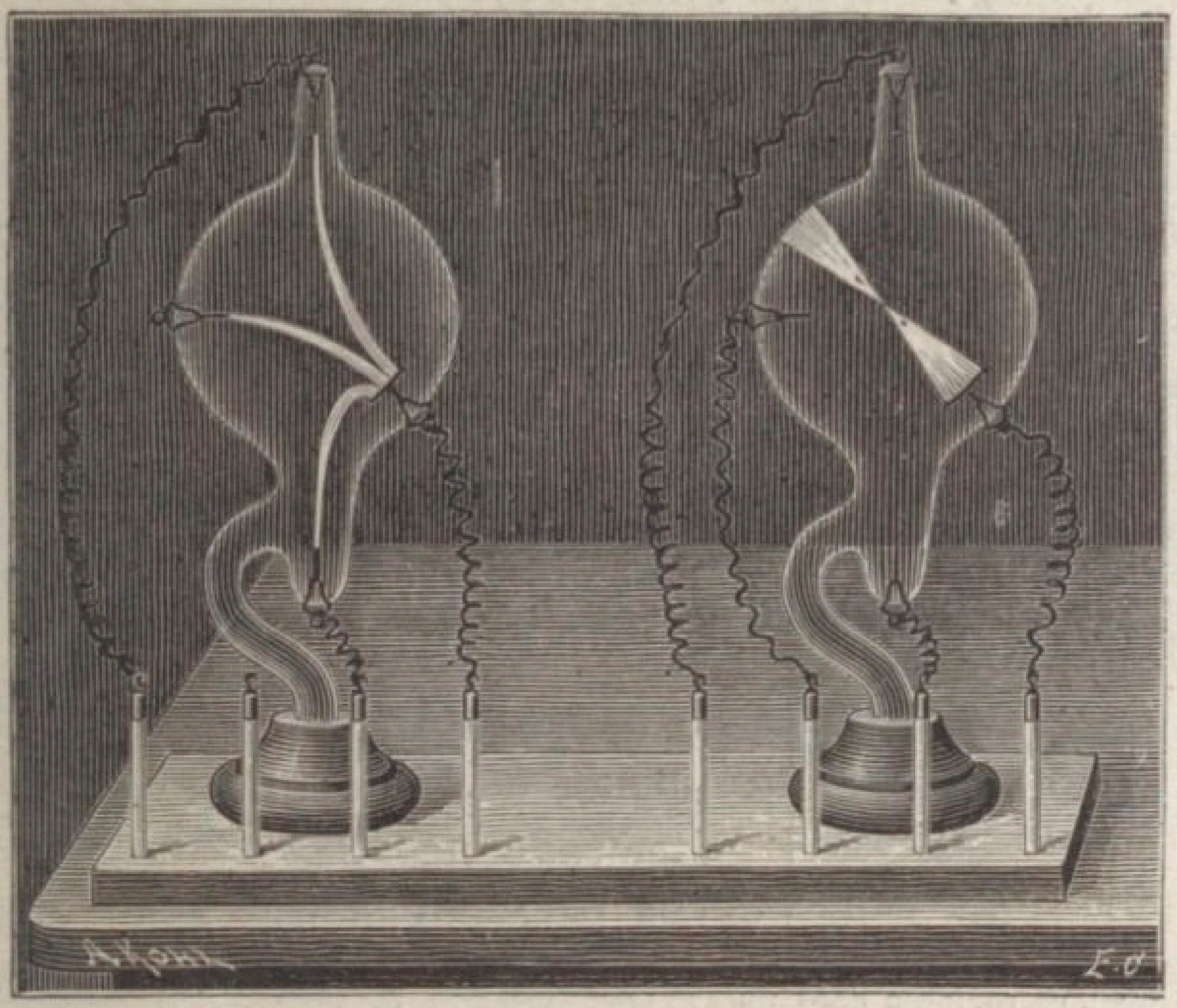


Fig. 86. — Forme de la décharge électrique dans un gaz raréfié et dans un tube à vide.

Geissler, où le vide n'est pas poussé très loin, la décharge électrique suit tous les replis du tube et dans les parties les plus étroites forme des couches alternativement brillantes et obscures auxquelles on donne le nom de stratifications. Le gaz étant plus raréfié il arrive un moment où la lueur que l'on observe se propage en ligne droite et va frapper la surface de verre

opposée mais ne rejoint pas l'électrode communiquant avec l'autre pôle.

La figure 86 rend suffisamment compte des effets observés; le ballon porte différents fils de platine que l'on relie au pôle positif P et une petite calotte sphérique qu'on attache au fil négatif N de la bobine. Si le vide n'est pas complet les faisceaux lumineux se recourbent pour se diriger vers les fils positifs (partie gauche de la figure); avec un vide atteignant un millionième d'atmosphère le faisceau se propage normalement à la lame négative et forme sur la paroi opposée une tache lumineuse phosphorescente (partie droite de la figure).

