niques; IV, critico-bibliographiques. En dehors de cette classification, il y a des œuvres didactiques, des œuvres historiques, des discours, des cantiques, des poésies, des traités philosophiques, dont un sur les *Catégories* d'Aristote. Parmi les 260 lettres qui nous sont parvenues, plusieurs forment de véritables traités de philosophie et de morale; d'autres contiennent des données intéressantes sur les mathématiques, la physique, l'astronomie, l'histoire naturelle et même la médecine. — *Myriobiblon sive Bibliotheca librorum quos legit et censuit Photius, patriarcha Constantinopolitanus*, contenant des extraits de 280 ouvrages, dont plusieurs sont perdus (Genève, 1612, in-fol.; Rouen, 1653, in-fol.; Berlin, 1824, 2 vol. in-4). *Lexicon Græcum* (Leipzig, 1808, in-4; Londres, 1822). *Epistolæ* (Londres, 1651, in-fol., 1857). *Nomocanon id est legum imperialium et canonum ecclesiasticorum harmonia* (Paris, 1551, in-fol.). C'est un abrégé d'un autre ouvrage en 14 livres, intitulé *Syntagma*, exposé méthodique. *Collection de canons*, publiée dans le *Spicilegium Romanum* de Maï. *Adversus Latinos de processione Sancti Spiritus*, inséré dans la *Panoplie* d'Euthyme Tergobyste (1770, in-fol.). Traité en 4 livres *Contre les nouveaux Manichéens ou Pauliciens*, édité dans les *Anecdota* de Wolff (Hambourg, 1722). *Aphilochia*, dont il n'a encore été publié que des fragments, recueil de réponses aux questions d'Aphiloque, métropolitain de Cyzique, sur le sens de divers passages de l'Écriture sainte. — Fabricius (*Bibliolheca græca*) a donné la liste d'un grand nombre d'opuscules restés inédits de Photius. Notre Bibliothèque nationale en possède plusieurs manuscrits. E.-H. VOLLET.

BIBL.: JAEGER, *Histoire de Photius;* Paris, 1853, in-8. — GUETTÉE, *la Papauté schismatique;* Paris, 1863, in-8. — PICHLER, *Geschichte der kirchlichen Trennung;* Munich, 1864. — HERGENRÖTHER, *Photius;* Ratisbonne, 1867, 2 vol. in-8. — IVANTZOV-PLATONOV, *le Patriarche Photius*, dans la *Revue internationale de théologie;* Berne, 1893-94.

PHOTOCHIMIE. La photochimie comprend l'étude des phénomènes chimiques produits par la lumière; la constitution de la lumière étant complexe et les phénomènes qui en résultent d'ordres divers, nous examinerons successivement la nature de ces phénomènes et l'influence de la radiation employée. A ce dernier point de vue, on peut dire d'une façon générale que ce sont les rayons les plus réfrangibles (violets et ultra-violets) qui ont le plus d'action; toutefois, ce n'est pas toujours la même région du spectre qui, pour toutes les réactions, possède l'énergie chimique la plus grande. Au point de vue de la nature de ces phénomènes, nous distinguerons les combinaisons et les décompositions produites par la lumière.

Les radiations lumineuses déterminent par exemple la combinaison du chlore et de l'hydrogène, favorisent l'action du chlore sur un grand nombre de carbures d'hydrogène, sur l'oxyde de carbone; elles produisent aussi l'oxydation d'un grand nombre de corps et souvent, par suite, leur décoloration : bien des couleurs *passent* à une lumière trop vive. D'autre part, les rayons lumineux peuvent décomposer un certain nombre de sels, principalement ceux d'argent, d'or et de platine. Ces actions chimiques de la lumière ont une importance beaucoup plus considérable qu'on ne serait tenté de le penser tout d'abord; sans parler des applications courantes et de la photographie qui utilisent ces phénomènes, rappelons que la fonction chlorophyllienne exige la présence de la lumière et que c'est l'énergie lumineuse du soleil qui permet, par l'intermédiaire de la chlorophylle, la décomposition de l'anhydride carbonique et la régénération de l'oxygène disparu dans la respiration des animaux et des plantes. Bien d'autres phénomènes de la végétation sont sans doute dus à ces actions; nous n'en citerons comme exemple que la formation du saccharose dans les feuilles de betteraves, formation d'autant plus abondante que la luminosité du ciel est plus grande pendant la période de maturation.

Considérons tout d'abord la combinaison du chlore et de l'hydrogène. Un examen préliminaire et rapide de ce phénomène apprend immédiatement qu'avec des intensités lumineuses suffisamment intenses, la combinaison est instantanée : un flacon de verre, plein d'un mélange de chlore et d'hydrogène, vole en éclats dès qu'on l'expose au soleil; gardé dans une chambre peu éclairée, la combinaison se fait au contraire peu à peu, tandis qu'elle est nulle dans l'obscurité complète. Si l'on essaye de faire détoner un pareil mélange avec la lumière d'une bonne lampe à gaz, on n'y réussit pas. Au contraire, la lumière électrique (arc voltaïque) ou la combustion d'une quantité assez considérable de limaille de magnésium provoque la combinaison explosive. Les diverses lumières se comportent donc différemment et, pour serrer de plus près le phénomène, il faut l'étudier avec diverses radiations. Bunsen a employé le dispositif suivant : on range à côté les uns des autres 50 tubes à essai, en verre mince, renfermant un même mélange de chlore et d'hydrogène; tous ces tubes reposent sur de l'acide chlorhydrique contenu dans une auge allongée. Sur tous ces tubes on fait tomber un spectre de façon qu'il s'étale depuis l'infra-rouge jusqu'à l'ultra-violet, d'une extrémité à l'autre; de cette façon, chaque tube ne reçoit que des rayons dont la réfrangibilité est voisine. La lumière étant faible, la combinaison est progressive; à mesure qu'elle se produit, l'acide chlorhydrique formé se dissout et le liquide monte à l'intérieur du tube correspondant, de sorte qu'après un certain temps d'exposition à la lumière, l'ascension de l'acide chlorhydrique à l'intérieur de chaque tube mesure le volume des gaz qui se sont combinés et constitue l'ordonnée de la courbe, lieu géométrique des sommets des colonnes de liquides soulevées. On constate alors que, du côté du rouge, les ordonnées sont nulles ou insensibles, il n'y a pas eu combinaison; les ordonnées s'élèvent ensuite à mesure que l'on s'approche du violet, elles passent par un maximum et décroissent ensuite pour devenir insensibles à l'extrémité de l'ultra-violet.

Becquerel a étudié la décomposition du chlorure d'argent par la lumière, de la façon suivante : deux lames d'argent ont été recouvertes de chlorure d'argent par une attaque spéciale; elles sont aussi semblables que possible et placées dans de l'eau légèrement acidulée et reliées à un galvanomètre très sensible, elles donnent un courant électrique, qui cesse bientôt parce qu'elles sont à peu près identiques. Si l'on fait alors tomber sur l'une d'elles une portion d'un spectre, l'autre lame restant dans l'obscurité, on obtient un courant électrique mesuré par la déviation du galvanomètre. On reconnaît ainsi que l'action chimique commence vers la raie P du spectre solaire, elle augmente et présente un maximum entre H (violet) et G (bleu) et redevient très faible à partir de F (vert). Si l'on fait tomber sur une lame ainsi préparée de la lumière violette, la déviation est considérable, mais elle cesse bientôt si l'on interrompt l'action de la lumière; si on envoie alors sur la plaque de la lumière jaune et rouge, on voit une déviation nouvelle se produire bien plus considérable que si l'on avait employé d'abord de la lumière jaune ou rouge. Ces radiations à peu près incapables d'*exciter* la décomposition du chlorure d'argent peuvent la *continuer* une fois que les rayons violets ont agi; ainsi la lumière rouge, incapable de *voiler* une plaque photographique, non exposée à la chambre noire, peut, au contraire, voiler une plaque déjà exposée; on a même employé cette propriété des rayons continuateurs pour améliorer, avant de les développer, des clichés pour lesquels la pose devait être très insuffisante (photographie de corps en mouvement très rapide).

Draper a montré que les rayons excitateurs d'une substance étaient surtout ceux que cette substance absorbait. On a utilisé cette observation beaucoup plus tard, en préparant des émulsions de gélatino-bromure d'argent, contenant des matières colorantes diverses, et l'on a obtenu ainsi des couches plus sensibles que les plaques ordinaires

à l'action des rayons jaunes et verts, et moins sensibles aux rayons violets.

Enfin, M. Berthelot a précisé récemment (*Annales de chimie et de physique*, nov. 1898) les conditions que devaient remplir les réactions chimiques utilisées dans la mesure des énergies lumineuses. On sait qu'au point de vue de l'énergétique, les réactions se divisent en réactions endothermiques et exothermiques. Ces dernières, comme la combinaison du chlore et de l'hydrogène, par exemple, ne peuvent servir de mesure à l'énergie lumineuse ; celle-ci joue simplement le rôle de déterminant auxiliaire, le travail principal étant accompli par des énergies purements chimiques. Les réactions endothermiques peuvent donc seules être utilisées ; il faut, de plus, que les produits de réactions ne puissent réagir ensuite pour redonner le corps primitif, soit pendant l'action de la lumière, soit même après l'action de celle-ci ; aussi la décomposition du chlorure d'argent ne peut-elle être employée pour ces mesures. Il faut encore que les produits employés forment des systèmes fluides (liquides ou gazeux), parce que, avec les solides, la partie superficielle une fois transformée par la lumière, la portion sous-jacente l'est beaucoup plus difficilement et l'action chimique n'est plus proportionnelle à l'énergie lumineuse qu'elle doit mesurer. Les réactions qui semblent se prêter le mieux à ces recherches sont la décomposition de l'acide iodique en iode et oxygène et celle de l'acide azotique en peroxyde d'azote, oxygène et eau. A. Joannis.

PHOTOCHRONIE (V. Photographie).

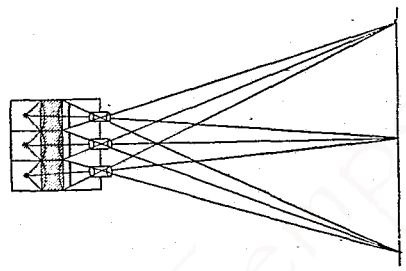
PHOTOCHROMOGRAPHIE. « La photographie des couleurs comprend toute méthode, soit directe, soit à empreintes reversibles, à l'aide de laquelle on crée, par l'action de la lumière, et sans l'intervention d'un travail manuel, soit graphique, soit pictural, un tableau polychrome dont chaque point provoque une sensation de lumière et de couleur semblable à la sensation que provoque chaque point correspondant du modèle » (Ducos du Hauron).

Les diverses méthodes déjà connues peuvent se grouper en deux catégories : la Chromophotographie, ou reproduction *directe* des couleurs, comprend tous les procédés dans lesquels la couleur est créée en chaque point de l'image par la seule action de la lumière ; la Photochromographie, ou reproduction *indirecte* des couleurs, comprend, au contraire, les procédés dans lesquels la lumière n'agit que pour distribuer à l'endroit voulu un certain nombre de couleurs pigmentaires que l'on utilise toutes formées.

Dès 1865, le baron Ransonnet, de Vienne, proposait d'exécuter des lithographies en couleurs au moyen de trois planches d'impression seulement, en répartissant le dessin sur chacune d'elles par un cliché photographique, exécuté chaque fois au travers d'un filtre coloré convenablement choisi ; il proposait aussi d'imprimer en bleu l'image donnée par le négatif obtenu sous l'écran bleu, et de même en jaune et en rouge pour les deux autres images. Il y avait là une erreur de principe, comme le montrèrent bientôt deux Français, Ch. Cros et L. Ducos du Hauron qui, simultanément, et à l'insu l'un de l'autre, découvrirent vers 1869 le principe de l'*antichromatisme* des écrans colorés et des pigments employés à l'impression, principe fondamental de tous les procédés industriels actuellement utilisés à la reproduction photographique des couleurs. L'accueil sarcastique fait à ces deux inventeurs retarda malheureusement jusqu'à ces derniers temps la mise en pratique des procédés qu'ils avaient créés et mis au point dans tous leurs détails.

La découverte de la photochromographie a pour point de départ une remarque due à Newton et qu'ont confirmée ultérieurement les travaux de Chevreul, de Maxwell et de Helmoltz. « Par le mélange en certaines proportions de trois couleurs convenablement choisies, dites *couleurs fondamentales*, on peut à volonté, sinon reproduire, au sens exact du mot, toute autre couleur donnée, du moins produire une nuance dont l'effet sur l'œil soit identique ». Ces faits restent vrais quel que soit le mode employé pour la combinaison des couleurs, mais nous devons, au point de vue des applications, distinguer deux cas principaux, nettement différents :

1° Nous utilisons trois lanternes à projection, obturées chacune d'un verre coloré correspondant à l'une des couleurs fondamentales et nous faisons converger en un même point d'un écran incolore (blanc) ces trois faisceaux diversement colorés ; nous opérons ainsi sur l'écran des *additions de lumières*. Pratiquement les colorations des écrans et leurs intensités seront choisies de telle sorte que



Projection par lanterne triple.

la superposition des trois faisceaux, sans aucune interposition de corps absorbant, provoque sur l'écran la sensation du blanc. L'absence de toute lumière sur l'écran réalise au contraire le noir.

2° Sur un écran blanc réfléchissant (feuille de papier) ou sur une lame transparente (plaque de verre), renvoyant ou transmettant à l'œil de la lumière blanche, nous superposons, soit des lames colorées (feuilles de verre ou de gélatine colorées), soit des teintes pigmentaires suffisamment transparentes pour jouer un rôle identique. Chacun de ces milieux, pris isolément, arrête ou affaiblit certaines des radiations dont l'ensemble constituait la lumière blanche primitive ; la superposition de deux ou trois milieux colorés différents arrête ou affaiblit par conséquent toutes les radiations qu'eût arrêtées ou affaiblies chacun des milieux considérés isolément ; les modifications de la lumière blanche en vue de la création des nuances sont donc réalisées par *soustraction de lumières*. Le blanc est obtenu par l'absence de toute modification au support primitif ; le noir, par la superposition des trois milieux colorés, pris chacun à leur maximum d'intensité.

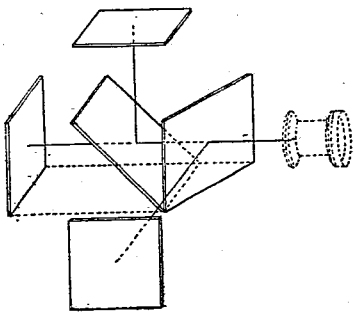
Pour toute reconstitution indirecte des couleurs d'un original, nous devons, ayant fait choix de trois couleurs fondamentales convenables, faire le triage ou plutôt l'analyse des teintes du sujet, isolant et dosant dans chacune d'elles la ou les couleurs fondamentales, plus ou moins éclaircies de blanc, que nous y pouvons considérer et dont la synthèse nous restituera une sensation identique à celle que nous procure la nuance originale. Ce triage s'effectue automatiquement au moyen de trois écrans colorés au travers desquels seront prises successivement trois photographies du modèle à reproduire. Suivant le mode adopté pour la reconstitution (*addition* ou *soustraction*), chacun des écrans colorés devra, soit laisser passer à l'exclusion des autres, toutes les radiations qui constituent l'une des lumières colorées fondamentales, soit, au contraire, arrêter, à l'exclusion de toute autre, toutes les radiations qui constituent l'une de ces mêmes lumières colorées fondamentales. Il y a avantage à utiliser dans tous les cas, pour l'analyse des couleurs, trois filtres dont les nuances soient respectivement rouge orangé, violet et vert.

Pour la reproduction correcte de *toutes* les nuances de l'original, il faut que toute radiation diffusée par celui-ci traverse librement l'un des écrans colorés ; chacun de ces écrans doit, d'autre part, être parfaitement opaque pour les diverses radiations invisibles, et notamment pour la région ultra-violette du spectre.

On remarquera que, dans certains cas, la nuance des

écrans peut être modifiée sans inconvénient ; si, en effet, la plaque sensible que l'on se propose d'employer pour l'exécution de l'un des négatifs est absolument insensible à certaines radiations déterminées, l'écran coloré pourra, en outre des radiations qu'il doit régulièrement admettre, laisser passer aussi les radiations inactives ; ainsi remplace-t-on souvent l'écran vert par un écran jaune, quand les plaques sensibles correspondantes sont insensibles aux radiations rouges que l'écran jaune admet en sus de l'écran vert.

Pour l'obtention des trois clichés négatifs sous les trois écrans colorés, on peut, pour éviter des manœuvres longues ou compliquées, employer divers types d'appareils construits, soit en vue de l'obtention simultanée, soit en vue de l'obtention successive desdits clichés. Pour l'obtention simultanée, des miroirs partiellement transparents sont disposés derrière l'objectif et renvoient latéralement chacun une partie de la lumière incidente sur la plaque sensible couverte de son écran. Pour l'obtention successive, un châssis portant les trois plaques sensibles amène par un mouvement de commande extérieur chaque plaque vis-à-vis l'objectif, en même temps que s'interpose, sur le trajet du faiseau lumineux, l'écran coloré correspondant. Pour éviter enfin des durées de pose exagérées, il est indispensable d'utiliser derrière chaque écran une plaque spécialement sensibilisée pour les radiations admises ; on utilise donc, en général, trois marques de plaques différentes : *ordinaire* derrière l'écran bleu ; *sensible au vert* derrière l'écran vert, et *sensible au rouge* derrière l'écran orangé.



Chromographe Nachet.

Photochromographie par addition de lumières. — *Synthèse provisoire des couleurs.* Trois négatifs du modèle ayant été exécutés derrière les trois écrans colorés choisis, avec certaines précautions relatives à la pose et au développement, on imprime sous ces trois négatifs trois images positives sur verre (diapositives) ; celui des négatifs obtenus sous l'écran orangé n'a été impressionné que par les radiations jaunes, orangées et rouges, seules admises par l'écran employé ; il représente donc en noir intense les régions de l'objet émettant la lumière orangée, soit donc les blancs et les orangés du modèle ; les jaunes et les rouges du modèle, ainsi que les gris s'y traduisent par des gris ; toutes les autres couleurs et le noir y sont enfin représentés par du blanc. La diapositive correspondante est donc transparente dans les régions de l'image correspondant à des blancs ou à des orangés, à demi transparente dans les régions qui correspondent aux jaunes, aux rouges et aux gris ; enfin, complètement opaque pour les autres couleurs et le noir. Si l'on place cette diapositive dans une lanterne à projections munie du même écran orangé que celui utilisé pour la pose, on pourra projeter sur un châssis blanc une image qui déjà possède à leur vraie place les orangés et les noirs du modèle ; avec deux autres lanternes munies des deux autres écrans, et dans lesquelles on engagera les deux diapositives correspondantes, on reconstituera de même isolément les verts et les violets. Si l'on oriente les trois lanternes de façon à faire coïncider sur le châssis les trois images élémentaires, le sujet photographié se trouvera reproduit avec toutes ses tonalités d'ombre et de couleur ; un objet rouge, étant en effet représenté sur la diapositive du vert par une zone opaque, le châssis ne pourra, au point correspondant, recevoir de lumière verte ; mais ce même objet est représenté sur les deux autres diapositives par une zone semi-transparente ; son image sera donc constituée sur le châssis par l'addition des lumières orangée et violette dont le mélange provoqua précisément la sensation du rouge. Un objet blanc étant représenté sur chaque diapositive par une zone transparente a son image constituée par l'addition des trois lumières fondamentales dont la réunion constitue précisément du blanc. Enfin un noir, étant représenté sur chaque diapositive par une zone opaque, fournit bien une image résultante noire. Au lieu de ce dispositif, on peut examiner simultanément les trois diapositives, doublées chacune de l'écran coloré correspondant et éclairées par la lumière naturelle, en utilisant à cet effet un jeu de miroirs semi-transparents analogue à celui que nous avons indiqué pour l'inscription simultanée des trois négatifs (*chromoscopes*).

Photochromographie par superposition de pigments. — *Synthèse permanente des couleurs.* Ayant, dans les mêmes conditions que précédemment, photographié trois fois le modèle au travers des trois écrans colorés choisis, on exécute au moyen de ces trois clichés et par les procédés ordinaires de la *photocollographie* (impression sur gélatine bichromatée ou *phototypie*) ou de la *phototypogravure* (impression quadrillée sur métal ou *similigravure*), trois planches d'impression donnant chacune à la presse et par encrage une épreuve positive. La planche correspondant au négatif obtenu sous l'écran orangé doit être encrée en bleu, couleur complémentaire de l'orangé ; de même on encrera en jaune l'image correspondant à l'écran violet et en rouge celle correspondant à l'écran vert. L'examen de l'une des images monochromes ainsi obtenues permet de reconnaître que, sur chacune d'elles, les blancs du modèle sont représentés par le blanc du papier laissé à nu ; d'autre part, un objet bleu, par exemple, est représenté à l'encre bleue sur le monochrome bleu, tandis qu'aux points correspondants le papier est à nu sur les deux autres images ; de même les rouges et les jaunes sur les images correspondantes ; si donc on superpose sur une même feuille de papier, en les repérant convenablement, les trois impressions monochromes, les blancs, les bleus les jaunes et les rouges du modèle seront correctement représentés sur cette image composite ; on peut se rendre compte aisément qu'il en est de même pour toutes nuances intermédiaires et pour le noir. Un objet vert, par exemple, n'a pu, au travers des écrans violet et orangé, former son image sur les plaques correspondantes, mais il s'est représenté en noir sur la plaque exposée sous l'écran vert ; le monochrome positif du rouge laisse donc en ce point le papier à nu, tandis que les deux autres planches déposent en ce même point les deux encres jaune et bleue dont la superposition donne la sensation du vert. Enfin le noir n'ayant agi sur aucune des plaques sensibles, les monochromes positifs ont, en ces points, la couleur de l'encre au maximum d'intensité ; la superposition des trois encrages en ce point fournit bien la sensation du noir. L'une des plus grandes difficultés pour la mise en œuvre de ce procédé réside dans le choix de trois encres satisfaisant aux multiples conditions imposées ; le mélange des trois encres doit, en effet, fournir du noir, tandis que le mélange de deux encres doit fournir une nuance aussi franche que la nuance d'une encre considérée isolément. Les encres une fois choisies (généralement *jaune de chrome, cramoisi* et *bleu verdâtre*), la nuance des écrans colorés nécessaires en résulte par examens spectroscopiques. Longtemps tributaire de l'étranger pour ce genre d'impressions, la France compte maintenant quelques maisons où le travail s'effectue dans les meilleures conditions. A côté de ce procédé industriel d'illustration, on peut combiner sur les mêmes données diverses variantes pour l'obtention d'images photographiques polychromes sur verre ou sur papier. Au lieu de superposer sur le support choisi trois encrages fournis

chacun par une planche d'impression, on superpose trois pellicules monochromes, rouge, jaune et bleue, obtenues par un procédé purement photographique; c'est ainsi que sont obtenues notamment les belles épreuves pour projections préparées par MM. Lumière. L.-P. Clerc.

PHOTOGALVANOGRAPHIE. Ce nom a été donné à un procédé de reproduction industrielle des dessins à l'aide de la photographie. Il consiste à recouvrir la surface d'une glace d'un mélange de glu et de substances impressionnables par la lumière et à l'insoler sous l'image (négative ou positive) à reproduire. Le développement ultérieur fournit un dessin en creux ou en relief que l'on peut clicher par la galvanoplastie. On obtient ainsi des planches propres à l'impression. Ce procédé de gravure héliographique, nommé photogalvanographie par M. Paul Prestch, ne semble pas avoir donné tous les résultats qu'en attendait son inventeur. E. M.

PHOTOGLYPTIE (V. Photoplastographie).

PHOTOGRAPHIE. I. HISTORIQUE. — Sous le nom de photographie, on comprend toutes les méthodes qui utilisent l'action de la lumière pour obtenir et fixer des images. Depuis les temps les plus reculés, l'action de la lumière sur certains corps a été constatée. Vitruve recommande de placer les tableaux au nord, de façon à éviter l'altération des couleurs par le soleil. Au XVI^e^ siècle, G. Fabricius remarque que la *lune cornée* (nom donné par les alchimistes au chlorure d'argent) se colorait par la lumière. En 1777, Scheele, chimiste suédois, constate que le chlorure d'argent noirci par la lumière est réduit à l'état d'argent métallique, attaquable de nouveau par l'acide nitrique; il signale que cette action n'est pas la même dans les différentes parties du spectre et qu'elle est beaucoup plus rapide dans les rayons violets. En 1782, Senebier montre que pour obtenir une même intensité de coloration sur le chlorure d'argent, il faut respectivement 15 secondes dans la lumière violette, 330 dans la lumière jaune et 1200 dans la lumière rouge. En 1801, Ritter découvre les rayons ultra-violets, invisibles pour notre œil, mais très actifs sur les préparations sensibles. En 1812, Bérard sépare le spectre solaire en deux parties : la première, qui comprend les radiations bleues, indigo, violettes et ultra-violettes, réduisant énergiquement le chlorure d'argent; la seconde, qui comprend les rayons jaunes, orangés, rouges, peu ou point actiniques.

Les premières tentatives pour obtenir des images dessinées par la lumière remontent à 1780 : le physicien français Charles obtenait des silhouettes en recevant l'image du modèle éclairé par le soleil sur un papier recouvert de sels d'argent. En 1802, Wedgwood copie par ce procédé des images peintes sur verre et obtient des silhouettes d'objets plats et d'une certaine transparence. Les essais d'obtention d'images à la chambre obscure, tentés également par Charles et par Wedgwood, échouent à cause du peu de sensibilité du sel d'argent employé. Davy seul obtient quelques résultats à la vive lumière du microscope solaire. Néanmoins, ces essais demeurent stériles, car l'image obtenue était négative, et, de plus, on ignorait absolument l'usage du fixateur qui a pour but de dissoudre les sels d'argent non réduits et évite la disparition de l'image par l'action ultérieure de la lumière. Tels étaient les premiers résultats acquis, lorsque François Arago communiquait à l'Académie des sciences, en 1839, les travaux qui découlaient de l'association conclue en 1829 entre Niepce et Daguerre. A Niepce, qui s'occupait depuis 1814 de la reproduction des images de la chambre obscure, revient sans conteste la découverte des propriétés du bitume de Judée et l'indication du premier procédé d'héliogravure (V. Niepce). A Daguerre qui, après la mort de Niepce (1833), continua les recherches commencées en commun, appartient la découverte capitale de l'image latente (V. Daguerre). Son procédé, universellement connu (V. Daguerréotypie), avait cependant divers inconvénients : unité de l'image, retournement de celle-ci, miroitement, longueur d'exposition et conservation médiocre. En 1839 également, un Anglais, Fox Talbot, qui continue les recherches de Charles, Wedgwood et Davy, indique l'iodure de potassium pour le fixage des épreuves; ce sel est remplacé bientôt par l'hyposulfite de soude proposé par Herschel. En 1840, Fox Talbot montre que des corps réducteurs autres que les vapeurs de mercure peuvent développer l'image latente sur une couche d'iodure d'argent; il se sert à cet effet d'un mélange d'acide gallique et de nitrate d'argent. L'obtention du négatif, qui permet la multiplication indéfinie des épreuves et assure le redressement de l'image, est la base de la photographie actuelle.

A ces inventeurs, il convient d'ajouter le nom de Poitevin, qui, quelques années après, a fait connaître les propriétés si intéressantes de la gélatine bichromatée, propriétés qui sont utilisées dans certains procédés de tirage direct et dans les procédés industriels de reproduction (V. Poitevin).

II. THÉORIE ET PRINCIPES. — Les procédés photographiques sont tous basés sur l'action de la lumière sur certains corps. Ces corps, étendus généralement en couche mince sur un support approprié (verre, papier, gélatine, celluloïd, etc.), grâce à un véhicule qui est soit l'albumine, soit le collodion, soit la gélatine, sont dénommés corps sensibles a la lumière. Les plus employés sont les sels d'argent, de fer, de chrome.

La réduction du sel d'argent par la lumière peut se faire de deux manières différentes : 1° On reçoit sur la surface photographique sensible une image réelle donnée par un système de lentilles qui porte le nom d'*objectif;* il faut, dans ce cas, se mettre à l'abri de toute lumière étrangère en opérant dans la *chambre noire.* — Après une *exposition* convenable d'après la sensibilité de la préparation employée et les conditions de l'expérience, on procède au *développement,* lequel a pour but de faire apparaître l'image dessinée par la lumière, mais qui était restée à l'*état latent,* c.-à-d. absolument invisible à l'œil. Les réactifs chimiques employés achèvent la décomposition des sels sensibles commencée par la lumière; une image se dessine dont les valeurs sont inverses de celles de l'original, d'où son nom d'image *négative* ou de *négatif.* — 2° La surface sensible est recouverte d'un écran présentant en transparence l'image ou le dessin que l'on veut reproduire. Le tout est exposé à la lumière; on dit dans ce cas que l'on opère par contact. L'image obtenue sera toujours inverse de l'original; mais, si l'on a pris, comme c'est le cas le plus fréquent, un négatif pour modèle, l'épreuve définitive rétablira les différentes valeurs et l'on obtiendra l'*image positive* ou le *positif.*

Le plus grand nombre des préparations employées pour l'obtention des épreuves positives par contact sont d'une moins grande sensibilité et donnent une image visible qui ne nécessite pas l'opération du développement. Ces préparations sont dites à *noircissement direct.*

Dans un cas comme dans l'autre, il faut, soit après le développement du négatif, soit après l'impression du positif, dissoudre les sels sensibles non réduits par la lumière, et cette opération constitue le *fixage.* Pour les positifs, une opération supplémentaire est effectuée, c'est le *virage* qui a pour effet de modifier la tonalité de l'épreuve et d'en augmenter la stabilité par la substitution de sels d'or aux sels d'argent qui la constituent.

Les opérations se terminent par le *lavage,* qui a pour but d'éliminer les hyposulfites doubles formés pendant le fixage. Cette opération est capitale, car la conservation du négatif ou du positif en dépend d'une façon absolue.

Les images obtenues à la chambre noire sont renversées sur le *verre dépoli* par suite de la marche des rayons lumineux dans l'objectif. La *mise au point* consiste à faire avancer ou reculer le verre dépoli jusqu'au moment où l'image apparaît avec sa plus grande netteté. L'égale netteté des différents plans de l'image s'obtient par l'intro-

duction de *diaphragmes* de plus en plus petits dans l'objectif.

Pour la *photographie instantanée*, qui a pour but de saisir les objets en mouvement, on fait usage de l'*obturateur*, appareil destiné à ouvrir et à refermer l'objectif très rapidement.

De la lumière. — La lumière, dont l'action sur les surfaces sensibles est la base de la photographie, donne lieu à des phénomènes lumineux, calorifiques et chimiques. Laissant de côté les phénomènes calorifiques, ce sont surtout les phénomènes lumineux et chimiques qu'il faut considérer. La lumière blanche n'est pas homogène, et, décomposée par le prisme, elle fournit un *spectre* (V. ce mot), formé de couleurs éclatantes disposées dans l'ordre suivant : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. Il existe, en outre, deux régions invisibles à l'œil : l'une, située au delà du rouge, correspond au maximum calorifique, c'est l'ultra-rouge ; l'autre, située au delà du violet, correspond au maximum d'intensité chimique, c'est l'ultra-violet. C'est également dans cette partie du spectre que se rangeront vraisemblablement les nouvelles radiations qui sont la base de la découverte du prof. Rœntgen. La luminosité ou autrement dit l'action sur la rétine, et l'action sur la plaque photographique ou actinisme ne suivent pas une marche parallèle. Voici d'ailleurs, d'après O.-N. Rood, un tableau qui indique l'intensité lumineuse pour les différentes parties du spectre, celui-ci étant supposé divisé en 1000 parties, de la raie A à la raie H (V. Analyse, t. II, p. 928).

Position.	Luminosité.	Couleur.
De 40,5 à 57	80	Rouge foncé.
104,5 à 112,71	493	Rouge pur.
112,71 à 138,5	1.100	Rouge.
158,5 à 168,5	2.773	Rouge orangé.
189 à 220,31	6.985	Orangé et jaune orangé.
220,31 à 231,5	7.891	Jaune orangé.
231,5 à 336,11	3.033	Jaune verdâtre, vert jaune et vert.
389,85 à 493,22	1.100	Vert bleu et vert cyané.
493,22 à 558,5	493	Bleu.
623,5 à 689,5	90,6	Outremer (artificiel).
753,58 à 825,5	35,9	Violet bleu.
896,5 à 936	13,1	Violet.

Si nous étudions les propriétés chimiques des radiations colorées, les résultats sont complètement différents. Le maximum d'action est dans le bleu violet, dans le voisinage de la lettre G ; les rayons rouges et jaunes n'ont qu'une action très faible ; les radiations invisibles dans la région de l'ultra-violet et au delà ont, au contraire, une action très énergique.

La figure suivante montre bien les différences qui existent entre les courbes de la luminosité et de l'actinisme (fig. 1).

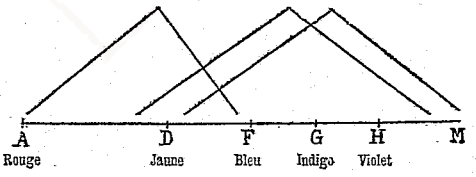


Fig. 1. — Action comparée du spectre sur l'œil, sur une plaque au collodion et sur une plaque au gélatino-bromure d'argent.

Le maximum d'action peut d'ailleurs varier d'après la nature de la couche sensible et par l'introduction de certaines substances qui produisent un déplacement de ce maximum. C'est sur cette observation qu'est basé l'orthochromatisme. Nous donnons, à titre d'exemple, l'action du spectre sur trois couches différentes : iodure, chlorure et bromure d'argent (fig. 2). Le faible actinisme de certaines radiations colorées est mis à profit pour l'éclairage

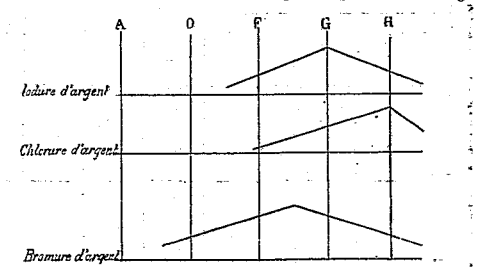


Fig. 2.

du laboratoire ; c'est ainsi que l'éclairage jaune était employé avec les préparations peu sensibles, collodion humide, collodion sec, et que maintenant l'éclairage rouge est obligatoire avec le gélatino-bromure d'argent. En médecine, il sera utilisé pour révéler certaines affections de la peau. Au contraire, l'actinisme puissant de certaines radiations invisibles pour notre œil permettra l'étude du spectre ultra-violet, la recherche de certaines falsifications et l'application courante de la radiographie. Nous aurons donc à considérer, s'il s'agit de radiations colorées, celle qui domine ou, s'il s'agit de lumière blanche, l'actinisme propre de celle-ci. Le tableau suivant donne avec assez d'approximation les coefficients de temps de pose, suivant la coloration propre du modèle :

Blanc	1	Jaune foncé	16
Gris clair	3	Vert clair	6
Gris foncé	6	Vert foncé	15,5
Bleu clair	1,5	Brun clair	6,5
Bleu foncé	3	Brun foncé	15
Violet clair	1,5	Rouge clair	7,5
Violet foncé	3	Rouge foncé	16
Jaune clair	6	Noir	16

L'intensité de la lumière dépend : 1° de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, c.-à-d. de la latitude, et, pour un même lieu, du jour et de l'heure ; 2° de l'état de l'atmosphère ; 3° de l'altitude au-dessus du niveau de la mer. Le tableau suivant donne les coefficients d'éclairage sous toutes les latitudes d'après M. de Chapel d'Espinassoux :

COEFFICIENTS D'ÉCLAIRAGE SOUS TOUTES LES LATITUDES

Coefficients de pose à l'extérieur selon la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon et selon l'état du ciel

HAUTEUR du soleil au-dessus de l'horizon	PLEIN SOLEIL sur le sujet	CIEL BLEU sans soleil sur le sujet	CIEL COUVERT et gris	CIEL COUVERT et très sombre
0°	54	54	81	135
10	9,8	18	15	25
20	3,2	6,4	9,6	16
30	1,8	4,8	7,2	12
40	1,4	4	6,6	11
50	1,1	4	6	10
60	1,0	4	6	10
66 (1)	1,0	4	6	10
70	1,0	4	6	10
80	0,9	4	6	10
90	0,9	4	6	10

(1) La hauteur de 66°, soit celle du soleil à Paris le 21 juin à midi, est prise pour unité.