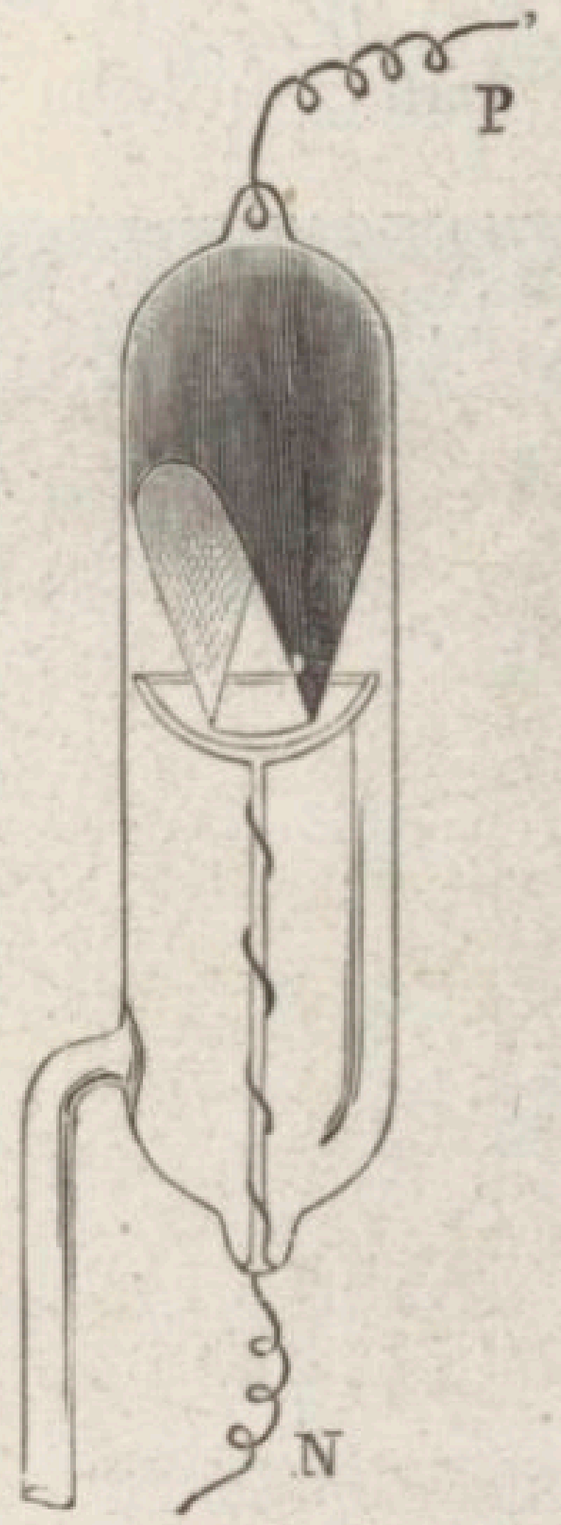


Fig. 87. — Marche de la matière radiante dans un tube à vide muni d'une lame cylindrique.

La figure 87 montre le même phénomène produit avec une électrode négative cylindrique. Les faisceaux, après avoir convergé en un point, s'étalent sur les parois et forment une belle surface verte phosphorescente.

Interceptée par une substance solide la matière radiante donne une ombre, c'est ce qu'on observe avec un tube dans lequel se trouve un petit écran en forme de croix; le tube a la forme d'une poire et dans la partie large on place la croix, on voit se faire sur la paroi au delà de cette croix une ombre assez intense. On a observé également, en faisant

tomber cet écran, qui est mobile à charnière, que la partie du tube, primitivement recouverte par l'ombre, devient phosphorescente; la partie qui se trouvait au contraire soumise au courant moléculaire, reste maintenant opaque et forme un fond, relativement sombre, sur lequel se détache une image phosphorescente.

Les effets mécaniques et calorifiques de la matière radiante donnent lieu aussi à des expériences inté-

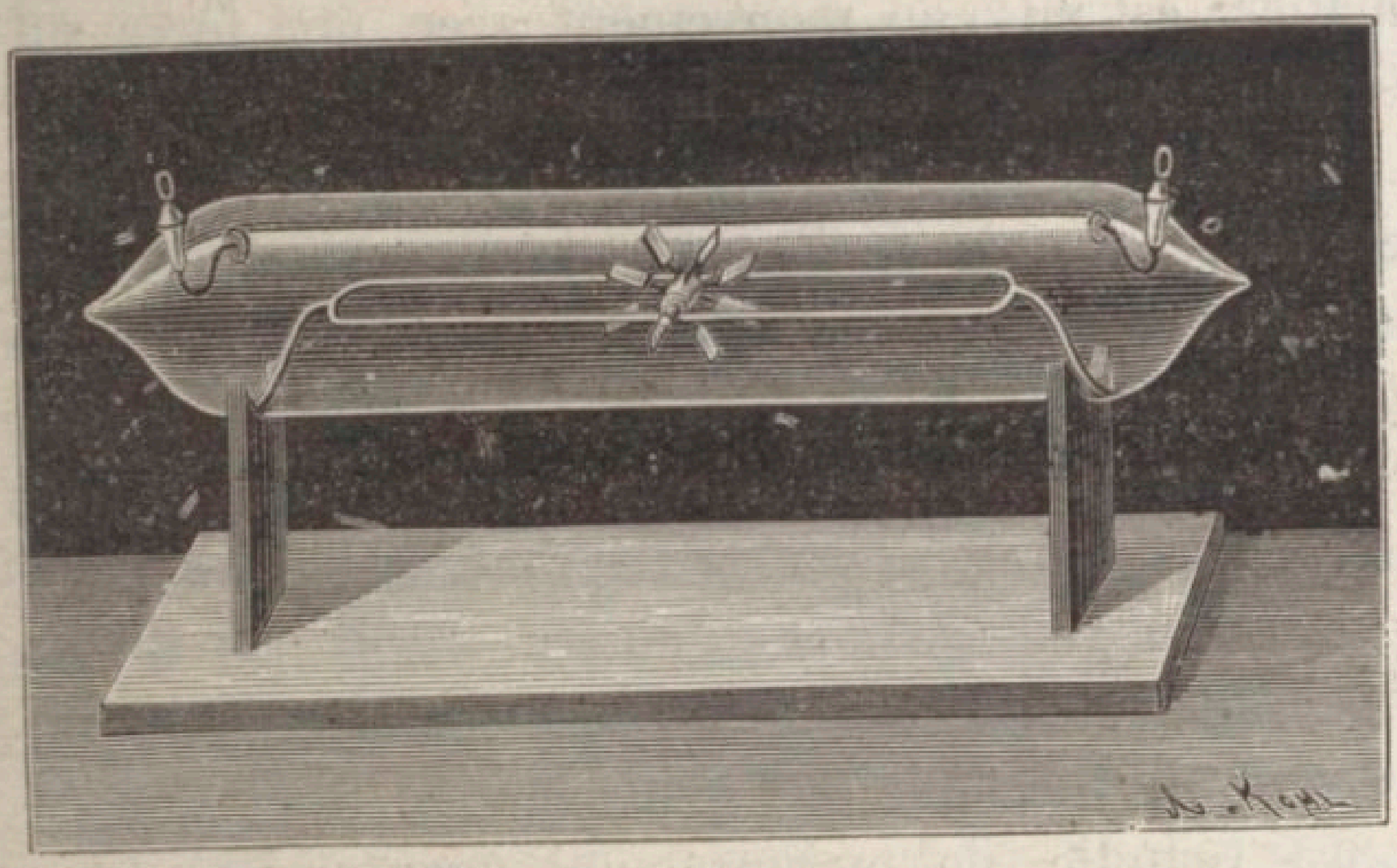


Fig. 88. — Action mécanique de la matière radiante.

ressantes que M. Crookes a pu réaliser avec le concours d'un habile constructeur et souffleur de verre, M. Gimingham. Dans un tube de verre se trouvent placées deux tiges de verre parallèles et horizontales sur lesquelles peut rouler un petit moulinet à ailettes (fig. 88). Quand la décharge électrique passe le moulinet se trouve animé d'un mouvement de rotation, comme s'il était poussé par un vent émanant du pôle négatif. En rendant à volonté négative l'une ou l'autre des extrémités du tube, on peut faire mar-

cher le moulinet dans un sens ou dans l'autre. La réaction, qui s'exerce sur le pôle négatif, pourrait entraîner celui-ci s'il était mobile; c'est ce qu'on a montré en employant un radiomètre dont les ailettes communiquent avec le pôle négatif, il prend alors un mouvement de rotation. Chaque ailette semble s'éloigner du pôle positif; le même phénomène se produit si, au-dessous du moulinet, on met un fil de platine chauffé au rouge, d'où l'auteur conclut que la matière est mise en mouvement avec une force suffisante pour faire tourner les ailettes.

Un fil métallique, traversé par un courant électrique, est attiré ou repoussé par un aimant, et, s'il est assujetti à se mouvoir autour d'un axe, il pourra prendre un mouvement de rotation dont la théorie indique le sens, ce que confirment quelques expériences de cours très intéressantes. La roue de Barlow, composée d'une roue à dents en cuivre, reçoit, par un axe horizontal autour duquel elle peut tourner, le courant d'une pile ; une des dents plonge dans une rainure remplie de mercure qui communique avec l'autre pôle de la pile; si on place à côté de cette roue un aimant en fer à cheval, elle prend un mouvement de rotation. M. Antoine Bréguet, dans un travail sur les machines magnéto-électriques, met encore en évidence cette action des aimants à l'aide de plusieurs appareils dont voici le plus simple : un fil deux fois recourbé à branches verticales, suspendu par son milieu sur un pivot OX, plonge par ses deux extrémités dans une boîte cylindrique pleine de mercure séparée en deux compartiments par une cloison de caoutchouc durci CC' (ébonite). Chacune des

portions de la boîte aboutit à un pôle de la pile et un aimant en fer à cheval NS est posé horizontalement sur la table, qui sert de support à ce système, de telle sorte que la cloison soit perpendiculaire à la ligne qui joint les extrémités. Le petit équipage tourne sous l'action de l'aimant et pour l'empêcher de trébucher on a suspendu aux extrémités des fils de petits appendices qui se soulèvent chaque fois qu'ils franchissent la cloison (fig. 89).