Un autre tableau, très important à connaître a pour but d'indiquer les variations de l'intensité chimique de la lumière d'après la saison, l'heure de la journée et l'état de l'atmosphère. Il a été établi par M. d'Espinassoux, qui s'est basé sur les travaux originaux de MM. Bunsen et Roscoë (V. p. 772).

COEFFICIENTS D'ÉCLAIRAGE SOUS LA LATITUDE DE PARIS

Coefficients de pose à l'extérieur selon le jour de l'année, l'heure du jour et l'état du ciel.

HEURES Matin. / Soir →		12	11 / 1	10 / 2	9 / 3	8 / 4	7,30 / 4,30	7 / 5	6,30 / 5,30	6 / 6	5,30 / 6,30	5 / 7	4,30 / 7,30	4 / 8	← Matin. / Soir. HEURES		
Juin.	1-15	A	1	1	1,1	1,3	1,6	1,8	2,3	3	5	8	14	30	»	A	
		B	4	4	4	4,4	5,2	5,6	6,4	6,8	8	11	15	30	»	B	15-31
		C	6	6	6	6,6	7,8	8	9,6	10	12	17	20	»	»	C	
		D	10	10	10	11	13	14	16	17	20	28	35	»	»	D	Juill.
	15-30	A	1	1	1,1	1,3	1,6	1,7	2	3	4	6	10	15	30	A	
		B	4	4	4	4,4	4,8	5,6	6	6,4	6,8	10	14	20	30	B	1-15
		C	6	6	6	6,6	7,2	8	9	9,6	10	15	21	»	»	C	
		D	10	10	10	11	13	14	15	16	17	25	35	»	»	D	
Mai.	1-15	A	1	1,1	1,3	1,5	1,8	2,5	3	4	8	15	30	»	»	A	
		B	4	4	4,4	4,8	5,6	6,4	6,8	8	12	15	30	»	»	B	15-31
		C	6	6	6,6	7,2	8	9,6	10	12	18	23	»	»	»	C	
		D	10	10	11	13	14	16	17	20	30	38	»	»	»	D	Août.
	15-31	A	1	1,1	1,2	1,4	1,7	2	2,5	3,5	6	12	15	»	»	A	
		B	4	4	4	4,8	5,6	6	6,8	7,2	10	14	20	»	»	B	1-15
		C	6	6	6	7,2	8	9	10	11	15	21	30	»	»	C	
		D	10	10	10	13	14	15	17	18	25	35	»	»	»	D	
Avr.	1-15	A	1,2	1,3	1,5	1,7	2,5	3,5	6	8	15	30	»	»	»	A	
		B	4,4	4,4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	13	16	»	»	»	»	B	15-30
		C	6,6	6,6	7,2	8	9,6	11	12	20	24	»	»	»	»	C	
		D	11	11	13	14	16	18	20	33	»	»	»	»	»	D	Sept.
	15-30	A	1,1	1,2	1,4	1,6	2	3	4	6	12	24	»	»	»	A	
		B	4	4	4,4	5,2	6	6,8	7,6	10	14	25	»	»	»	B	1-15
		C	6	6	6,6	7,8	9	10	11	15	21	38	»	»	»	C	
		D	10	10	11	13	15	17	19	35	»	»	»	»	»	D	
Mars	1-15	A	1,6	1,7	1,8	2,1	4	6	12	15	»	»	»	»	»	A	
		B	4,8	4,8	5,6	6,4	8	12	15	30	»	»	»	»	»	B	15-31
		C	7,2	7,2	8	9,6	12	18	23	»	»	»	»	»	»	C	
		D	13	13	14	16	24	30	38	»	»	»	»	»	»	D	Oct.
	15-31	A	1,4	1,5	1,6	1,8	3	4	7	12	30	»	»	»	»	A	
		B	4,4	4,8	4,8	6	6,8	8	12	15	30	»	»	»	»	B	1-15
		C	6,6	7,2	7,2	9	10	12	18	23	»	»	»	»	»	C	
		D	11	13	13	15	17	20	30	38	»	»	»	»	»	D	
Févr.	1-15	A	2,5	2,5	3	4	10	15	30	»	»	»	»	»	»	A	
		B	6	6,4	6,8	8	14	25	»	»	»	»	»	»	»	B	15-30
		C	9	9,6	10	12	21	38	»	»	»	»	»	»	»	C	
		D	15	16	17	20	35	»	»	»	»	»	»	»	»	D	Nov.
	15 -29	A	1,8	1,8	2	3,5	6	12	15	30	»	»	»	»	»	A	
		B	5,6	5,6	6	6,8	12	15	30	»	»	»	»	»	»	B	1-15
		C	8	8	9	10	18	23	»	»	»	»	»	»	»	C	
		D	14	14	15	17	30	38	»	»	»	»	»	»	»	D	
Janv.	1-15	A	3,5	4	5	10	30	»	»	»	»	»	»	»	»	A	
		B	7,2	7,2	8	14	30	»	»	»	»	»	»	»	»	B	
		C	11	11	12	21	»	»	»	»	»	»	»	»	»	C	15-31
		D	18	18	20	35	»	»	»	»	»	»	»	»	»	D	Déc.
	15-31	A	3	3,5	4	6	15	30	»	»	»	»	»	»	»	A	
		B	6,8	6,8	7,6	12	16	30	»	»	»	»	»	»	»	B	1-15
		C	10	10	11	18	24	»	»	»	»	»	»	»	»	C	
		D	17	17	19	30	40	»	»	»	»	»	»	»	»	D	

Pour se servir de ce tableau, il faut déterminer le temps de pose unitaire par une expérience préliminaire. Les colonnes A, B, C, D indiquent les variations du coefficient suivant l'état du ciel : *Colonne A.* Ciel bleu sans nuages ; — Plein soleil sur le sujet ; — Si le ciel est légèrement couvert, doubler le coefficient. — *Colonne B.* Ciel bleu sans soleil sur le sujet. — *Colonne C.* Ciel gris et couvert. — *Colonne D.* Ciel couvert et très sombre.

Pour apprécier l'intensité chimique de la lumière, on a proposé diverses méthodes basées sur des réactions chimiques ; Draper en 1843, puis Bunsen et Roscoë font agir la lumière sur un mélange de chlore et d'hydrogène ; il se forme de l'acide chlorhydrique qui se dissout dans l'eau ; la diminution du volume gazeux donne l'actinisme de la lumière. C'est cette méthode qui a servi à établir le tableau publié plus haut. Draper indique en 1875 l'emploi d'une solution d'oxalate ferrique acide qui est décomposée par la lumière en produisant de l'acide carbonique et de l'oxalate ferreux ; on mesure le volume d'acide carbonique, ou on pèse l'or réduit du chlorure d'or par l'oxalate ferreux. L'oxalate d'urane peut également être employé, et on mesure également l'acide carbonique dégagé (Niepce de Saint-Victor et Monckhoven). En 1868, M. Becquerel construit un photomètre basé sur la production du calomel par l'action de l'acide oxalique sur le sublimé. M. Eder reprend cette méthode qui paraît donner d'excellents résultats, surtout en ce qui concerne l'action des rayons ultra-violets. Leeds emploie une solution acide d'un iodure et mesure la coloration de l'empois d'amidon par l'iode formé. M. E. Becquerel a proposé de mesurer le courant électrique produit par l'action chimique effectuée sous l'influence de la lumière. On a essayé également des appareils basés sur la propriété du sélénium de présenter des modifications de conductibilité électrique sous l'influence de la lumière (Rolbs, Siemens, L. Vidal). Ce photomètre paraît plus sensible à l'action des rayons moins réfrangibles qu'à celle des rayons chimiques.

De la surexposition. — Une propriété très intéressante des préparations photographiques est de ne pas donner, au delà d'une certaine limite, des réductions de la couche sensible proportionnelles à la durée d'action de la lumière. En effet, si l'on fait agir sur une plaque photographique pendant des temps régulièrement croissants une source de lumière déterminée, on constate que l'intensité de réduction va en croissant jusqu'à un moment où le phénomène devient stationnaire, puis se renverse ; l'augmentation de

pose correspondant alors à une diminution de l'intensité. On arrive ainsi à une période où les deux effets s'annulent et où la plaque est en quelque sorte revenue à son état premier. En augmentant à nouveau la durée d'exposition, les mêmes phénomènes se reproduisent dans le même ordre. C'est M. Janssen qui a signalé le premier ces effets particuliers dus à la surexposition et en a tiré des conclusions importantes au point de vue de la photométrie photographique. Cette méthode ne peut en effet donner de résultats que si l'on reste dans la période précédant le renversement de l'image. C'est grâce à la surexposition que l'on peut obtenir en pratique des reproductions convenables des modèles inégalement éclairés, l'intensité des parties les moins éclairées gagnant pendant que celle des parties les plus éclairées n'augmente pas ou tend à diminuer. Par l'application judicieuse de la surexposition, on pourra en quelque sorte corriger les contrastes trop prononcés de l'original ou inversement les augmenter par une sous-exposition.

A la question de la surexposition se rattache la méthode des contretypes qui permet par un renversement de l'image résultant de l'augmentation de la pose d'obtenir un négatif d'un négatif ou un positif d'un positif. Une plaque au gélatino-bromure d'argent est exposée sous un négatif à une vive lumière : soleil, lumière électrique ou du magnésium. On arrête l'impression au moment où l'on voit une image nettement imprimée sur la couche. On développe par les procédés habituels. On peut obtenir le même résultat à la chambre noire et avoir d'après nature un positif direct.

Orthochromatisme. — D'après les différences d'actinisme des radiations colorées sur la plaque photographique, l'effet traduit sur celle-ci pourra différer totalement de l'effet perçu par l'œil. C'est ainsi que les couleurs les plus éclatantes, le rouge, le jaune et le vert, viennent sombres, tandis que d'autres, beaucoup plus effacées, le bleu et le violet par exemple, sont rendues par du blanc. La traduction des couleurs en tant que valeurs laisse donc beaucoup à désirer. Le but de l'orthochromatisme est de donner une traduction plus exacte des valeurs de l'original; on y arrive par l'introduction dans la couche de certaines substances qui déplacent le maximum de sensibilité vers les rayons les moins réfrangibles et en arrêtant d'autre part, au moyen d'écrans colorés, les radiations douées d'un actinisme trop intense. Pour le choix des substances à adopter, on se base sur le principe formulé par Vogel : « La sensibilité de la plaque photographique peut être augmentée pour une région déterminée du spectre, en ajoutant au sel d'argent une substance capable d'absorber cette radiation et en même temps l'iode ou le brome mis en liberté ». Pour étudier les substances jouissant de ces propriétés, il suffit de connaître leur spectre d'absorption. On trouve actuellement dans le commerce des plaques orthochromatiques ; si on veut les préparer soi-même, on procède par trempage. D'après Eder, voici les substances qui conviennent le mieux avec le bromure d'argent : pour le rouge, les verts d'aniline, le vert acide, le vert d'iode ; pour le rouge et l'orange, la cyanine, l'azaline; pour l'orange, le jaune et le vert, le violet d'Hofmann et les couleurs similaires ; pour le jaune et le vert seulement, l'éosine, la coralline et le rouge de naphtaline. Il faut environ de 2 à 4 milligr. de la substance choisie par 100 centim. c. d'émulsion. En même temps que l'on constate une augmentation de sensibilité pour certaines radiations, elle peut être diminuée pour d'autres. C'est ce que l'on voit dans le tableau dressé par M. Calmette et qui indique d'ailleurs un certain nombre de matières colorantes également utilisables :

Matières colorantes	Rayons dont elles augmentent l'action
Cyanine.....	Orangé et rouge (augmente aussi l'action du bleu).
Céruléine.....	Orangé et rouge.
Phyllocyanine.....	Tout le spectre jusqu'en A.
Vert malachite.....	Orangé et rouge (augmente aussi le bleu, le violet et l'ultra-violet).
Vert à l'iode.....	Jaune, orangé, rouge.
Bleu Coupier.....	Jaune et orangé.
Eosine.....	Vert et jaune (diminue le bleu).
Erythrosine.....	— —
Rose Bengale	— —
Fuschine.....	— —
Rouge de toluène...	— —
Rouge de naphtaline.	— —
Chrysaniline.....	Vert (diminue beaucoup le bleu, le violet et l'ultra-violet).
Chrysoïdine.....	Vert (diminue beaucoup le bleu, le violet et l'ultra-violet).

Pour l'orthochromatisation des plaques par trempage, on prend en général pour 100 centim. c. d'eau, 25 centim. c. d'une solution de la matière colorante au 1/1000e. La durée de séjour est de deux minutes environ. La conservation des plaques ainsi préparées est limitée. Les écrans colorés dont l'emploi est nécessaire pour compléter l'action des plaques orthochromatiques sont constitués par des verres colorés à face parallèle, des pellicules minces de collodion ou de gélatine colorée, ou encore de petites cuves de verre contenant le liquide convenable. On confectionne ordinairement des séries d'écrans différemment teintés, et par expérience on détermine le coefficient de pose qui sera nécessaire avec chacun d'eux. La préparation de liquides colorés permet plus facilement de faire toutes les variations désirables. Voici d'ailleurs les liquides les plus employés : solution d'hélianthine rouge (transparente au jaune et au rouge) ; solution de bichromate de potasse (transparente au rouge et au vert) ; solution d'acide picrique (transparente au jaune et au vert). Les résultats obtenus ainsi seront notablement améliorés en ce qui concerne la traduction des valeurs d'un modèle coloré, mais ce sera toujours délicat, car pour avoir l'effet perçu par l'œil, il faudrait que l'orangé (en C) et le bleu (en F) aient à peu près la même intensité. Par rapport au bleu clair, le jaune (en D) devrait être huit fois plus intense, le jaune vert environ dix fois, le vert (en E) trois fois. Par contre, le violet ne devrait avoir qu'un dixième de l'intensité du bleu clair. Pour obtenir des résultats complets, il faudra opérer comme M. Lippmann l'a indiqué et faire trois expositions dont la durée sera proportionnelle à l'actinisme des rayons admis par les écrans colorés. Les temps de pose devront être respectivement de 1 pour les radiations bleues, de 40 pour les vertes et de 1.000 pour les rouges. En dernier lieu, il convient de signaler les avantages d'une surexposition convenable qui permettra sans plaques spéciales ni écrans d'obtenir des valeurs plus exactes qu'avec une pose juste. Néanmoins, ces résultats ne seront jamais comparables à ceux donnés par les plaques spéciales et les écrans colorés.

Du halo photographique. — Un phénomène très important qui est dû à une action indirecte de la lumière sur les préparations sensibles est le halo. Il se traduit par une auréole estompée qui se produit autour des objets très éclairés se détachant sur fond noir : ainsi l'image d'un point lumineux sera entourée d'une auréole. Si l'objet se détache en noir sur fond blanc, le voile envahira les parties voisines, et si ce sont de fines lignes, elles perdront leur netteté et pourront même complètement disparaître (cas des branches ou des feuilles se détachant sur le ciel). Ce phénomène est dû à la réflexion de la lumière sur la face postérieure du verre ; le diamètre du halo augmente en effet avec l'épaisseur du verre. On peut le supprimer ou du moins le diminuer considérablement en recouvrant le dos de la plaque d'une couche absorbante opaque et de même indice que le verre qui sert de support. On emploie à cet effet un mélange de dextrine et de terre de Sienne formant une pâte épaisse; un mélange de 6 parties d'essence de térébenthine et de 1 partie d'essence de girofle

additionné de noir de fumée (Cornu) ; du collodion normal contenant de la chrysoïdine (Henry frères). A côté du halo par réflexion et se superposant à lui, car il se produit même sur plaques antihalo ou sur les pellicules, il faut signaler le halo chimique ou par approximation. C'est un voile qui, à la limite d'une plage éclairée et d'une plage sombre, envahit cette dernière et ceci d'une façon proportionnelle à la durée d'exposition. On ne peut l'éviter qu'en restant dans les poses plutôt courtes. L'individualité propre de ce genre de halo a été constatée par nous dans l'exposition aux rayons X de plaques recouvertes d'écrans fluorescents et phosphorescents (V. Radiographie). On prépare dans le commerce des plaques dites *antihalo*. M. Guilleminot emploie deux couches, l'inférieure constituée par de l'iodure d'argent insensible, la supérieure par l'émulsion ordinaire. MM. Lumière emploient une sous-couche colorée en rouge, qui se dissout lors du développement et disparaît presque complètement.

III. TECHNIQUE. — **1° Des procédés négatifs.** — Ces procédés ont pour but d'obtenir le négatif, lequel permettra l'exécution du positif à un nombre quelconque d'exemplaires. C'est là une des qualités maîtresses de la photographie, et sans le négatif la multiplication des épreuves eût été chose impossible. Le négatif est obtenu sur une surface sensible renfermée dans la chambre noire et sur laquelle vient se projecter l'image des objets extérieurs. Les rayons lumineux pénètrent par une étroite ouverture ou au travers d'un système de lentilles qui constitue l'objectif.

Photographie sans objectif. — Une ouverture très étroite et à bords nets pratiquée dans la paroi antérieure de la chambre noire permet d'obtenir des images qui n'ont aucune déformation ; l'angle embrassé varie uniquement par le déplacement de la surface sensible ; la netteté est à peu près la même pour les divers plans, cependant elle est toujours inférieure à celle donnée par les objectifs. Les dimensions de l'ouverture et la distance de la plaque ne sont pas indifférentes, ainsi que l'a montré M. Colson qui a recherché le maximum de netteté en raison du diamètre d de l'ouverture et de la distance F, de la plaque ; il a trouvé $d^2 = 0.000.81\ F$, et en appelant D la distance de l'objet à l'ouverture on établit :

$$F = \frac{d^2}{0.00081 - \frac{d^2}{D}}.$$

Cette formule sert à déterminer la dimension de l'ouverture et les distances respectives de l'image et de l'objet qui donnent le maximum de netteté. En ce qui concerne la durée d'exposition, on peut se guider sur la table suivante dressée par M. Miethe et qui donne les rapports du temps de pose en prenant comme unité la durée d'exposition d'un bon cliché obtenu avec un tirage de 10 cent. et une ouverture de 1 millim.

Diamètre du trou en millim.	1cc	2cc	3cc	5cc	10cc	20cc	30cc	40cc
0,6	0,0003	0,0012	0,0027	0,007	0,0277	0,12	27	0,48
0,5	0,0004	0,0016	0,0036	0,1	0,04	0,16	0,36	0,64
0,4	0,0006	0,0021	0,0054	0,016	0,063	0,24	0,54	0,96
0,3	0,001	0,0044	0,01	0,028	0,111	0,44	0,99	1,76
0,2	0,002	0,01	0,022	0,063	0,25	1	2,25	4
0,1	0,01	0,01	0,1	0,25	1	4	9	16
0,09	0,012	0,049	0,107	0,31	1,235	4,92	10,7	20
0,07	0,02	0,08	0,18	0,5	2	8	18	32
0,05	0,04	0,16	0,36	1	4	16	36	64
0,01	0,063	0,25	0,56	1,56	6,25	25	56	100
0,03	0,111	0,44	1	2,78	11,11	44	100	177,76
0,02	0,25	1	2,25	6,25	25	100	225	400
0,01	1	4	9	25	100	400	900	1600

Photographie avec objectif. — Le matériel nécessaire comprend la chambre noire, l'objectif, l'obturateur, le pied, le viseur.

Chambre noire. Celle-ci comprend (fig. 3) une base ou queue qui porte deux corps : l'un antérieur, l'autre postérieur, réunis par un soufflet imperméable à la lumière.

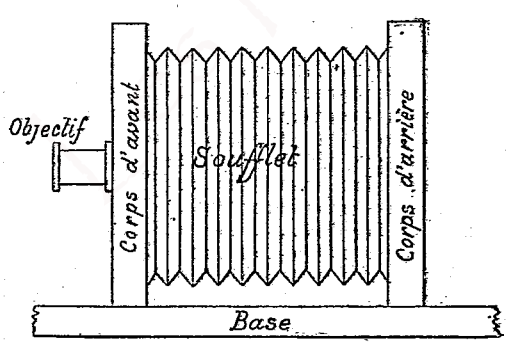


Fig. 3.

Le corps antérieur reçoit l'objectif ; il est muni de coulisses qui permettent de déplacer celui-ci dans le sens vertical et dans le sens horizontal. Des planchettes ou des adaptateurs spéciaux (à baïonnette ou à iris) ont pour but de faire les substitutions d'objectifs. Le corps postérieur reçoit le verre dépoli monté dans un cadre à coulisses ou à charnières. Le châssis négatif qui renferme les préparations sensibles peut être substitué au verre dépoli au moment de l'opération. La queue de la chambre comporte un chariot coulissant mû par une crémaillère, lequel a pour effet de faire varier la distance qui sépare les deux corps. Ce déplacement permet d'effectuer la mise au point en plaçant le verre dépoli dans le plan vertical où l'image formée par l'objectif a toute sa netteté.

Le Congrès de photographie a déterminé les diamètres et pas des rondelles d'objectifs de façon à les rendre interchangeables. Voici les dimensions adoptées (diamètre intérieur) :

Numéros	1	2	3	4	5
Diamètres	20	30	40	60	80
Numéros	1	2	3	4	5
Diamètres	25	50	75	100	125

Le filetage de ces embases a été ainsi déterminé et le pas ainsi réglé :

N° 1 de la série A (microscopes)	0mm,71
Pour les autres numéros des séries A et B	1 millim.
N° 5 de la série B	1mm,5

Les filets auront toujours pour section un triangle à filets arrondis.

Les dimensions et épaisseurs des planchettes d'objectifs ont été ainsi réglées :

Numéros	1	2	3	4	5
Diamètre du côté (en millim.)	75	100	125	150	200

L'épaisseur des planchettes est : de 5 millim. pour les quatre premiers numéros ; de $7^{mm},5$ pour le n° 5.

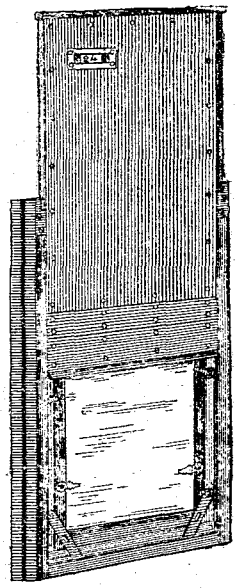


Fig. 4. — Châssis à rideau.

Les châssis négatifs ont pour objet de renfermer les préparations sensibles et de les démasquer au moment voulu à l'intérieur de la chambre noire. Ils doivent être absolument imperméables à la lumière et porter des numéros d'ordre pour éviter toute confusion. Ils peuvent recevoir à l'intérieur des petits cadres dits intermédiaires destinés à loger des plaques de format inférieur. Parmi les principaux types de châssis, on distingue les châssis à volets, à rideaux (fig. 4 et 6) simples ou doubles, puis les châssis à magasin (fig. 5) ou à rouleaux (fig. 5 *bis*), qui renferment un plus grand nombre de plaques ou de pellicules ; ces derniers sont surtout employés dans les appareils à main. Pour pouvoir opérer dans les deux sens, on a proposé le soufflet tournant qui permet de placer le corps d'arrière soit en hauteur, soit en largeur ; dans certains modèles anglais, le soufflet est carré, et le cadre

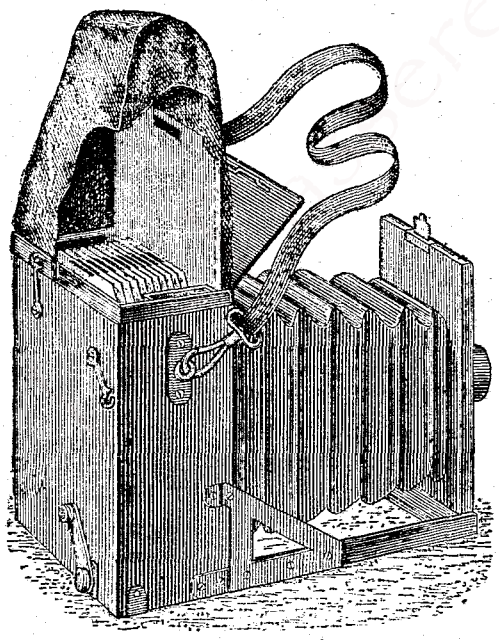


Fig. 5. — Châssis à magasin.

qui porte le verre dépoli peut se mettre dans les deux sens ; dans les chambres d'atelier, les châssis portent un double logement, l'un pour la plaque en hauteur, l'autre pour la plaque en travers. Certains appareils portent un dispositif qui permet d'incliner le cadre du verre dépoli autour d'un axe idéal, soit vertical, soit horizontal. Ce dispositif constitue la bascule simple ou double très utile lorsque le

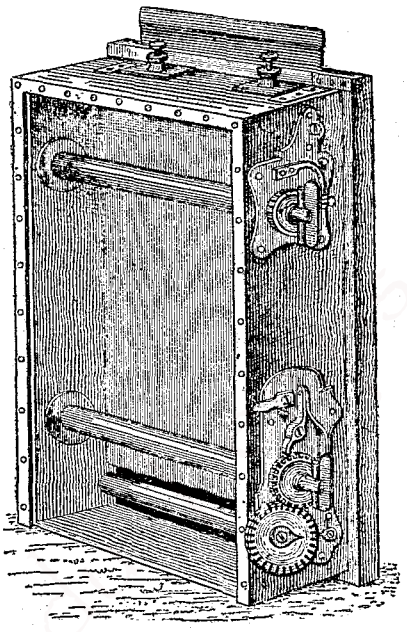


Fig. 5 *bis*. — Châssis à rouleaux.

modèle se présente dans une situation oblique par rapport à l'appareil.

De l'objectif. Il consiste en un système de lentilles destiné à projeter sur le verre dépoli puis sur la plaque sensible l'image des objets extérieurs, Les verres d'optique qui sont utilisés pour la fabrication des lentilles sont le crown à base d'alcali, le flint à base de plomb et enfin les verres à base de baryte qui ont donné d'excellents résultats. Les lentilles sont convergentes ou positives, divergentes ou négatives ; dans les premières nous trouvons trois types : bi-convexe, plan convexe et ménisque convergent ; dans les secondes trois types également : bi-concave, plan concave et ménisque divergent. Ces lentilles, dont les courbures sont données par le calcul, sont associées de façon à former les divers types d'objectifs, simples lorsqu'ils ne possèdent qu'un système de lentilles, composés lorsqu'ils en possèdent deux ou davantage. Lorsque dans cette dernière catégorie les deux systèmes sont identiques, l'objectif est dit symétrique. S'ils sont différents, il est dit dissymétrique.

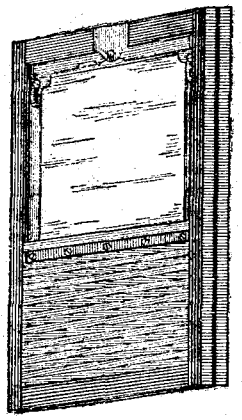


Fig. 6. — Châssis à rideau.

La question *objectif* (V. ce mot) ayant déjà été traitée dans son entier, nous nous contenterons de donner une classification générale des divers types d'objectifs actuellement connus :

- **Objectifs simples**
  - composés d'un système à deux verres.
    - Objectif simple (ancien type) : Chevalier, Français.
    - Id. (nouveau type) : Busch, Goërz, Voigtlaender.
  - composés d'un système à trois verres.
    - Objectif simple grand angulaire de Dallmeyer
    - Rapid landscape de Dallmeyer.
    - Rectilinéaire pour vues de Dallmeyer.
- **Objectifs composés**
  - composés de deux systèmes de lentilles.....
    - symétriques.
      - rapides.
        - Aplanat : Steinheil, Suter.
        - Rectilinéaire rapide de Dallmeyer.
        - Aplanétiques divers : Berthiot, Hermagis.
        - Rectilignes : Prazmowski.
        - Hémisphérique : Darlot.
        - Symétrique : Ross.
        - Euryscope : Voigtlaender.
        - Anastigmat de Hartnack.
        - Double anastigmat de Goërz.
      - lents.
        - Aplanat grand angulaire : Steinheil, Suter.
        - Pantoscope de Busch.
        - Rectilinéaire grand angle : Français, Hermagis.
        - Panoramiques : Prazmowski, Hermagis.
        - Grands angulaires de A. Martin.
        - Euryscope grand angulaire : Voigtlænder.
        - Symétrique à grand angle : Ross.
        - Périgraphique : Berthiot.
    - dissymétriques.
      - rapides.
        - Objectif à portrait (forme Petzval).
        - Antiplanat Steinheil.
        - Anastigmats de Zeiss. Séries : $\frac{f}{4,5}, \frac{f}{6,3}, \frac{f}{7,2}, \frac{f}{12,5}$
      - lents. Anastigmat de Zeiss. Série $\frac{f}{18}$.
  - composés de trois systèmes de lentilles.....
    - triplet de Dallmeyer.
    - triplet apochromatique de Zeiss.

Du rôle du diaphragme. Le diaphragme a pour but en éliminant les rayons marginaux ou trop obliques d'améliorer l'image en tant que surface couverte et profondeur de foyer. Il se compose d'une lamelle métallique percée d'une ouverture circulaire plus ou moins grande : le diaphragme iris est un dispositif mécanique qui permet d'obtenir des ouvertures variées par le déplacement d'une série de lamelles commandées par une bague spéciale qui se manœuvre de l'extérieur. Le rôle du diaphragme est très important en photographie, car il permet d'améliorer l'image dans certains cas déterminés et principalement lorsque le modèle présente des plans très distants ; par contre, ces avantages ne sont obtenus qu'au détriment de la rapidité, la somme des rayons admis étant d'autant plus faible que l'ouverture du diaphragme est plus petite. Le temps de pose varie d'ailleurs pour chaque objectif en raison inverse de l'ouverture du diaphragme ou du carré de son diamètre. D'après les décisions du Congrès, le diaphragme normal est celui dont l'ouverture est égale à 1/10 de la longueur focale principale. Les autres diaphragmes devront être établis de façon que le temps de pose aille toujours en doublant ou en diminuant suivant la progression géométrique 2, 4, 8, 16, etc. ; les chiffres devront être gravés sur les diaphragmes et permettront, étant donné le temps de pose unitaire avec le diaphragme normal, de multiplier ce temps de pose par le chiffre correspondant d'un diaphragme quelconque et d'obtenir la même impression.

De l'obturateur. L'obturateur est un appareil mécanique destiné à démasquer et à recouvrir l'objectif pendant un temps très court de façon à obtenir une épreuve dite instantanée. L'obturateur a pris une grande importance depuis l'apparition des plaques au gélatino-bromure qui sont d'une sensibilité remarquable. Tous les obturateurs connus peuvent se ramener à deux grandes classes : celle des obturateurs latéraux et celle des obturateurs centraux ; dans chaque classe certaines subdivisions correspondent à des types nettement définis. Les obturateurs latéraux démasquent l'objectif par un des bords et le referment, soit par le même bord, soit par le bord opposé ; les centraux démasquent l'objectif par le centre optique ou par une bande qui passe par ce centre (fig. 7 et 8). Ils referment par le mouvement inverse. Le tableau suivant indique le classement des obturateurs les plus connus et les plus employés dans chaque catégorie.

ESSAI DE CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX OBTURATEURS D'APRÈS LEUR MODE DE FONCTIONNEMENT

1. Obturateurs latéraux..	1° Rectiligne simple.....	Guillotine ordinaire. — Mauduit. — Guerry double volet.
	» *a*) de plaque.....	Moëssard. — De Ponton d'Amécourt. — Thornton-Pickard.
	» *b*) à lamelles multiples.	Mairesse. — Krauss.
	2° Circulaire simple.....	Londe et Dessoudeix. — Français. — Darlot.
	3° Alternatif.....	Laverne. — Guerry simple volet. — Gillonna.
	4° A volets indépendants.....	Boca. — David.
2. Obturateurs centraux.	1° Rectiligne double.....	Thury et Amey. — Masson. — Zion. — Français.
	» *a*) à rotation.....	Candèze. — Dr Richer. — Kodak.
	2° Circulaire double.....	Otto Lund.
	3° Alternatif double.....	Saturne (Bazin et Leroy). — Dallmeyer et Beauchamp.
	4° A volets indépendants.....	Général Sebert.

La forme de l'ouverture doit varier d'après le type d'obturateur. On paraît d'accord aujourd'hui pour donner aux obturateurs rectilignes ou circulaires des ouvertures rectangulaires ou en secteur ; dans les obturateurs cen-

traux, on adopte soit l'ouverture circulaire qui est parfaite en théorie, soit l'ouverture rectangulaire qui permet l'admission d'une plus grande quantité de rayons.

Les dimensions de l'ouverture doivent être aussi grandes que possible, de façon à diminuer les périodes d'ouverture et de fermeture, l'obturateur idéal étant celui dans lequel ces périodes seraient nulles. Le rendement d'un obturateur sera d'autant plus grand que sa durée d'action totale qui se compose des périodes d'ouverture et de fermeture, d'une période de pleine ouverture plus ou moins prolongée, se rapprochera de la durée d'action totale de l'obturateur idéal qui donnerait passage à la même somme de lumière.

Suivant le type d'obturateur, des raisons théoriques indiquent dans chaque cas un emplacement préférable, de façon à assurer autant que possible l'égalité d'exposition de chacune des parties de la plaque. Le tableau suivant résume les emplacements préférables avec chaque modèle.

I. — CLASSE DES OBTURATEURS LATÉRAUX

1° Rectiligne simple	Intérieur de l'objectif ou arrière.
a) Obturateur de plaque	En avant et le plus près possible de la surface sensible.
b) Obturateur à lamelles multiples	Arrière de l'objectif.
2° Circulaire simple	Intérieur de l'objectif ou arrière.
3° Rectiligne alternatif	Intérieur de l'objectif ou avant.
4° Rectiligne à volets indépendants	Intérieur de l'objectif ou arrière.

II. — CLASSE DES OBTURATEURS CENTRAUX

1° Rectiligne double	Intérieur de l'objectif.
a) Obturateur à rotation	Entre les deux lentilles, dans le corps de l'objectif.
2° Circulaire double	Intérieur de l'objectif.
3° Rectiligne alternatif	Intérieur de l'objectif (1).
4° Rectiligne à volets indépendants	Intérieur de l'objectif ou arrière.

(1) Avec les obturateurs à grand rendement, on peut sans inconvénients les placer également derrière l'objectif, parce que la période de pleine ouverture est tellement considérable par rapport aux périodes d'ouverture et de fermeture, que la tache centrale ne se produit plus, l'éclairage étant absolument complet pendant la plus grande partie de la durée d'exposition.

La question de la mesure de la vitesse des obturateurs photographiques est très complexe, car la connaissance du temps que l'ouverture met à passer devant l'objectif,

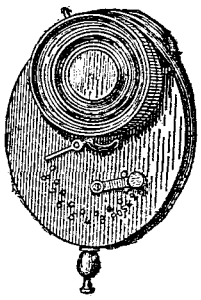


Fig. 7. — Obturateur latéral (système Londe et Dessoudeix).