L'arc voltaïque, qui jaillit entre deux cônes de char-

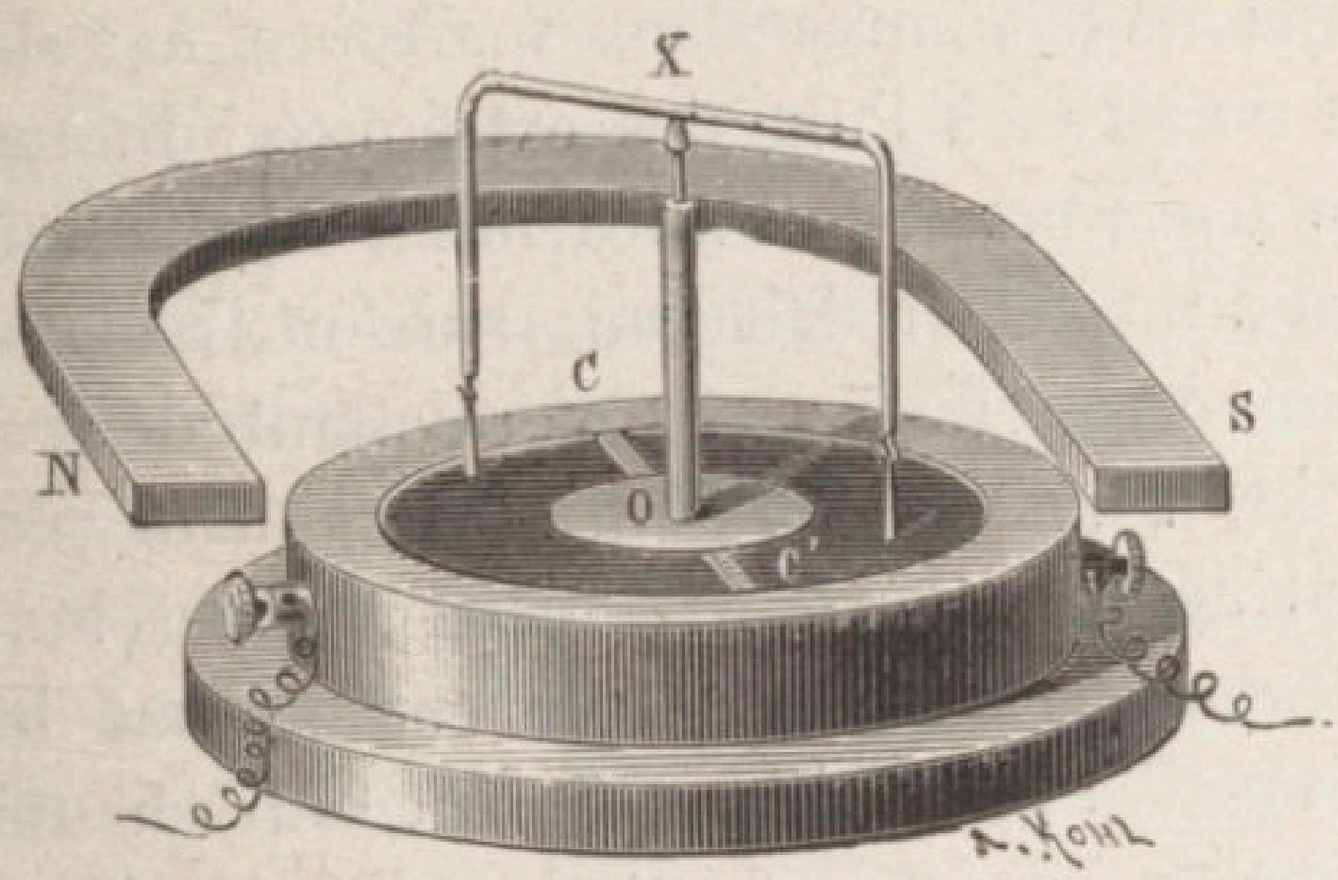


Fig. 89. — Appareil de M. Antoine Bréguet pour montrer l'action d'un aimant sur un courant.

bon, est influencé par un fort aimant, ainsi que le prouvent des expériences de M. Quet et s'étale en formant une nappe allongée comparable au dard du chalumeau. L'étincelle qui se produit entre les deux extrémités du fil induit d'une bobine d'induction se compose de deux parties, un trait de feu instantané et une nappe lumineuse qui entoure l'étincelle; sous l'action d'un fort aimant cette dernière est étalée comme l'arc voltaïque. Dans un tube à gaz raréfié le trait de feu disparaît et on obtient un effluve

lumineuse sur laquelle agit un fort aimant. M. de la Rive a montré que si l'aimant occupe l'axe du tube et si la décharge électrique est assujettie à aller de l'une à l'autre des extrémités de l'aimant, l'arc lumineux tourne autour du barreau aimanté. L'arc voltaïque, la nappe lumineuse qui jaillit dans un gaz raréfié, forment des conducteurs flexibles qui se déforment par suite des actions qui les sollicitent. M. Crookes, partant de ces faits, a été amené à rechercher quelle action un aimant pourrait exercer sur les courants moléculaires dans ses tubes à vide. Dans ce but il a placé à l'une des extrémités du tube une plaque transversale en mica munie d'une ouverture servant à limiter un faisceau; suivant l'axe était disposé un écran fluorescent permettant de suivre la trace de la matière radiante. Un aimant placé au-dessous du tube fait dévier cette traînée lumineuse en l'attirant, et celle-ci ondule comme une baguette flexible quand on déplace l'aimant. En chauffant un fragment de potasse renfermé dans le tube, M. Crookes diminuait le degré de vide; le milieu, dans lequel se propagent les molécules lancées du pôle négatif devenant plus résistant, leur vitesse est diminuée, et l'on voit alors la trajectoire se courber et se rapprocher de l'aimant. Quand d'un tube de Geissler on approche un fort barreau aimanté, la nappe lumineuse se rapproche du tube en regard du barreau, et au delà reprend sa direction primitive pour atteindre l'autre extrémité; avec les tubes à vide parfait il n'en est pas de même, et l'auteur de ces expériences insiste sur cette différence capitale entre les deux effets observés.

Dans les conférences publiques l'action de l'aimant était montrée à l'aide d'un appareil très ingénieux construit par M. Gimingham. Une petite roue verticale en mica, munie de palettes, est suspendue dans un tube, et au moyen d'un écran ou *cache* à la roue le pôle négatif formé d'une calotte sphérique. Un aimant faisant dévier le courant moléculaire, soit au-dessus, soit au-dessous de l'écran, la roue prenait un mouvement de rotation dont l'observation était facilitée à l'aide d'une spirale noire dessinée sur le disque de la roue; l'appareil était montré aux auditeurs par projection à la lumière électrique.

En produisant deux faisceaux parallèles dans un même tube on obtient une répulsion réciproque, d'où l'on conclut que la *matière radiante* n'est due qu'à un transport de molécules électrisées négativement du pôle négatif vers le pôle positif, et ne peut pas être assimilée à un courant électrique.

La matière radiante gênée dans son mouvement dégage de la chaleur; une coupelle servant de pôle négatif envoie un faisceau convergent de matière radiante en un point situé sur l'axe du tube; à l'aide d'un électro-aimant on déplace le foyer de façon qu'il se forme sur la paroi préalablement enduite d'une couche de cire; cette substance fond et à son tour le verre se ramollit, est refoulé par la pression atmosphérique et finalement percé d'un trou; à ce moment toute lumière disparaît, l'expérience est terminée. En faisant converger le faisceau sur un petit morceau de platine iridié, placé au centre d'un globe, on peut amener le métal au rouge blanc et obtenir la fusion.

Les conclusions que l'auteur a tirées de ces expé-

riences ont été formulées à deux reprises ; nous reproduisons textuellement la fin de la conférence de M. Crookes où se trouvent énoncés des nombres que l'imagination a peine à concevoir.

« On m'objectera peut-être qu'il y a presque de l'inconséquence à attacher une importance particulière à la présence de la *matière*, après m'être donné une peine extrême pour faire disparaître des boules et des tubes de verre autant de matière que possible et avoir si bien réussi qu'il n'y reste plus guère qu'un millionième d'atmosphère. Sous pression ordinaire, l'atmosphère n'a déjà pas une densité considérable, et la reconnaissance de sa matérialité ne date que des temps modernes. Il semblerait qu'en divisant sa densité par un million, il doive rester dans nos tubes une quantité de matière si faible, qu'elle est parfaitement négligeable et que nous sommes en droit de donner le nom de *vide* à l'espace d'où l'air a été ainsi presque absolument retiré. Mais ce serait là une erreur grave, qui vient de ce que nos facultés bornées ne saisissent pas bien les nombres très élevés. On admet généralement qu'un nombre divisé par un million donne nécessairement un quotient assez faible, tandis qu'il peut arriver que le dividende soit assez fort pour que la division par un million ne paraisse faire sur lui qu'une assez faible impression. D'après les meilleures autorités, un ballon de verre d'environ 13 centimètres de diamètre, comme ceux dont nous nous servons, contient plus d'un septillion— 1 000 000 000 000 000 000 000 000 — or si nous y faisons le vide à un millionième d'atmosphère, le ballon contiendra encore un quintillion de molécules,

nombre bien suffisant pour m'autoriser à donner le nom de *matière* au gaz restant dans le ballon.

« Pour donner une idée de ce nombre énorme, je prends le ballon dans lequel j'ai fait le vide, et je le perce avec l'étincelle de la bobine d'induction. Cette étincelle produit une ouverture tout à fait microscopique, mais qui est pourtant assez grande pour permettre aux molécules gazeuses de pénétrer dans le ballon et de détruire le vide. L'air, qui se précipite au dedans, vient frapper sur les palettes de la petite roue et la fait tourner comme celle d'un moulin à vent. Supposons que la petitesse des molécules soit telle qu'il en entre dans le ballon cent millions par seconde. Combien de temps croit-on qu'il faille dans ces conditions pour que le petit récipient se remplisse d'air? Sera-ce une heure, un jour, une année, un siècle? Il faudra presque une éternité, un temps si énorme que l'imagination elle-même est impuissante à le bien concevoir. Si l'on suppose qu'on ait fait le vide dans un ballon de verre de cette grosseur, rendu indestructible, et que ce ballon ait été percé lors de la création du système solaire; si l'on suppose que ce ballon existât à l'époque où la terre était informe et sans habitants; si l'on suppose qu'il ait été témoin de tous les changements merveilleux qui se sont produits pendant toute la durée des temps géologiques, qu'il ait vu apparaître le premier être vivant, et qu'il doive voir disparaître le dernier homme; si l'on suppose qu'il doive durer assez pour voir s'accomplir la prédiction des mathématiciens d'après laquelle le soleil, source de toute énergie sur la terre, doit n'être plus qu'une cendre inerte quatre millions de

siècles après sa formation ; si l'on suppose tout cela avec la vitesse d'entrée que nous avons admise pour l'air, vitesse égale à 100 000 000 de molécules par seconde, ce petit ballon aura à peine reçu un septillion de molécules.

« Mais que dira-t-on si j'ajoute que ce septillion de molécules va entrer par ce trou microscopique avant que cette conférence soit terminée? Les dimensions de l'ouverture restent les mêmes, ainsi que le nombre des molécules, ce paradoxe apparent ne peut s'expliquer que si l'on suppose les molécules réduites à des dimensions infiniment petites, de manière à entrer dans ce ballon non plus avec une vitesse de 100 millions par seconde, mais bien avec celle d'environ 300 quintillions par seconde. J'ai fait le calcul ; mais quand des nombres sont si considérables ils cessent d'avoir un sens pour nous, et ces calculs sont aussi inutiles que s'il s'agissait de compter les gouttes d'eau contenues dans l'Océan.

« Dans l'étude de ce quatrième état de la matière il semble que nous ayons saisi et soumis à notre pouvoir les petits atomes indivisibles, qu'il y a de bonnes raisons de considérer comme formant la base physique de l'univers. Nous avons vu que par quelques-unes de ses propriétés la matière radiante est aussi matérielle que la table placée ici devant moi, tandis que par d'autres propriétés elle présente presque le caractère d'une force de radiation. Nous avons donc en réalité atteint la limite sur laquelle la matière et la force semblent se confondre, le domaine obscur situé entre le connu et l'inconnu qui a toujours eu pour nous un attrait particulier. J'ose croire que les plus grands pro-

blèmes scientifiques de l'avenir trouveront leur solution dans ce domaine inexploré où se trouvent sans doute les réalités fondamentales, subtiles, merveilleuses et profondes. »

Pour répondre aux objections qu'avait soulevées l'adoption d'un quatrième état de la matière déjà prévu par Faraday, comme nous l'avons vu précédemment, M. Crookes a résumé ses idées sur la constitution de la matière et nous suivrons l'illustre savant dans ses déductions pour terminer ces quelques chapitres où nous avons passé en revue les propriétés générales des corps.