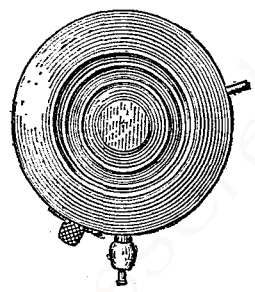


Fig. 8. — Obturateur central le Saturne (système L. Leroy).

n'indique en aucune façon le temps réel pendant lequel la lumière a agi sur la préparation sensible. Cette durée d'action, en dehors de la vitesse propre et mécanique de l'obturateur, dépend de l'actinisme de la lumière et du modèle, de la clarté de l'objectif, de la sensibilité de la préparation, de l'énergie du développement. Devant les difficultés du problème on se contentera, jusqu'à nouvel ordre, de mesurer la vitesse mécanique des obturateurs : la vitesse trouvée étant toujours supérieure à la durée réelle d'action sur la plaque. A cet effet, on utilisera la méthode graphique en analysant à l'aide d'un diapason vi-

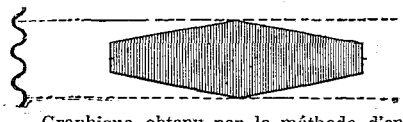


Fig. 9. — Graphique obtenu par la méthode d'enregistrement de la vitesse des obturateurs du général Sebert (obturateur le Saturne).

brant la marche du volet obturateur (Janssen, Sebert, Londe). Dans certains types d'obturateurs dont les organes mobiles sont difficiles à atteindre, on photographiera un point lumineux monté sur le diapason et vibrant avec lui ; dans ce cas, la plaque photographique devra se déplacer d'un mouvement perpendiculaire à celui du diapason (Pickering, Londe). M. le général Sebert a proposé un appareil qui permet d'enregistrer les diverses périodes d'ouverture de pleine pose et de fermeture et de connaître la durée respective de chacune d'elles (fig. 9). Cet appareil est adopté par le laboratoire d'essais de la Société française de photographie. D'après l'inspection des traces obtenues il est très facile de reconnaître la classe à laquelle appartient un obturateur, ainsi que ses qualités au point de vue du rendement. La figure suivante montre les traces de divers obturateurs, la durée d'action totale

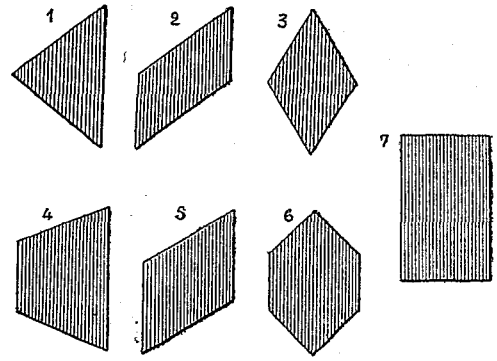


Fig. 10. — Traces de divers obturateurs. 1, Trace donnée par un obturateur à volet (Laverne) ; 2, trace donnée par un obturateur latéral (Londe et Dessoudeix) ; 3, trace donnée par un obturateur central (Thury et Amey, Saturne) ; 4, 5 et 6, traces données par les mêmes obturateurs avec un certain rendement ; 7, trace représentant celle que donnerait un obturateur idéal dans lequel les périodes d'ouverture et de fermeture seraient nulles.

étant la même pour tous, et la trace de l'obturateur idéal servant de point de comparaison.

Si l'on désire apprécier la durée d'action de la lumière réalisée avec un obturateur déterminé dans tel ou tel cas, il sera nécessaire de photographier en même temps un objet se déplaçant et animé d'un mouvement connu. Une boule brillante tombant (Jubert, La Baume Pluvinel), une aiguille tournant sur un cadran sombre portant des

divisions blanches (chronographe Marey), un pendule de longueur connue oscillant le long d'une règle divisée (Colson) permettront de résoudre le problème.

Du pied. Le pied est destiné à supporter l'appareil photographique. Il est non portatif (pied d'atelier) ou

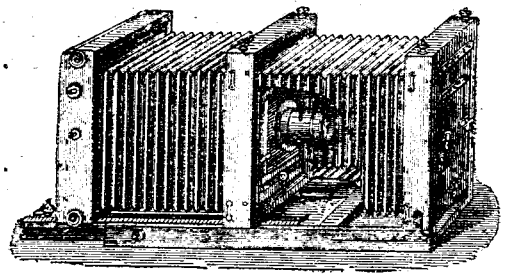


Fig. 11. — Chambre d'atelier à trois corps.

portatif (pied de touriste). Ce dernier se compose de trois branches à coulisses ou rentrantes de façon à pouvoir se replier sous un faible volume. D'après les décisions du Congrès, la vis qui doit s'engager dans l'écrou de la chambre doit être la vis dite des 3/8 de pouce du système Witworth. Son pas doit être de $9^{mm},6$. Le filet aura pour section un triangle isocèle de 55° d'ouverture, arrondi au sommet suivant un rayon de 1/6 de sa hauteur. Pour permettre de mettre la chambre de niveau, on munit quelquefois les pieds d'une calotte sphérique analogue à celles employées en topographie.

Viseur. Le viseur est un petit dispositif annexe qui permet de se rendre compte de la vue embrassée par l'objectif. Il est très utile en photographie instantanée pour saisir le modèle lorsqu'il arrive dans le champ de l'objectif; il est indispensable avec les appareils à main dans lesquels on n'effectue pas la mise au point sur le verre dépoli. Certains viseurs consistent en une simple lentille bi-concave ou un prisme taillé spécialement; d'autres affectent la forme d'une chambre noire minuscule; d'autres comportent un cadre qui glisse sur un guide et qui encadre la vue perçue par l'œil de l'observateur placé derrière un œilleton fixe (Davanne).

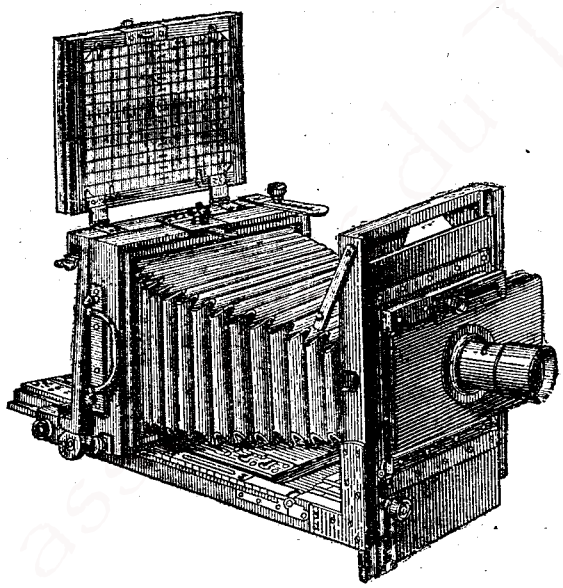


Fig. 12. — Chambre noire de touriste.

Classification des appareils photographiques. — On peut faire deux grandes divisions: la première qui comprend les appareils d'atelier et ceux de touriste sur pied; la seconde, les appareils à main qui ont pris depuis quelques années une extension considérable. Les chambres d'atelier (fig. 11) de grand format et possédant un long tirage ne diffèrent du type classique que par l'addition d'un corps intermédiaire qui a pour but de recevoir l'objectif dans les travaux d'agrandissement et de réduction. Dans ce cas, le cliché à agrandir ou à réduire est placé sur le corps d'avant qui reçoit les intermédiaires voulus, avec les mouvements de déplacement nécessaires pour faire le centrage. Les chambres de touriste sont étudiées de façon à se replier sous le plus petit volume possible (fig. 12). Les dispositions varient suivant les constructeurs, et nous n'avons pas à nous arrêter sur ce point. Qu'il nous suffise de dire : que la chambre de touriste doit avoir un tirage légèrement supérieur à deux fois la distance focale principale de l'objectif employé afin de pouvoir faire, le cas échéant, une reproduction à taille égale; que l'objectif doit pouvoir se décentrer largement dans la verticale, pour la reproduction des objets situés en contre-haut ou en contre-bas; que la plaque sensible doit pouvoir être mise en hauteur ou en large. La chambre noire sera munie de niveaux d'eau qui permettront de contrôler la mise en station. Le verre dépoli devra être quadrillé en centimètres et porter sur les deux axes passant par le centre des divisions millimétriques. Cette graduation sera très utile pour faire des reproductions à une taille déterminée. Les châssis doivent être imperméables à la lumière et numérotés.

Dans la catégorie des appareils à main, nous devons distinguer, d'une part, certains appareils ordinaires de format moyen que l'on emploie sans pied et les détectives ou jumelles qui constituent une classe tout à fait à part. Dans un appareil portatif sans pied on choisira les modèles les plus pratiques dans lesquels la mise au point s'effectue par le corps antérieur, le corps postérieur restant appuyé contre le corps de l'opérateur ; l'obturateur et l'objectif seront à demeure et devront être protégés par l'appareil fermé (fig. 13). L'emploi du viseur est indispensable pour encadrer le sujet et saisir le modèle. La mise au point se fera par le déplacement du corps antérieur sur une règle graduée correspondant aux diverses distances. Les châssis à rideau dont les volets ne sortent pas de l'appareil ou les châssis à magasin ou à rouleaux seront préférables aux châssis à volets. Dans les appareils à main on peut faire trois grandes classes : 1° les appareils automatiques ; 2° les appareils à mise au point réglable ; 3° les appareils à vision simultanée. Dans la première catégorie (fig. 14), en se basant sur la loi des foyers conjugués, on peut régler l'appareil au foyer principal de l'objectif employé. Dans ce cas, tous les objets qui sont situés à l'infini, c.-à-d. à une distance supérieure à 100 F, sont nets ; en prenant des objectifs de très court foyer, l'infini peut se trouver très rapproché. L'avantage de cette catégorie d'appareils est d'éviter toutes erreurs de mise au point, à la condition expresse de n'opérer qu'au delà d'une certaine distance qui est égale à 100 fois la distance focale de

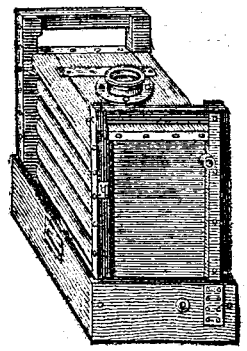


Fig. 13. — Chambre portative Fauvel.

l'objectif employé; comme contre-partie, l'étude des premiers plans est nécessairement interdite. En pratique, on arrive à rapprocher le point de départ de la netteté par l'emploi des diaphragmes, mais ce résultat n'est atteint qu'au détriment de la clarté de l'objectif, ce qui est toujours grave dans un appareil destiné à opérer instantanément. Comme types d'appareil automatique, nous citerons le kodak, la photojumelle Carpentier (1er modèle 4,5 × 6), le vérascope Richard, le stéréocycle de Bazin et Leroy.

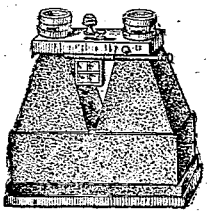


Fig. 14. — Stéréocycle Bazin et L. Leroy (appareil à foyer fixe).

Dans la catégorie des appareils à mise au point réglable (fig. 15), on a tous les avantages des appareils automatiques, lorsque l'on est réglé sur l'infini, mais on a la possibilité d'opérer à des distances plus rapprochées en allongeant le tirage de l'appareil de la quantité nécessaire. La graduation est établie soit par le calcul, soit par expérimentation en notant les positions du verre dépoli pour des objets situés à des distances déterminées. Connaissant la distance du modèle, il suffira de se reporter à la division correspondante. On ne peut faire qu'une critique à cette méthode, c'est qu'il ne sera pas toujours possible de mesurer la distance du modèle, ou qu'on n'en aura pas le temps; il faudra donc se livrer à l'appréciation des distances et, par là même, on s'expose à une quantité d'erreurs, cette appréciation devant être d'autant plus approchée que la distance du modèle est plus faible. Au lieu de déplacer, soit le corps d'arrière, soit le corps d'avant, on place généralement l'objectif sur une monture à pas hélicoïdal graduée, ce qui donne les mêmes résultats, sans enlever de la solidité à l'appareil. Comme types, nous citerons le vélocigraphe d'Hermagis, la photojumelle Carpentier (2e modèle 6,5 × 9), la jumelle de Mackenstein, Zion, Joux, Bellieni, etc., et la plupart des détectives. La mise au point réglable constitue certainement un avantage très grand, puisque l'étude des premiers plans est désormais possible:

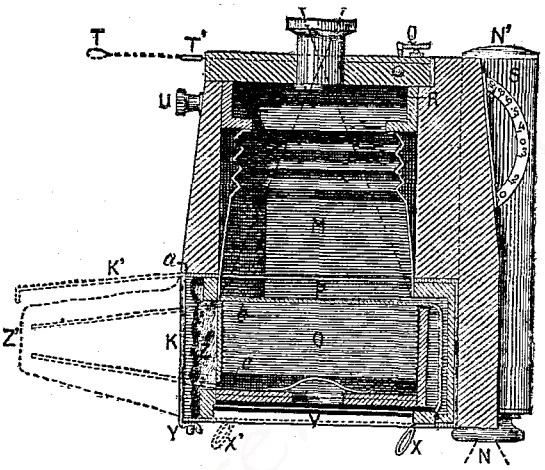


Fig. 15. — Simili-jumelle Lion (appareil à foyer réglable).

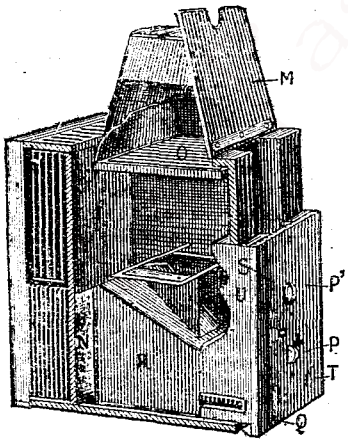


Fig. 16. — Chambre Londe et Dessoudeix (appareil à vision simultanée).

néanmoins tous ces appareils dans des mains inexpérimentées occasionnent de nombreux déboires. La troisième catégorie comprend les appareils à mise au point simultanée (fig. 16). Dans ceux-ci, un dispositif spécial permet de regarder l'image fournie par l'objectif, d'encadrer le sujet et enfin d'effectuer la mise au point. Il suffit alors de déclancher l'obturateur pour impressionner la plaque. Cette classe d'appareils nécessite l'emploi de deux objectifs identiques, l'un destiné à fournir l'image que l'on regarde et l'autre à impressionner la plaque : on peut encore ne prendre qu'un objectif; dans ce cas, un miroir ou un prisme auront pour objet de réfléchir les rayons sur le verre dépoli qui sert pour la mise au point, puis de s'effacer pour laisser la plaque recevoir l'impression lumineuse. L'un et l'autre système sont coûteux et compliqués, ce qui explique le peu de développement de cette catégorie d'appareils. Néanmoins, ce sont, à notre avis, les seuls qui puissent donner satisfaction à l'opérateur sérieux. Aucun des problèmes qui se posent en photographie instantanée ne peut leur échapper, on est toujours assuré d'une mise en plaque et d'une mise au point irréprochables. Dans cet ordre d'idées, nous citerons le kinégraphe de M. Français, la chambre à vision simultanée de MM. Londe et Dessoudeix, la chambre de M. Smith, le photoscope de Ross et la nouvelle jumelle de M. Derogy.

Comme considérations générales, tout appareil à main doit être muni d'un bon viseur; l'obturateur possédant différentes vitesses devra pouvoir être déclanché sans ébranler l'appareil : il ne doit pas démasquer en armant, car la généralité des appareils à main sont munis de magasins et non pas de châssis indépendants. Le mécanisme du magasin doit être aussi simple que possible afin d'éviter les chances d'accidents; il sera muni d'un compteur automatique indiquant le nombre de plaques disponibles ou celui des plaques exposées. Les magasins sont disposés suivant les modèles pour recevoir des préparations sur verre ou sur pellicule, celle-ci étant rigide ou en longues bandes souples. Dans ce dernier cas, certains appareils garnis de châssis à rouleaux permettent de faire 100 vues sans recharger. On fait d'ailleurs maintenant des bobines de pellicule interchangeables que l'on peut placer et retirer de l'appareil en plein jour; c'est là un progrès très réel et, le jour où les qualités de la pellicule ne laisseront plus à désirer, il est fort probable que l'on renoncera complètement à l'emploi des plaques dans les appareils à main.

Des préparations sensibles. — On peut distinguer deux méthodes générales pour obtenir des préparations sensibles à la lumière. La première consiste à incorporer dans un véhicule quelconque des chlorures, iodures ou bromures alcalins, puis, une fois le véhicule étendu sur le support, à plonger le tout dans une solution d'azotate d'argent. Par double décomposition, on obtient des chlorures, iodures ou bromures d'argent qui constitueront la couche sensible. Cette méthode peut s'appeler méthode par trempage.

La seconde consiste à former de toutes pièces les sels d'argent dans le véhicule choisi, puis, après élimination des azotates alcalins, à verser le produit obtenu qu'on nomme *émulsion* sur le support adopté. Ce procédé constitue la méthode par émulsionnage.

Dans la première catégorie se rangent les procédés du collodion humide, de l'albumine et du collodion sec; dans la seconde, les émulsions au collodion et à la gélatine (gélatino-bromure d'argent). Le daguerréotype ne figure pas dans cette classification, il ne donne pas, en effet, d'image négative; il a d'ailleurs été traité dans cet ouvrage (V. Daguerréotype).

Procédé du collodion humide. — Pour tout ce qui est de la préparation fort importante du collodion, V. Collodion. Pour sensibiliser le collodion, on prépare la liqueur suivante, dite liqueur iodo-bromurée :

Alcool absolu	1.000cc
Iodure d'ammonium	40gr
— de cadmium	40gr
Bromure de cadmium	40gr

Pour l'usage on prend :

Collodion normal	90 parties.
Liqueur iodo-bromurée	10 —

Le collodion est étendu sur une glace parfaitement nettoyée, puis, aussitôt que l'éther et l'alcool sont évaporés, on plonge dans le bain sensibilisateur ainsi composé :

Azotate d'argent	7 à 8gr.
Acide azotique	1gte
— acétique	3cc.
Eau distillée	100cc.

On ajoute quelques centimètres cubes de collodion sensibilisé, on agite et on filtre. Cette opération a pour but d'introduire dans le bain une petite quantité d'iodure. La plaque doit être plongée d'un seul coup, et on agite doucement la cuvette pendant la sensibilisation qui doit durer de 1 à 3 minutes environ: la plaque doit être retirée lorsque sa surface est mouillée uniformément. On laisse égoutter et on met la plaque en châssis. L'exposition doit être faite de suite.

Le développement s'effectue au moyen d'une solution de sulfate de fer contenant une certaine quantité d'acide acétique.