L'hypothèse admise est la discontinuité de la matière et l'existence de particules indivisibles, séparées les unes des autres par des intervalles, relativement considérables par rapport au diamètre du noyau central nommé molécule. Ce que nos sens perçoivent nous permet de déterminer le contour apparent des corps solides et des corps liquides renfermés dans des vases; mais ce volume des corps, cette étendue sensible n'est pas entièrement remplie par ce *quelque chose* que l'on nomme matière, et il existe entre les molécules des espaces libres nommés intermoléculaires, que l'on n'aperçoit pas, mais dont certains phénomènes, ceux de diffusion par exemple, nous prouvent l'existence. Quel est le rapport de ces espaces intermoléculaires avec le volume occupé par les molécules?

En ce point les opinions des savants diffèrent : « Quelques auteurs, comparant la densité de l'eau à celle du platine écroui, conclurent que dans l'eau le rapport du vide au plein devait être de 1/22

(Pianciani). Dans ces derniers temps les travaux de Hirn sur la chaleur l'ont amené à admettre que la valeur de ce rapport était à peine de 1/10. » (Secchi, *Unité des forces physiques*). Toujours est-il qu'il est impossible de concevoir certains phénomènes, dépendant des mouvements moléculaires, comme les dilatations ou contractions sous l'influence de la chaleur, si l'on n'admet pas la discontinuité de la matière. L'état solide des corps serait caractérisé par des mouvements de molécules simples sur elles-mêmes, mouvements dont la nature peut varier avec la température et qui se transforment sous l'action d'un foyer de chaleur; de sorte qu'au delà d'un certain degré les molécules abandonneraient leur position fixe les unes par rapport aux autres et s'écarteraient ou se rapprocheraient, comme le prouve le changement de volume accompagnant le passage de l'état solide à l'état liquide.

Dans l'état liquide la fixité de position des centres d'oscillation n'existe plus, et, chauffés au delà d'une certaine température, les molécules s'échapperaient dans l'espace avec une rapidité inouïe. Alors apparaît l'état gazeux caractérisé par des mouvements rapides des molécules s'accomplissant dans toutes les directions et donnant lieu, par suite, à des collisions continuelles qui réduisent la course libre moyenne de chaque particule. « L'état gazeux dépend avant tout de collisions. Un espace donné contient des milliers et des milliers de molécules, qui se meuvent rapidement dans toutes les directions, chaque molécule ayant des milliers de rencontres par seconde. Dans un tel cas la distance moyenne des chocs de molécules

entre elles est excessivement minime, si on la compare aux dimensions du réceptacle qui les contient, et l'on peut observer les propriétés qui constituent l'état gazeux ordinaire de la matière qui dépend de collisions constantes.

« La molécule isolée est une entité inconcevable, que l'on cherche, comme Newton, à la considérer comme un petit corps sphérique dur, ou avec Boscovitch et Faraday comme centre de force, ou avec sir William Thomson comme un atome tourbillonnant. Si la molécule individuelle n'est pas solide, à plus forte raison elle ne saurait être liquide ou gazeuse puisque, plus que l'état solide, ces états dépendent de collisions intermoléculaires. On doit donc placer les molécules dans un état distinct. »

Dans le quatrième état de la matière les molécules peuvent obéir à leurs propres mouvements, comme si par quelque moyen on pouvait apporter de la régularité dans les collisions des gaz en rendant les mouvements rectilignes.

« Cela a lieu dans les mouvements du radiomètre et dans les mouvements visibles de la *décharge négative des tubes à vide;* dans un cas le noir d'ivoire échauffé, dans le second cas le pôle négatif électrisé, donnent la force majeure qui change entièrement ou en partie en mouvements rectilignes les vibrations irrégulières dans toutes les directions; les molécules prennent les conditions de *matière radiante* dès que les mouvements irréguliers, qui constituent l'essence de l'état gazeux, ont été remplacés par un mouvement rectiligne. »

Il n'y a pas de ligne de démarcation tranchée entre

le quatrième et le troisième état, et l'on passe insensiblement de l'un à l'autre, de même qu'il y a continuité entre l'état liquide et l'état gazeux comme le prouvent les expériences de Thomas Andrews que nous avons déjà citées. L'état gazeux est soumis à certaines lois simples qui se vérifient quand on suppose que la distance moyenne des chocs des molécules est très petite par rapport aux dimensions du réservoir; on simplifie encore en faisant abstraction des molécules et supposant une matière continue douée de certaines propriétés établies par l'expérience. Mais de là comment déduire la vraie nature, les véritables propriétés de ce que l'on nomme la *molécule*? Puisqu'une hypothèse, plausible il est vrai, mais qui n'en est pas moins une hypothèse, nous conduit à admettre l'existence de molécules constituant les corps, dont l'ensemble constitue l'Univers, comment pouvons-nous nous les représenter? A cela M. Crookes répond : « La molécule intangible, invisible, difficilement concevable, est la seule vraie matière, et ce que nous nommons matière n'est ni plus ni moins que l'effet produit sur nos sens par les mouvements des molécules, comme dit sir John Stewart Mill, *une possibilité permanente de sensation*.