Eau	1.000cc
Acide acétique cristallisable	25cc
Alcool à 90°	50cc
Sulfate double de fer et d'ammoniaque	50cc

Ce bain est versé d'un seul coup sur la plaque et l'image apparaît de suite. Si la pose est insuffisante, on lave la plaque et on la recouvre de la solution suivante :

Eau distillée	100cc
Nitrate d'argent	3gr
Alcool	5cc
Acide acétique cristallisable	5cc

Après un séjour plus ou moins long, on emploie à nouveau le révélateur. Le fixage s'opère dans une solution de cyanure de potassium (2 à 3 °/₀) ou d'hyposulfite de soude (20 °/₀). On lave et l'on met sécher.

Procédé à l'albumine. — Ce procédé est intéressant en ce que la couche peut être employée à l'état sec, qu'il donne des épreuves d'une finesse remarquable et d'une pureté absolue. Il est encore employé pour l'obtention des diapositifs sur verre pour projection. Pour préparer l'albumine, on prend des blancs d'œufs et on les bat en neige de façon à détruire les cellules qui renferment celle-ci. On laisse reposer au frais et on décante la couche d'albumine qui se trouve rassemblée à la partie inférieure. On ajoute à ce liquide pour 100 centim. c. :

Iodure de potassium ou d'ammonium.	1gr
Bromure de potassium ou d'ammonium	0,25

Ces sels sont, au préalable, dissous dans une petite quantité d'eau. On filtre avec grand soin et on étend sur glaces parfaitement nettoyées au moyen d'une pipette ou de la tournette. Le couche doit être égale et très mince. On fait sécher de niveau dans une étuve légèrement chauffée et à l'abri de la poussière. Les plaques ainsi préparées se gardent parfaitement. Pour les sensibiliser, après les avoir exposées aux vapeurs d'iode jusqu'à ce qu'elles aient une teinte jaune d'or, on les plonge dans le bain suivant :

Eau distillée	100cc
Azotate d'argent	10gr
Acide acétique cristallisable	10cc

Après trois minutes de séjour on lave à l'eau distillée et l'on met sécher à l'abri de la lumière. Ces plaques se gardent quelques jours. Pour le développement, la plaque est plongée dans une solution d'acide gallique à saturation, puis on ajoute quelques gouttes de la solution suivante :

Acide pyrogallique	10gr
Alcool à 90°	100cc

Dès que l'image paraît, on ajoute quelques gouttes d'une solution d'azotate d'argent à 3 °/₀. Le développement est très long et peut durer plusieurs heures. On fixe à l'hyposulfite de soude.

On peut prolonger la conservation des plaques à l'albumine en les recouvrant à plusieurs reprises, avant le dernier lavage, de certaines substances nommées *préservateurs*. On a indiqué dans cet ordre d'idées l'acide gallique, le thé, le tanin, la gomme, le miel, le sucre, la dextrine.

Procédé au collodion sec. — Ce procédé avait pour but de permettre d'opérer loin du laboratoire, l'exposition pouvant être effectuée longtemps après la préparation et le développement pouvant être également différé. On augmente dans ce procédé la proportion des bromures, car on sait que l'iodure d'argent n'est sensible qu'en présence d'un excès de nitrate d'argent, tandis que, d'autre part, celui-ci doit être complètement éliminé, si l'on veut obtenir une préparation se conservant à l'état sec. Le bromure soluble dissout dans le collodion se transformant difficilement en bromure d'argent, on augmente le titre du bain d'argent jusqu'à 12 ou 15 °/₀. La durée de séjour est prolongée également jusqu'à quinze minutes. On choisit, d'autre part, les bromures facilement solubles dans l'éther et l'alcool, tels que ceux de cadmium, d'ammonium, de zinc, etc. La couche doit être très perméable à l'action des révélateurs, et on emploie à cet effet le coton à haute température, qui est plus poreux. Le bain d'argent doit être franchement acide. Après sensibilisation, comme dans le procédé à l'albumine, on lave avec soin pour enlever tout l'excès d'azotate d'argent. On recouvre ensuite d'un préservateur, qui constitue la variante nominale du procédé (procédé au tanin du major Russel). Avec le collodion sec, on indique les premiers révélateurs alcalins; au lieu d'employer l'acide gallique ou pyrogallique additionné d'acide acétique, on rend la solution franchement alcaline par l'ammoniaque, la soude ou leurs alcalis; on peut encore employer, au lieu du sulfate de peroxyde de fer, l'oxalate ferreux, qui est un réducteur énergique

Procédés par émulsionnage. — En 1853, un amateur, M. Gaudin, cherche à obtenir de toutes pièces le bromure d'argent dans le collodion, qu'il eût suffi alors de verser sur la glace pour avoir la couche sensible. Il reconnaît la nécessité de substituer les bromures aux iodures. En 1864, MM. Sayce et Bolton publièrent un procédé de ce genre, mais qui était encore incomplet, car ils n'éliminaient pas les produits nuisibles de double décomposition, et il était nécessaire de laver la couche une fois celle-ci étendue. En 1875, Mawdsley en Angleterre, et Chardon en France, obtiennent un produit qu'il suffit de dissoudre dans l'éther et l'alcool pour obtenir une émulsion prête à couler sur les plaques. Le principe est le suivant : le bromure d'argent est obtenu dans le collodion, puis on élimine les azotates solubles. On laisse alors évaporer, et les pellicules

contenant le bromure d'argent sont recueillies. Il suffit de les dissoudre au moment voulu dans l'éther et l'alcool.

Gélatino-bromure d'argent. — Dans ce procédé, on emploie un autre véhicule que le collodion, c'est la gélatine, qui avait été proposée dès 1850 par Poitevin. Néanmoins, ce n'est qu'à partir de 1871 qu'elle est étudiée d'une façon plus approfondie par Maddox. En 1878, on découvre l'extrême sensibilité donnée à l'émulsion à la gélatine par la maturation; depuis cette époque, ce procédé a atteint une grande perfection et est devenu industriel, car actuellement les plaques sont fabriquées à la machine. Le principe est, du reste, très simple : le bromure d'argent est formé dans la solution de gélatine par double décomposition, on élimine alors les azotates alcalins solubles; on donne la sensibilité par la maturation et on coule sur plaques. Cette dernière opération se fait à la machine, et certaines usines, comme celles de MM. Lumière, Guilleminot, Perron, etc., livrent plusieurs milliers de plaques journellement.

Les changements d'état moléculaire du bromure d'argent sous l'influence de la maturation sont des plus intéressants à connaître : du blanc légèrement jaunâtre il passe au vert jaune par une série de nuances intermédiaires qui correspondent à des degrés différents de sensibilité. En même temps, la grosseur des molécules augmente et le grain qui, d'après Eder, n'a au début que 8/1.000e de millim., peut atteindre jusqu'à 2 à 4 centièmes de millim. Il ne faudra pas oublier ces faits qui, en pratique, ont une grande importance : les émulsions fines seront lentes, les émulsions rapides auront un gros grain. La maturation peut s'obtenir par l'action de la chaleur, l'addition d'un alcali, ou simplement par le temps à froid. Les deux premiers procédés sont les plus employés, soit isolés, soit associés.

Le choix de la gélatine est capital (V. Gélatine). On emploie les variétés dures, demi-dures ou tendres, ou un mélange convenable des unes et des autres, suivant le résultat cherché et la saison. A. On fait gonfler 50 gr. de gélatine dans 350 gr. d'eau distillée froide, puis on la fait dissoudre au bain-marie. On filtre avec grand soin et on neutralise. B. On dissout 18 gr. de bromure d'ammonium dans 150 centim. c. d'eau distillée et on y ajoute 100 centim. c. de la solution A. On maintient à la température de 30 à 40°. C. On fait dissoudre à chaud dans un ballon de verre 27 gr. d'azotate d'argent dans 150 centim. c. d'eau distillée. On passe alors à la lumière rouge et on mélange les deux solutions B et C encore chaudes et en agitant vivement. L'émulsion est obtenue. Il reste à la mûrir en la portant pendant vingt minutes à la température de 100°. De la couleur orangé par transparence, elle doit être passée à la teinte gris bleuté. On ajoute alors 100 centim. c. de la solution A. On laisse refroidir dans une cuvette en porcelaine. Lorsque l'émulsion a fait prise, on la divise en petits fragments en la faissant passer par force à travers un fin canevas; on laisse ces fragments dans l'eau courante, de façon à éliminer les sels solubles. On égoutte avec soin et on remet au bain-marie en ajoutant encore 100 centim. c. de la solution A. Il ne reste plus qu'à couler sur plaques. Les plaques faites à la machine par l'industrie sont livrées en boîtes de carton contenant en général une douzaine divisée en deux ou trois paquets. Des petits plissés de papier séparent les plaques pour éviter que les couches ne viennent au contact. Chaque boîte porte un numéro de fabrication et un numéro de sensibilité (en Belgique et en France, degré du sensitomètre Warnercke : en Angleterre, du sensitomètre Hurtu et Driffield). Les plaques les plus rapides marquent actuellement 25 au sensitomètre Warnercke.

Mesure de la sensibilité des préparations photographiques. — La méthode à peu près seule employée dans la pratique est due à Warnercke. On place la plaque photographique à essayer derrière un écran formé de cases d'opacité croissante, chacune d'elle portant un numéro d'ordre complètement opaque. On impressionne alors la plaque au moyen d'un écran phosphorescent qui a été insolé par la combustion d'un ruban de magnésium de longueur donnée. On développe et on note le dernier numéro visible sur la plaque. Celui-ci constituera le degré de sensibilité. D'après M. Eder, une plaque au collodion a une sensibilité égale à 10; la plaque au gélatino-bromure, qui marque 20, est 16 fois plus sensible. Celle qui marque 25 est 63 fois plus sensible. Le Congrès de photographie a admis une autre méthode basée sur l'obtention d'une échelle de teintes par des expositions régulièrement croissantes et le rapprochement de cette échelle d'une teinte dite normale, définie arbitrairement. La mesure de la sensibilité de la préparation est donnée par le temps nécessaire pour obtenir le ton normal. L'expérience a lieu dans des conditions rigoureusement déterminées et à la lumière d'une lampe étalon à l'acétate d'amyle.

En pratique, on peut comparer la sensibilité relative de deux ou plusieurs plaques en les exposant simultanément pendant un temps très court et en les développant dans le même bain et pendant le même temps. Les impressions les plus énergiques correspondront aux plaques les plus rapides.

Au lieu de couler l'émulsion au gélatino-bromure sur verre, on peut remplacer celui-ci par du papier (papier pelliculaire négatif, papier au gélatino-bromure d'argent) ou sur des véhicules transparents (pellicules). Comme supports transparents pouvant avoir les avantages du verre sans avoir ses inconvénients de poids et de fragilité, on emploie la gélatine insolubilisée par le bichromate de potasse ou le formol, soit le celluloïd. Ce dernier support est dangereux à cause de son inflammabilité; il est également sujet à se décomposer et réagit sur la couche sensible. L'obtention d'un bon support de ce genre, n'altérant pas la sensibilité de la préparation, est encore un gros problème qui n'a pas reçu de solution définitive.

De l'exposition. — La question de la détermination de la durée d'exposition est beaucoup une question de pratique; néanmoins, divers facteurs interviennent, et pour établir par le calcul le temps de pose dans tel ou tel cas déterminé, il est indispensable de les faire entrer en ligne de compte. M. de Chapel d'Espinassoux a dressé un tableau qu'il est utile de reproduire :

FACTEURS DU TEMPS DE POSE

- I Facteurs naturels
  - Intensité actinique de l'éclairage....
    - Lumière du jour
      - Extérieur.
        - Latitude.
        - Saison.
        - Heure.
        - Etat du ciel.
        - Altitude.
        - Température.
      - Intérieur.
        - Dimensions de l'ouverture éclairante.
        - Distance de l'ouverture au sujet.
        - Nature du vitrage.
    - Lumière artificielle.
  - Éclat actinique du sujet....
    - Couleur du sujet.
    - Distance du sujet à l'appareil.

II Facteurs optiques	Surface du diaphragme.	
	Longueur focale	Principale (sujet éloigné) Variable (sujet rapproché).
	Lentilles	Nombre. Forme. Nature du verre.
III Facteurs chimiques	Nature de la surface sensible	Degré de rapidité. Degré d'orthochromatisme. Degré de persistance de l'impression lumineuse.
	Énergie du révélateur	Composition. Température. Durée d'action.

Il est certain que ces divers facteurs n'ont pas tous une action également prépondérante : les uns peuvent être négligés dans une certaine mesure ; les autres, tels que ceux qui résultent du choix de l'objectif, de la sensibilité de la plaque employée, de la nature du révélateur, peuvent être considérés comme constants pour un opérateur travaillant avec un objectif déterminé, une marque de plaque toujours la même et un révélateur identique. Il n'en reste pas moins certain que les variations résultant des modifications de l'intensité de l'éclairage, de l'éclairement propre du sujet et de sa coloration, de l'interposition du diaphragme sont suffisantes pour nécessiter la connaissance exacte de leur importance combinée qui seule permettra de déduire la durée de pose la plus convenable (se reporter au tableau). On a cherché à établir des appareils destinés à déterminer l'actinisme de la lumière au moment de l'opération, et à permettre d'en déduire le temps d'exposition nécessaire ; ce sont les actinomètres et les photomètres : les actinomètres sont basés sur le noircissement plus ou moins rapide d'une bande de papier sensible avec ou sans comparaison avec une teinte type arbitraire (Monckhoven, Vogel, Vidal, Lamy, Roscoë). Ces appareils, qui sont surtout utilisés dans les tirages au charbon ou photomécaniques, sont plus difficilement applicables pour déterminer la durée d'exposition en plein air ; la sensibilité du chlorure d'argent n'est pas la même que celle du bromure ; l'opération demande un certain temps, surtout si l'on opère à l'intérieur ; enfin la méthode ne donne des indications générales que sur l'actinisme de la lumière au lieu où est l'opérateur, mais non pas sur la valeur de l'image reçue au foyer de l'objectif. Les photomètres sont basés au contraire sur l'examen de la clarté de l'image au foyer même de l'objectif. On se sert en général d'un tube formant lunette et garni de diaphragmes variables. D'après l'ouverture de ce diaphragme, nécessaire pour atteindre un certain degré de perception de l'image ou laisser voir des repères déterminés, trous ou chiffres transparents, on en déduit les rapports de temps de pose. Ces appareils tiennent compte des facteurs lumière, clarté de l'objectif, distance, mais ils ne peuvent donner que des renseignements approchés, l'action de la lumière sur l'œil n'étant pas la même que sur la plaque photographique, ainsi que nous l'avons dit précédemment.

Du développement. — Nous n'avons à nous occuper que du développement des plaques au gélatino-bromure d'argent, les méthodes spéciales aux autres procédés ayant été traitées avec la description de ces procédés. Alors que le développement des plaques relativement lentes pouvait s'effectuer à la lumière jaune, celui des plaques au gélatino-bromure exige impérieusement l'éclairage rouge. On obtient celui-ci en interposant entre une source de lumière quelconque et la plaque un verre rouge convenablement choisi. Celui-ci essayé au spectroscope doit arrêter toutes les radiations autres que le rouge. Le but du développement est de faire apparaître l'image latente formée par la lumière ; il est basé sur l'action de l'hydrogène sur le bromure d'argent, lequel s'empare du brome et met l'argent en liberté. L'hydrogène est obtenu par la décomposition de l'eau au moyen de corps oxydables dits réducteurs qui s'emparent de son oxygène. Tous les corps réducteurs ne peuvent pas être employés indifféremment, les produits d'oxydation de certains d'entre eux ayant une action prédominante inverse ou pouvant altérer le véhicule de la couche sensible. A cause de leur avidité pour l'oxygène, on ne prépare certains réducteurs qu'au moment de l'usage, ou encore on leur ajoute des corps dits *conservateurs* qui ont pour but d'empêcher leur oxydation à l'air ; en dernier lieu, on peut les conserver en flacons pleins et vides d'air, le liquide ayant été porté à l'ébullition au préalable. L'acide bromhydrique produit pendant la réaction étant nuisible à la formation de l'image on le sature au moyen d'un alcali. Le bain de développement comprend donc en principe un *réducteur*, un *conservateur* et un *alcali* ; certains produits qui favorisent les réactions peuvent être ajoutés : ce sont les *accélérateurs* ; d'autres qui les retardent constituent les *retardateurs*. Néanmoins, tous les réducteurs ne sont pas des développateurs, et rentrent seuls dans cette catégorie ceux qui ne réduisent les halosels d'argent qu'après exposition à la lumière. Les développateurs de l'image latente peuvent se diviser en deux grandes classes : 1° Les développateurs minéraux appartenant à la chimie inorganique. Ils sont en nombre très limité, les produits d'oxydation ayant tendance à produire une réaction inverse de celle du développement. Un seul est employé d'une façon courante, c'est l'oxalate ferreux. 2° Les développateurs organiques qui sont des corps classés dans la chimie organique, et plus particulièrement dans la série aromatique. L'étude de ces corps a été faite d'une façon très complète par le Dr Andresen et par MM. Lumière. Ces derniers auteurs ont pu définir ainsi les lois relatives à la fonction développatrice des corps : 1° pour qu'une substance de la série aromatique soit un développateur de l'image latente, il faut qu'elle renferme soit deux groupes hydroxylés, soit deux amidogènes ou bien un hydroxyle, et un amidogène dans le noyau aromatique ; cette condition ne suffit que dans la para-série et généralement dans l'ortho-série ; elle n'a aucune valeur dans la méta-série. C'est lorsque les groupements hydroxylés et amidés sont en position para que le pouvoir développateur est maximum. Parmi les corps de cette catégorie les plus employés, nous citerons l'acide pyrogallique (pyrogallol), l'hydroquinone, le métol, l'iconogène, le paramidophénol, le diamidophénol, le pyrocatéchine, l'amidol, etc. — Comme conservateur, on emploie généralement le sulfite de soude cristallisé (Eder) ou mieux encore le sulfite de soude anhydre (Lumière). — Comme alcalis, les plus employés sont les carbonates alcalins, la soude et la potasse caustiques, la lithine, l'ammoniaque, les sucrates de calcium et de baryum, le phosphate tri-basique de soude (Lumière). Comme accélérateur, on a indiqué, avec l'oxalate ferreux, l'hyposulfite de soude (Audra) ; avec les réducteurs organiques l'iode et les iodures, l'acide formique, le prussiate jaune de potasse, le borax. Comme retardateurs, on utilise généralement le bromure de potassium, les acides citrique et borique ainsi que les citrates ou borates.