« Il s'ensuit que la matière n'est qu'un mode de mouvement; à la température du zéro absolu tout mouvement intermoléculaire disparaîtrait; il resterait encore un *je ne sais quoi* qui conserverait des propriétés d'inertie et de poids, mais la matière telle que nous la connaissons cesserait d'exister. »

FIN

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS

TABLE DES FIGURES

Figures.		Pages.
1.	Anneaux-tourbillons de l'hydrogène phosphoré	9
2.	Photophone de Graham Bell	13
3.	Attraction de deux barreaux aimantés	18
4.	Fantôme magnétique	19
5.	Passage des gaz à travers le platine chauffé	23
6.	Avertisseur d'incendie	25
7.	Laminoir	28
8.	Appareil de M. Hervé Mangon pour la gravure sur verre	31
9.	Taille des limes au moyen du sable	32
10.	Larme batavique	34
11.	Appareil de tubes capillaires	41
12.	Formes successives d'une goutte soumise à une traction	43
13.	Expérience d'Athanase Dupré	45
14.	Expérience de M. Terquem	46
15.	Tension d'un anneau en fil de soie entouré d'une lame de savon	47
16.	Lames de savon maintenues par une charpente cubique	50
17.	Déformation de la figure par insufflation	51
18.	Forme que prennent les lames liquides après une seconde immersion	52
19.	Appareil de M. Hollmann	54
20.	Théléphone électro-capillaire de M. A. Bréguet	57
21.	Dialyseur	60
22.	Dialyseur	60
23.	Bulles de savon au-dessus d'une couche d'acide carbonique	67
24.	Élasticité des gaz	69
25.	Briquet à air	70
26.	Tube laboratoire de M. Cailletet	73
27.	Ensemble de l'appareil de la butte aux Cailles	75

28. Expérience de Berthollet.... 80
29. Diffusion de l'hydrogène dans une atmosphère d'acide carbonique..... 81
30. Diffusion de l'hydrogène dans un tube de fer..... . 84
31. Séparation des gaz de l'eau.... 86
32. Voltamètre à lame de palladium. 88
33. Fourneau à vent..... 96
34. Fourneau de M. H. Deville.... 97
35. Chalumeau oxyhydrique.. 98
36. Grand creuset pour la fusion du platine. 99
37. Fourneau Forquignon et Leclercq.... 100
38. Pression des acides gras à froid... 103
39. Pression des acides gras à chaud 104
40. Expérience du major Villiams. 108
41. Expérience de M. Helmholtz.. 111
42. Bloc de glace avant et après la compression... 112
43. Verre à pied obtenu par le regel.... 113
44. Passage d'un fil métallique à travers un bloc de glace..... 114
45. Appareil de M. Valthère Spring pour la compression des corps en poudre. 119
46. Coupe du cylindre dans lequel se placent les corps en poudre..... 120
47. Cristallisation du soufre par fusion..... 122
48. Dissolutions sursaturées exposées à l'air libre dans les ballons à long col..... 134
49. Expérience de M. Péligot..... 135
50. Arbre de Saturne..... 139
51. Arbre de Jupiter..... 140
52. Bâtiments de graduation..... 159
53. Expérience de Leslie..... 162
54. Cristaux de givre..... 162
55. Machine à glace de M. Carré..... 164
56. Expérience de Franklin..... 167
57. Appareil à triple effet pour la concentration des sirops..... 169
58. Expérience de M. Donny..... 171
59. Expérience de M. Gernez sur les liquides surchauffés..... 173
60. Marmite de Papin..... 175
61. Tube de Faraday pour liquéfier les gaz..... .. 184
62. Liquéfaction de l'acide sulfureux..... 195
63. Appareil de Thilorier..... 197
64. Hervy blessé mortellement par l'explosion d'un appareil Thilorier 203
65. Appareil Natterer.... 207
66. Appareil Carré pour fabriquer la glace par l'ammoniaque.... 214
67. Machine à glace de M. Raoul Pictet..... 219
68. Frigorifère Vincent 229

69. Coupe théorique de l'appareil de M. Th. Andrews..... 229
70. Vue d'ensemble du grand appareil de M. Cailletet.... 233
71. Récepteur de l'appareil Cailletet..... 234
72. Appareil de M. Cailletet modifié par M. Ducretet..... 235
73. Vue d'ensemble de l'appareil de M. Raoul Pictet pour la liquéfaction des gaz..... 241
74. Coupe de l'appareil servant à produire le gaz liquélié..... 245
75. Liquéfaction de l'hydrogène par M. Raoul Pictet..... 249
76. Trompe à eau des forges catalanes..... 260
77. Trompe à eau de M. H. Sainte-Claire Deville. 260
78. Trompe à eau de M. Alvergniat..... 261
79. Jauge de M. Mac Leod,..... 263
80. Répulsion des corps légers placés dans le vide..... 265
81. Action de la chaleur sur des disques de diverses substances.. 266
82. Radiomètre 267
83. Espace obscur entourant le pôle négatif dans un tube à vide. 274
84. Tube disposé pour déterminer la distance à laquelle se manifeste la phosphorescence.... 279
85. Propagation rectiligne de la matière radiante.... 280
86. Forme de la décharge électrique dans un gaz raréfié et dans un tube à vide..... 281
87. Marche de la matière radiante dans un tube à vide muni d'une lame cylindrique..... 282
88. Action mécanique de la matière radiante..... ... 283
89. Appareil de M. Antoine Bréguet pour montrer l'action d'un aimant sur un courant..... 285

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE IMPRIMÉS. R.F.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

ÉTATS PHYSIQUES DES CORPS

CHAPITRE I

Divisions des sciences physiques. — Observation et expérience. — Propriétés des corps. — Divisibilité de la matière. — Hypothèse sur la constitution de la matière. — Conservation de l'énergie. — États de la matière..... 1

CHAPITRE II

Forces attractives et répulsives. — Dimensions des molécules. — Cohésion; elle s'exerce à une courte distance. — Porosité, dilatabilité. Compressibilité des corps solides. — État amorphe. État cristallin. — Malléabilité. Ductilité. Dureté. — Applications de la dureté du diamant. — Gravure sur verre. — Modifications des propriétés par un corps étranger. — Action de la chaleur. — Verre trempé. — Soufre mou. — Phosphore amorphe..... 17

CHAPITRE III

Définition de l'état liquide. — Transmission des pressions. — Équilibre dans les vases communiquants. — Faits en désaccord avec ce principe. — Actions capillaires. — Propriétés des lames liquides. — Tension superficielle. — Applications de la tension superficielle.