La pratique du développement a une grande importance, et par des variations raisonnées dans les proportions des

divers constituants, on arrive dans une large mesure à modifier le caractère du négatif. D'une manière générale, on a reconnu que l'augmentation du réducteur donnait de l'intensité, que l'augmentation de l'alcali donnait des détails. La conduite du développement devra être effectuée, pour arriver à un résultat déterminé, d'après la nature de l'objet et la durée d'exposition. Le tableau ci-dessus indique les variations à apporter au développement suivant la nature de l'objet à reproduire.

VARIATIONS A APPORTER AU DÉVELOPPEMENT SUIVANT LA NATURE DE L'OBJET A PRODUIRE

NATURE de L'OBJET	TEMPS DE POSE	MODIFICATIONS du DÉVELOPPEMENT	CONDUITE DU DÉVELOPPEMENT	RÉSULTAT CHERCHÉ
I Sujet normal. (Bien en valeurs. Pas d'oppositions.)	Normal. (Très légère surexposition.)	Bain normal.	Bromure (d'autant plus qu'il y a plus de pose). Développement lent. Chercher les détails, puis l'intensité.	Reproduire le sujet tel qu'il est.
II Sujet à oppositions.	Exagérer la pose (d'autant plus qu'il y a plus d'oppositions).	Bain dilué. (Diminution des constituants du bain, augmentation de la quantité d'eau.)	Peu de bromure. Développement très lent. Chercher les détails, puis l'intensité.	Eviter les contrastes trop accentués du modèle.
III Sujet monotone. (Manque de valeurs et d'oppositions.)	Diminuer la pose.	Bain concentré. (Diminution de la quantité d'eau.)	Augmenter le bromure. Développement plus rapide. Pousser à l'intensité puis aux détails.	Donner de la valeur et des contrastes.
IV Sujet instantané.	Suivant la vitesse du sujet.	Bain concentré. (Augmentation des constituants du bain, diminution de la quantité d'eau.)	Traces de bromure. Développement rapide. Chercher les détails, puis l'intensité.	Avoir le cliché avec les détails et l'intensité suffisante.

Au point de vue pratique, on peut distinguer deux catégories de révélateurs, ceux dont les constituants sont séparés, le mélange étant fait au moment d'opérer, et ceux dont tous les constituants sont mélangés. Les premiers auront plus de souplesse et permettront plus facilement de corriger les écarts de pose ; les seconds ne permettront pas la même latitude. Dans la première catégorie, nous citerons comme type l'acide pyrogallique, la marche étant d'ailleurs la même avec tout autre réducteur. On prend: A, acide pyrogallique; B, solution de sulfite de soude à 25 %; C, solution de carbonate de soude à 60 %; D, solution de bromure de potassium à 10 %; on dissout 0,15 environ de A dans 25 de B, puis on ajoute 80 centim. c. d'eau. D'après la durée d'exposition on met de 1 à 10 gouttes de D. On plonge la plaque dans ce bain placé dans une cuvette plate, on agite pour assurer le mouillage régulier et éviter les bulles d'air. On ajoute ensuite C par petites quantités jusqu'à ce que l'image apparaisse et en attendant quelques instants entre chaque addition. Le moment où l'image apparaît est le point critique de l'opération, et il faut, d'après le caractère de celle-ci, apprécier la conduite à tenir pour terminer. Si l'image apparaît heurtée, les grandes lumières seules sans détails dans les ombres, le cliché menace d'être dur, il faut pousser à l'alcali ; vient-elle trop uniforme, trop grise, il faut augmenter les oppositions par l'augmentation de la quantité du réducteur, quelquefois même ajouter du modérateur pour retarder la venue de l'image et lui permettre de prendre les contrastes nécessaires. Le point délicat dans le développement est de savoir le moment où l'on doit arrêter l'action du révélateur; il faut partir de ce principe que le négatif doit posséder tous les détails jusque dans les parties les moins éclairées, et que, d'autre part, il doit avoir une intensité suffisante pour qu'au tirage les différentes valeurs soient reproduites aussi exactement que possible. On arrive vite par la pratique et l'expérience à savoir à quel point il faut arrêter l'action du révélateur, l'épaisseur variable de la couche sensible et les nécessités d'intensités différentes avec les divers procédés positifs ne permettant pas de fixer de règle absolue. On lave alors le cliché pendant quelques instants et l'on procède au fixage.

Avec les bains tout préparés, dans lesquels tous les constituants sont mélangés, on ne saurait obtenir la même souplesse, et ils ne conviennent bien que si l'on n'a pas dépassé notablement la pose, eu égard à l'énergie propre du bain. Pour éviter les insuccès on a proposé de diluer le bain, de le bromurer ou, ce qui revient au même, d'utiliser des bains ayant déjà servi. Il est certain que cette méthode sera plus sûre, mais elle demande tout autant d'expérience sinon plus que la précédente, car on opère toujours avec des bains dont on ignore l'énergie. Comme exemple de bain tout préparé, nous indiquerons la formule suivante due à MM. Lumière: Paramidophénol, 12; sulfite de soude, 200 ; carbonate de soude, 200 ; eau, 1.000. Souvent on prépare des bains contenant plusieurs réducteurs, les qualités de l'un compensant les défauts de l'autre. L'un des meilleurs est le suivant, dans lequel la dureté de l'hydroquinone est compensé par le métol qui, de son côté, aurait tendance à donner des images trop grises: eau, 1.000 ; sulfite de soude anhydre, 150 ; hydroquinone, 7gr,5; carbonate de potasse, 40 gr. ; métol, 5 gr.

Du fixage. — Le cliché une fois développé doit être fixé afin d'éliminer tous les sels d'argent non réduits par la lumière. On se sert généralement d'une solution d'hyposulfite de soude à 20 %. Le cliché doit y séjourner jusqu'à disparition complète de l'aspect blanchâtre que donne la présence du bromure d'argent. On assure la conservation du bain d'hyposulfite en lui ajoutant 50 gr. de bisulfite de soude par litre. Après le fixage, on doit laver abondamment le cliché pour enlever toutes traces d'hyposulfite. La durée du cliché dépend du soin apporté à cette opération. Pour durcir la couche et la rendre imputrescible, on passe le cliché à l'alun (eau, 1.000; alun de potasse, 8) pendant dix minutes, ou dans une solution étendue de formol (solution commerciale de formol, 1; eau, 10) pendant cinq minutes. Dans les deux cas, on relave bien avant de mettre sécher. Le séchage doit s'opérer dans un local tempéré et à l'abri de la poussière. Dans un endroit humide, l'opération se fait irrégulièrement, et certains microbes peuvent envahir

la couche qui est un milieu de culture très favorable; ceux-ci produisent de petits cratères qui peuvent détruire la gélatine jusqu'au verre et constituer autant de trous. Pour sécher rapidement un cliché, on peut le passer au formol et le chauffer ensuite; dans le même but, on se sert d'alcool absolu; après quelques minutes de séjour on essore et on met sécher à une douce chaleur. Au cas où le négatif serait trop faible ou trop énergique par suite d'un développement trop court ou trop prolongé, on peut augmenter la densité du négatif par le renforcement ou la diminuer par le baissage. Le procédé le plus employé pour renforcer consiste à mettre le cliché dans un bain de bichlorure de mercure (2,5 °/₀) jusqu'à ce que la couche soit blanchie. On lave abondamment et on passe dans l'eau ammoniacale (eau, 100; ammoniaque, 10) en agitant constamment. La couche noircit de suite et lorsque la teinte est uniforme on sort et on termine par un bon lavage.

Pour réduire l'intensité d'un négatif, on se sert d'un mélange, préparé au moment de l'usage, de prussiate rouge de potasse (ferricyanure de potassium) à 5 °/₀ et d'hyposulfite de soude également à 5 °/₀. L'action de ce bain est rapide et énergique, aussi faut-il retirer le cliché fréquemment, le laver et constater l'effet produit. Pour protéger les négatifs terminés, on les vernit avec du vernis à chaud ou à froid, ou, plus simplement, on les recouvre d'une couche de collodion à 2 °/₀. Ce dernier procédé est suffisant avec la couche de gélatine que a déjà par elle-même assez de résistance.

2° Des procédés positifs. — Une fois le négatif obtenu, celui-ci est utilisé pour obtenir l'image positive, ou *positif*. En repétant les opérations que nous allons décrire, on peut multiplier à l'infini le nombre des épreuves; c'est là une des qualités les plus précieuses de la photographie et qui explique l'importance qu'elle a prise actuellement. Les procédés positifs se divisent en deux grandes classes : 1° les procédés photographiques dans lesquels l'action de la lumière est nécessaire par l'obtention de chacune des épreuves; 2° les procédés mécaniques dans lesquels la lumière n'intervient que pour exécuter une planche qui sera tirée par les procédés ordinaires de la lithographie, de la typographie ou de la gravure en taille douce ou encore par certains procédés spéciaux.

Procédés photographiques. — On connaît actuellement nombre de substances qui sont impressionnées par la lumière, mais les préparations qui sont les plus employées ont pour bases les sels d'argent, de platine, de fer ou de chrome. Nous adopterons cette division.

Photocopies positives au chlorure d'argent. Il faut distinguer de suite deux catégories, les procédés qui donnent des épreuves par noircissement direct et ceux qui nécessitent un développement. Dans la première se rangent le procédé au chlorure d'argent sur papier salé, albuminé, collodionné ou gélatiné (papiers aristotypes); dans la seconde, le papier au gélatino-bromure d'argent et au gélatinochlorure par développement.

Papier salé. On prend du papier de Rives et on le fait flotter pendant trois ou cinq minutes sur un bain contenant : eau, 1.000; chlorure de sodium, 30; on fait sécher et on sensibilise sur le bain d'azotate d'argent à 10 °/₀. On recommande avec ce papier les fumigations ammoniacales.

Papier albuminé. On passe le papier de Rives dans un bain contenant : albumine, 72; eau, 24; chlorhydrate d'ammoniaque, 2. Un second passage dans ce bain donne le papier dit double albumine qui produit des épreuves plus brillantes. On sensibilise dans le bain de nitrate d'argent contenant : nitrate d'argent, 100 à 120; solution de carbonate de soude à 10 °/₀, 10; eau distillée, 1.000. Ce bain s'épuise par l'usage et l'on rajoute 2 gr. de nitrate d'argent après la sensibilisation de chaque feuille 45/51. Ce papier se conserve mal, aussi pour augmenter sa durée on préfère un bain acide comprenant : eau, 1.000; nitrate d'argent, 80; acide citrique, 80; alcool, 100. Le seul inconvénient de ce bain est de rendre le virage moins facile et moins rapide. Le papier placé sous le négatif dans le châssis-presse est exposé à la lumière du jour. L'image se dessine peu à peu. Il est nécessaire de dépasser quelque peu le point où elle est complète, car elle baissera par le traitement ultérieur. Le virage a pour but de remplacer une partie de l'argent de l'épreuve par de l'or métallique qui assure une plus grande stabilité et donne une tonalité plus agréable. L'épreuve lavée au préalable pour être débarrassée de l'excès de chlorure d'argent est mise dans le bain suivant : eau, 1.000; chlorure d'or et de potassium, 1; craie en poudre, 4 à 5 gr. Ce bain doit être préparé vingt-quatre heures à l'avance et être limpide et décoloré. On le décante et on le filtre. L'épreuve vire du rouge au violet en passant par toute la gamme des bistres et des pourpres. On la sort lorsque l'on a obtenu la tonalité que l'on préfère. On lave et l'on met fixer dans l'hyposulfite de soude (10 °/₀). On termine par un lavage qui doit être très soigné; la conservation des épreuves est à ce prix. Les épreuves sont suspendues pour sécher, puis coupées et collées sur carton. Pour avoir des épreuves brillantes, dites émaillées, on les gélatine et on les applique sur un verre ciré ou talqué. Dans ce cas, le collage doit se faire à sec.

Papier au collodio-chlorure et au gélatino-chlorure. Au lieu d'albumine on se sert de collodion ou de gélatine; le sel d'argent n'est plus obtenu par trempage, mais par émulsionnage. Pour éviter la pénétration de l'image dans le papier, celui-ci est recouvert d'une couche de baryte (eau, 1.200 centim. c.; gélatine fine, 100 gr.; sulfate de baryte, 50 gr.). L'emploi du papier baryté permet d'obtenir des images très brillantes. Eder donne la formule suivante pour la préparation du collodio-chlorure :

A.	Chlorure de lithium.....	1gr,5
	Acide citrique.....	1gr,5
	Alcool.....	50cc
B.	Ether.....	250cc
	Alcool.....	250cc
	Coton poudre.....	4gr
C.	Azotate d'argent.....	14cc
	Eau distillée chaude.....	8gr

auxquels on a ajouté après dissolution :

	Alcool.....	150cc

On mélange A et B pour obtenir le collodion chloruré, puis on émulsionne en ajoutant C par petites quantités On introduit 4 à 6 gr. de glycérine et on l'étend sur papier.

Pour l'émulsion au gélatino-chlorure, le même auteur indique les deux solutions suivantes qui sont mélangées à chaud :

A.	Gélatine.....	16gr
	Eau.....	100cc
B.	Azotate d'argent.....	15cc
	Eau.....	48cc

On ajoute alors la solution suivante également chaude :

C.	Chlorure de sodium.....	4gr
	Acide citrique.....	4gr
	Eau.....	48cc

On obtient ainsi un chloro-citrate d'argent. L'émulsion est traitée par les procédés habituels, puis étendue sur papier.

Les papiers au collodio ou gélatino-chlorure se trouvent dans le commerce et sont connus sous le nom de papiers Liesegang, Lumière, Lamy, Eastman, etc.

Le virage de ces papiers doit être plus poussé que celui

des papiers à l'albumine; on les vire par les procédés habituels ou avec des bains de virage et fixage combinés qui sont très commodes, mais peut-être critiquables au point de vue de la stabilité des épreuves. Une des meilleures formules a été donnée par M. Mercier : hyposulfite de soude, 150 gr.; chlorure de sodium, 50 gr.; chlorure d'or brun, 1 gr.; acétate de soude, 15 gr.; talc, 15 gr.; azotate de plomb, 15 gr.; eau, 1.000 centim. c.

Photocopies positives aux sels d'argent par développement. — L'avantage de ce procédé est de permettre d'obtenir des épreuves très rapidement à la lumière artificielle; ils sont très précieux pour faire des agrandissements. Les papiers au gélatino-bromure des marques Barnett, Eastman, Guilleminot, Lamy, Lumière, Marion, Morgan, Vellington, etc., sont très connus et il est inutile de décrire leur mode de fabrication qui est identique à celui des plaques. Leur traitement et le même, sauf qu'il y a intérêt à employer des révélateurs qui ne puissent pas colorer le papier. — On fabrique ces papiers en plusieurs qualités qui diffèrent par le grain ou par la rapidité. On peut donc en faire un choix judicieux, suivant le résultat que l'on cherche.

Les papiers en gélatino-chlorure d'argent, qui donnent des épreuves par noircissement direct, peuvent donner également des épreuves par développement. C'est le cas du papier mat de MM. Lumière. On arrête l'impression lorsque l'image est bien visible et on plonge dans un bain contenant : eau, 250 centim. c. ; acide pyrogallique, 1 gr.; acide acétique, quelques gouttes. Lorsque l'image a atteint l'intensité désirable, on effectue le virage et on fixe. Le bain que l'on emploie dans ce cas est ainsi composé:

Eau	1.000cc
Sulfocyanure d'ammonium	20gr
Hyposulfite de soude	1gr,5
Chlorure d'or	1gr

L'avantage du papier au gélatino-chlorure est de permettre, par les variations de la durée d'exposition, le révélateur adopté et le virage, d'obtenir des tonalités moins monotones que celles du papier au gélatino-bromure.

Photocopies positives aux sels de platine. — On étend sur papier un mélange d'un sel de fer au maximum et de protochlorure de platine ; on expose derrière le négatif jusqu'à apparition d'une image à peine visible ; on la plonge alors dans une solution chaude d'oxalate neutre de potasse. L'image apparaît instantanément. — On fixe dans de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique et on lave. L'image étant constituée par du platine métallique est inaltérable (V. Platinotypie).

Photocopies positives aux sels de fer. — Ces procédés sont très intéressants à cause de leurs applications industrielles. Ils sont universellement employés par les architectes, les administrations pour la reproduction des plans et dessins exécutés sur papier calque.

Procédé au ferro-prussiate. On prend du papier fortement encollé et après l'avoir tendu sur une planchette on le recouvre au pinceau de la solution suivante : A, eau, 130 centim. c.; citrate de fer ammoniacal, 20 gr. ; B, eau, 100 centim. c. ; ferricyanure de potassium, 16 gr. On mélange A et B par parties égales et on conserve dans l'obscurité. On peut encore faire flotter le papier sur le bain mis dans une grande cuvette. On retire après deux minutes de séjour et l'on met sécher. La sensibilisation et le séchage se font à l'abri de la lumière du jour. Le calque à reproduire doit être fait sur un papier bien transparent et avec une encre bien noire (noir Bourgeois ou encre de Chine additionnée de gomme-gutte). On contrôle l'impression en exposant en même temps que le châssis une petite bande de même papier. — De temps en temps on en coupe un morceau et l'on développe. On évite ainsi toute erreur. — Le développement consiste à passer le papier dans l'eau. Le précipité bleu formé par la lumière reste adhérent, les autres parties restées solubles se dissolvent. On obtient le trait blanc sur fond bleu. Pour aviver le ton de l'épreuve, on passe quelques instants dans le bain suivant :

Eau	100cc
Acide chlorhydrique	4cc
Chlorure de chaux	q.q. gouttes

On lave rapidement et l'on met sécher.

Procédé dit cyanofer. Ce procédé donne des traits bleus sur fond blanc. On prend un papier fortement encollé à la gélatine et on prépare les trois solutions suivantes :

A.	Eau	100cc
	Gomme arabique	20gr
B.	Eau	100cc
	Citrate de fer ammoniacal	50gr
C.	Eau	100cc
	Perchlorure de fer sublimé	58gr

(Pizzighelli).

On mélange au moment de l'usage A. 20, B. 8, C. 5. L'impression doit être poussée jusqu'à ce que l'image apparaisse en blanc sur fond sombre. — On développe au pinceau avec une solution de ferrocyanure de potassium à 20 %. Les traits apparaissent de suite en bleu. On lave et on passe dans l'acide chlorhydrique dilué à 10 %. On termine par le lavage définitif et l'on met sécher.

Photocopies au gallate de fer. — Ce procédé donne des traits noirs sur fond blanc. On prépare les solutions suivantes :

A.	Eau	500cc
	Gomme arabique	50gr
B.	Eau	200cc
	Acide tartrique	50gr
C.	Eau	200cc
	Sulfate ferrique	30cc

On verse C dans B et après avoir bien agité on verse le tout dans A. On ajoute alors 100 centim. c. de perchlorure de fer à 45° B. On filtre et on garde dans l'obscurité. L'image apparaît en jaune à l'impression. On développe en faisant flotter sur le bain suivant :

Eau	1.000cc
Acide oxalique	0gr,1
Acide gallique	3gr

Les traits jaunes se colorent en noir. On laye et l'on met sécher.

Photocopies positives aux sels de chrome. — C'est à Poitevin que l'on doit la découverte des propriétés de la gélatine bichromatée qui sont la base du procédé au charbon. *La gélatine bichromatée sous l'influence de la lumière s'insolubilise dans l'epaisseur de la couche et ceci proportionnellement à l'intensité de la lumière qui l'a pénétrée.* Si dans cette gélatine bichromatée coulée sur papier on a incorporé au préalable une matière colorante à l'état de poudre impalpable, les parties devenues insolubles emprisonnent la matière colorante et ceci proportionnellement à leur degré d'insolubilisation ; au contraire, les parties restées solubles seront éliminées par un dissolvant approprié et entraîneront la matière colorante. L'image sera donc constituée par des épaisseurs différentes de la couche colorée qui reproduira ainsi toutes les valeurs de l'original. Le papier au charbon de diverses nuances se trouve tout préparé dans l'industrie par les maisons Monckhoven, Lamy, Compagnie Autotype, etc. On le sensibilise dans le bain suivant, la feuille flottant la couche sur le liquide :

Eau	1.000cc
Bichromate de potasse	20gr
Carbonate d'ammoniaque	1gr,50

La durée du séjour varie de deux à cinq minutes sui-

vant la saison (maximum en hiver); le titre du bain est modifié également par certains opérateurs jusqu'à 5 % en hiver. On laisse sécher dans l'obscurité, et on emploie dans les vingt-quatre heures. L'exposition se fait à la lumière naturelle au châssis-presse et elle est surveillée au moyen d'un photomètre, car l'image n'est pas visible. Lorsque le degré voulu est atteint, on procède au développement qui se fait dans l'eau tiède par simple ou double transfert, suivant que l'on a opéré d'après un négatif retourné ou un négatif ordinaire. L'opération du transfert a pour but de développer l'image par la face opposée à celle qui a reçu l'action de la lumière; de cette manière, on peut conserver toutes les nuances les plus délicates.

Cette théorie du développement des épreuves au charbon n'est peut-être pas définitive, car dans un procédé récent, le procédé Artigue, l'image peut être développée sans aucun transfert. L'avantage du procédé au charbon est de donner des épreuves de tonalités variées d'après la nature du papier employé et de présenter une inaltérabilité absolue. Les épreuves obtenues par le procédé Artigue ont, d'autre part, une vigueur et un velouté qui n'avaient encore été obtenus par aucune autre méthode.

D'autres propriétés de la gélatine bichromatée sont également intéressantes : après insolation, la plaque plongée dans un liquide coloré se teinte d'une façon inversement proportionnelle à la lumière, c.-à-d. que les parties profondément insolées repoussent la teinture et que les autres la prennent d'autant plus que l'action de la lumière a été moins profonde. En utilisant un positif comme modèle, on obtient un autre positif coloré; les procédés d'hydrotypie de Ch. Cros, de photo-teinture de M. Villain sont basés sur ce principe. En le perfectionnant, MM. Lumière sont arrivés à obtenir des épreuves à double coloration qui ont permis des reproductions très complètes de préparations microscopiques. Depuis, en substituant la colle forte à la gélatine, ils ont pu réaliser des épreuves colorées de toute beauté obtenues par la méthode de sélection trichrome.

En mettant à profit les variations des propriétés hygroscopiques et adhésives des colloïdes naturels (sucre ou miel) mélangés avec le bichromate de potasse, on a créé le procédé aux poudres qui a conduit directement à l'obtention des émaux photographiques. La gomme arabique substituée à la gélatine a suggéré une variante du procédé au charbon qui, entre les mains d'amateurs habiles, a donné des résultats très artistiques (photosépia de M. Rouillé-Ladevèze, procédé à la gomme bichromatée de M. Demachy).

Procédés photomécaniques. — Pour reproduire rapidement et à un grand nombre d'exemplaires le document photographique, les procédés photographiques sont insuffisants à cause de la lenteur de l'impression et du prix de revient; il faut utiliser les procédés dans lesquels la lumière n'intervient que pour l'exécution de la planche qui est tirée ensuite mécaniquement et industriellement. Pour la description détaillée des divers procédés, nous renverrons aux articles spéciaux, nous contentant d'établir une classification générale qui mettra bien en lumière les caractères propres de chaque méthode et permettra de choisir celle qui est préférable dans telle ou telle hypothèse. Les procédés mécaniques se divisent en trois classes suivant que l'impression se fait sur : 1° une surface plane; 2° une surface présentant des creux; 3° une surface présentant des reliefs.

1° *Impressions sur surfaces planes.* La plus répandue est la *photocollographie* (anciennement *phototypie* [V. ce mot]). Elle utilise les propriétés de la gélatine bichromatée insolée de repousser ou de retenir l'encre d'impression d'après le degré plus ou moins prononcé d'insolation. Dans la même catégorie, il faut ranger les procédés divers connus sous le nom de *photolithographie* et qui utilisent la pierre lithographique ou des corps comme le zinc qui ont des propriétés analogues (V. Photolithographie).

2° *Impressions sur surfaces en creux.* Il s'agit, comme dans les procédés de la taille-douce, d'obtenir sur une plaque de métal des creux dans lesquels l'encre sera retenue. Celle-ci adhérera à la feuille de papier, convenablement pressée (V. Héliogravure). Un autre procédé, tout différent, est la photoplastographie (anciennement photoglyptie) qui est basé sur le remplissage au moyen d'une encre gélatineuse d'un moule formé par l'action de lumière. Les diverses épaisseurs de cette encre reproduisent toutes les valeurs de l'original (V. Photoplastographie).

3° *Impressions sur surfaces en reliefs.* L'objet de ces méthodes est de donner des blocs analogues aux blocs de typographie et composés de reliefs destinés à prendre l'encre comme les caractères d'imprimerie. S'il s'agit de reproduire le trait, le problème est aisé, et il est complètement résolu par le procédé indiqué par M. *Gillot* (V. ce nom). Lorsqu'il faut transformer les demi-teintes de l'image photographique, il est autrement plus compliqué (V. Héliogravure).

Etant donnée cette multiplicité des méthodes photomécaniques, le point délicat sera de choisir le procédé préférable dans tel ou tel cas, en tenant compte, bien entendu, de la qualité du résultat, du prix de revient et des facilités d'intercalation dans le texte, ce qui a une importance capitale au point de vue de l'illustration. Pour les reproductions de traits, le gillotage est généralement employé et il permet le tirage dans le texte. Il y a cependant une limite dans l'exécution des reliefs, et, pour des modèles comportant de très grandes finesses, la photocollographie sera préférable; elle nécessite seulement le tirage hors texte. La photozincographie convient également pour la reproduction des traits les plus fins, et elle est adoptée d'une façon générale. En ce qui concerne la reproduction des négatifs de demi-teintes, la photocollographie et la photoplastographie qui n'exigent pas l'interposition d'un grain ou d'un réseau tramé donneront les meilleurs résultats au point de vue de la traduction des modelés de l'original. Laissant de côté la photoplastographie, qui n'est plus guère exécutée dans l'industrie malgré ses réelles qualités, nous devons reconnaître le développement pris par la photocollographie. Elle se prête à l'obtention de tonalités variées : on peut lui reprocher cependant de ne pas assurer l'identité de valeur des épreuves, à cause du mouillage de la planche qui est constamment variable; elle ne se prête que difficilement aux tirages élevées, une planche ne pouvant guère fournir que 1.000 à 1.500 épreuves. La photocollographie se tire hors texte à moins d'exécuter un double tirage, ce qui s'est déjà fait dans plusieurs ouvrages, mais augmente de beaucoup le prix de revient. La gravure en creux, malgré le grain de résine qui est nécessaire pour effectuer la morsure, donne des épreuves de toute beauté mais d'un prix de revient très élevé. Elle nécessite le tirage à la presse en taille-douce, ce qui occasionne une nouvelle dépense pour chaque épreuve. Elle se tire hors texte. Les procédés de gravure en relief ont l'avantage capital de permettre le tirage du document avec le texte. C'est pour cette raison qu'ils ont pris depuis quelques années un développement si considérable. Ce sont eux qui permettent le tirage à grand nombre et à moindres frais. Les blocs typographiques peuvent être conservés, ce qui est un grand avantage, tandis que la planche photocollographique est nécessairement sacrifiée après le tirage.

Un autre point de vue, également intéressant, c'est que certains procédés tolèrent la retouche et que d'autres ne sauraient l'admettre. Ainsi en photocollographie et en photoplastographie aucune retouche de la planche ou du moule n'est possible. Au contraire, dans les procédés de gravure en creux ou en relief, on a une latitude beaucoup plus grande, dont les opérateurs abusent du reste quelquefois un peu trop. Si dans certains cas la traduction peut être améliorée par la retouche, dans d'autres le caractère de vérité et de sincérité de la photographie risquera fort d'être compromis.

La photographie est également employée pour l'exécution des tirages en couleurs (V. Polychromie).

IV. DES APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE. — Dans cette dernière partie, il convient de faire une revue rapide des principales applications originales de la photographie, applications qui s'étendent à toutes les sciences et qui ont une grande valeur ; dans les unes, parce que la plaque constitue un merveilleux moyen d'enregistrement ; dans les autres, parce qu'elle a permis des études nouvelles que l'imperfection de notre organe de vision ne nous permettait pas d'aborder. Elle est ainsi devenue, non seulement un instrument d'analyse merveilleux, mais également un procédé de synthèse remarquable. C'est sous ces trois aspects que nous devons faire l'étude des applications de la photographie en laissant de côté les applications banales et courantes, telles que le portrait, le paysage, les reproductions, etc.

Métrophotographie. — Grâce aux qualités de précision de l'image photographique, la chambre noire peut être utilisée dans certaines conditions déterminées pour prendre des mesures et faire des levers topographiques. Les travaux de M. Javary, du colonel Laussedat, de G. Le Bon, pour ne parler que des auteurs français, en sont la meilleure preuve. Les perfectionnement obtenus dans la construction des appareils panoramiques (cylindrographe Moëssard, cyclographe de Damoizeau) facilitent de beaucoup les opérations en permettant de faire le relevé du tour de l'horizon en une seule opération. Au point de vue topographique, les résultats obtenus, soit en ballon (Nadar, Dagron, Desmarest, Shadbolt, Tissandier, etc.), soit d'un cerf-volant (Batut, E. Wenz), sont des plus encourageants.

Microphotographie. — Dans cette application particulière, la photographie se borne à fixer l'image donnée par le microscope, mais elle le fait avec une fidélité, une perfection et une impartialité rares. Si dans certaines études le rôle du dessinateur est de schématiser en quelque sorte, il en est d'autres ou le souci de l'exactitude et de la vérité prime toute autre considération. Ce rôle est admirablement rempli par la plaque photographique ; elle fixe d'ailleurs l'image avec le grossissement reconnu nécessaire pour la lecture. Ces épreuves agrandies peuvent se comparer les unes aux autres et être publiées pour le plus grand bien de la science. La finesse de la plaque photographique est du reste si grande que l'on a pu, pendant la triste période de la guerre de 1870, faire des réductions photographiques des dépêches envoyées par les assiégés (Dagron) ; la mince pellicule était confiée à un pigeon voyageur ; à destination la lecture était faite au moyen d'un projecteur électrique. Chacune de ces pellicules contenait la valeur de 16 pages in-fol., soit environ 3.000 dépêches. Chaque pigeon en recevait 18 dont le poids total n'atteignait pas 1/2 gr.

Agrandissements. — Au lieu de partir d'un objet très petit et peu visible à l'œil, on peut chercher à agrandir l'image fixée sur un négatif quelconque ; de cette manière des détails à peine apparents sur l'original peuvent être étudiés à une échelle plus grande ; en archéologie, en numismatique, ce procédé donnera d'heureux résultats. La méthode classique pour agrandir un négatif consiste à faire usage de la chambre à trois corps décrite ci-dessus. Les dimensions de l'agrandissement sont déterminées par la loi des foyers conjugués qui règle les distances respectives de l'objectif au négatif à agrandir d'une part, et de l'autre à la plaque sensible. En pratique, on est limité pour l'agrandissement par le grain de la couche du négatif qui apparaît à un certain moment ; il y aura donc intérêt à obtenir le négatif original sur plaques lentes dont le grain est beaucoup plus fin. A la chambre, si l'on opère sur plaque, on obtiendra un positif sur verre ; on fera un grand négatif par contact qui permettra de tirer des épreuves agrandies. Un autre procédé d'agrandissement consiste à recevoir l'image agrandie sur une feuille de papier au gélatino-bromure d'argent ; on peut opérer à la lumière du jour ou avec une lanterne spéciale (lanterne d'agrandissement au pétrole ou à la lumière oxhydrique). Ce procédé permet d'obtenir de meilleurs résultats, car il y a toujours avantage en photographie à diminuer autant que possible la série des opérations entre l'original et sa copie. — En se servant des lanternes d'agrandissement et en projetant sur une surface blanche un petit positif sur verre, on obtient une image momentanée qui permet à une assistance nombreuse de voir le sujet dont les entretient le professeur ou le conférencier. L'importance du rôle des projections, au point de vue didactique et pédagogique, n'est pas à démontrer ici, il suffit de le signaler. On obtient les petites vues sur verre, soit par contact au châssis-presse, si le cliché original est de petite dimension, soit par réduction à la chambre à trois corps ou tout autre appareil combiné à cet effet. Le format des vues pour projections en France doit être de 8,5 de hauteur, 10 de largeur, la vue étant toujours en travers. Un point blanc placé à droite en bas, lorsque la vue est dans sa position normale, indique le sens de celle-ci et évite les erreurs qui sont toujours regrettables lorsqu'une vue est passée à l'envers. Une cache en papier noir de 7 × 8 environ limite la partie de la vue qui sera projetée. Un verre mince protège la couche. On emploie pour les projections des plaques fines et très pures ; les plaques au chlorure d'argent ou au chloro-bromure conviennent très bien. Les noirs doivent être vigoureux sans être opaques. Les parties qui correspondent aux blancs ne doivent pas présenter le plus léger voile.

Photographie judiciaire. — La photographie intervient ici pour recueillir tous les documents que le magistrat a intérêt à conserver : état des lieux, position des victimes, etc., trace de coups ou de blessures qui sont destinées à disparaître. Elle a pris une grande extension dans le service d'anthropométrie de la Préfecture de Police, créé d'une façon si remarquable par M. Bertillon. Tous les inculpés qui passent au dépôt sont photographiés de face et de profil et les épreuves collées sur les fiches signalétiques. Est-il nécessaire de donner le signalement d'un criminel, le cliché, est tiré à la lumière artificielle sur papier au gélatine-bromure d'argent, et quelques heures après de nombreuses épreuves sont expédiées dans toutes les directions. Notons, en passant, les travaux originaux de M. Bertillon sur les caractères morphologiques du nez, du front, de la bouche, du menton, de l'oreille, etc., travaux exécutés grâce à des milliers de photographies récoltées d'une manière systématique et méthodique. Il convient de citer également le secours que la photographie peut apporter dans la recherche de certaines falsifications de faux en écritures : des lavages, des surcharges de billets ou de chèques ont pu être démontrés d'une façon évidente par l'agrandissement photographique ou par l'actinisme particulier de certaines encres, qui, semblables pour l'œil, étaient totalement différentes pour la plaque photographique. Dans une affaire de faux poinçons sur des bijoux d'or, nous avons pu démontrer la fraude d'une façon irréfutable, grâce à des agrandissements directs sur la pièce incriminée de falsification. Le même procédé d'agrandissement peut s'appliquer à l'étude des fausses monnaies.

Photographie médicale. — Dans l'étude des cas pathologiques, la photographie intervient pour compléter l'observation du médecin et fixer l'état du malade lorsque l'affection a produit certaines modifications apparentes. Des épreuves ultérieures permettent de juger des améliorations ou des aggravations survenues. Chez les nerveux, les idiots, les aliénés, la photographie seule permettra de garder la physionomie de certains états typiques, mais essentiellement passagers. L'étude des crises d'hystérie, d'épilepsie, des tics, des spasmes n'a pu être abordée que depuis la photographie instantanée. Nous en dirons autant des démarches pathologiques qui sont si caractéristiques. Aujourd'hui, grâce à la cinématographie, il devient possible d'effectuer la synthèse de ces épreuves déjà si importantes par elles-mêmes, et de faire revivre un instant, soit pour l'étude, soit pour l'enseignement, le cas pathologique intéressant. L'étude systématique de certains malades et la réunion d'un grand nombre de documents photographiques

a permis d'établir divers « facies pathologiques » qui représentent d'une façon synthétique les modifications typiques apportées à la physionomie humaine par telle ou telle affection. Ces travaux ont un point de contact