— Expériences de M. Plateau. — Phénomènes électro-capillaires. — Diffusion des liquides. — Dialyse. — Applications industrielles 38

CHAPITRE IV

Les quatre éléments d'Aristote. — Van Helmont, Scheele, Lavoisier, Priestley. — Propriétés communes aux gaz et aux liquides. — Expansibilité et compressibilité des gaz. — Loi de Mariotte. — Expériences nouvelles de M. Cailletet. — Théorie des gaz. — Diffusion des gaz..... 64

DEUXIÈME PARTIE

CHANGEMENTS D'ÉTAT

—

CHAPITRE I

L'état physique des corps est en rapport avec la température. — Travail intérieur. — État pâteux. — Substances réfractaires. — Sources de chaleur. — Fusion des alliages. — Chaleur latente de fusion de la glace. — Changement de volume des corps pendant la fusion 91

CHAPITRE II

Force expansive de la glace. — Regélation. — Expériences de Mousson Faraday, Tyndall, Helmholtz. — Théorie du regel. — Embâcles de glace. — Soudure des corps par pression. — Expériences de Walthère Spring. — Cristallisation par solidification.... 107

CHAPITRE III

Dissolution. — Absorption de chaleur. — Mélanges réfrigérants. — Surfusion. — Surfusion de l'eau. — Verglas de 1879. — Surfusion du phosphore. — Expériences de M. Dufour et de M. Gernez. — Sursaturation. — Cristallisation par voie humide. — Arborescences métalliques 123

CHAPITRE IV

Existence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. — Évaporation. — Liquides volatils. — Vapeurs de mercure. — Tension des vapeurs. — Couleur de la vapeur d'eau. — Pouvoir absorbant des vapeurs. — Expériences de M. Tyndall. — Thermophone de M. Mercadier. 142

CHAPITRE V

Évaporation. — Circonstances qui la favorisent. — Bâtiments de graduation. — Froid produit par évaporation. — Appareil Carré. Ébullition, — Influence de la pression. — Expérience de MM. Donny, Dufour, Gernez. — Marmite de Papin. — Vaporisation totale. — Retour de l'état de vapeur à l'état liquide.. 157

TROISIÈME PARTIE

LIQUÉFACTION DES GAZ

—

CHAPITRE I

PREMIÈRES RECHERCHES SUR LA LIQUÉFACTION DES GAZ

Coteception de Lavoisier. — Expérience de Guyton de Morveau. — Point de départ des recherches de Faraday. — Liquéfaction du chlore. — Acide sulfureux. — Acide sulthydrique. — Protoxyde d'azote. — Cianogène. — Ammoniaque. — Acide chlorhydrique... 179

CHAPITRE II

LIQUÉFACTION PAR REFROIDISSEMENT ET COMPRESSIONS

Recherches de M. Bussy sur l'acide sulfureux. — Expériences de Thilorier sur l'acide carbonique. — Propriétés de l'acide carbonique liquide et solide. — Expériences de M. Tyndall. — Mort d'Hervy. — Une scène d'*Un beau Mariage*. — Liquéfaction du protoxide d'azote, par Natterer..... 194

CHAPITRE III

APPLICATIONS DES GAZ LIQUÉFIÉS

Propriétés des gaz liquéfiés. — Étude de leurs dilatations et forces élastiques. — Recherches de MM. Bussy, Loir et Drion. — Appareils

industriels pour la production de froid. — Appareils de MM. Carré, Ch. Tellier, Raoul Pictet et Camille Vincent... 209

CHAPITRE IV

Tentatives faites pour liquéfier les gaz réputés permanents. — Recherches de M. Berthelot et de Natterer. — Expériences de M. Thomas Andrews. — Point critique. — Distinction entre les gaz et les vapeurs.... 224

CHAPITRE V

DERNIÈRES DÉCOUVERTES SUR LA LIQUÉFACTION DES GAZ

Recherches de M. Cailletet sur la compressibilité de l'acétylène. — Description de l'appareil employé. — Liquéfaction des gaz réputés permanents. — Expériences de M. Raoul Pictet. Appareil employé et résultats obtenus. — Liquéfaction de l'ozone..... 232

QUATRIÈME PARTIE

MATIÈRE RADIANTE

—

CHAPITRE I

DU RADIOMÈTRE

La matière radiante d'après Faraday. — Appareils employés pour produire un vide parfait. — Machine à mercure d'Alvergniat. — Trompe à eau. — Aspirateur de Sprengel. — Jauge de Mac-Leod. — Expériences de M. Crookes sur le radiomètre. — Théorie du radiomètre. — Propriétés des gaz raréfiés..... 255

CHAPITRE II

EXPÉRIENCES DE M. CROOKES

Florescence dans les tubes de Geissler. — Remarque de M. Crookes. — Matière radiante. — Phosphorescence dans les tubes à vides. — La matière radiante le propage en ligne droite. — Ombre produite par la matière radiante. — Conclusion de M. Crookes sur la constitution de la matière.. 272

FIN DE LA TABLE

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS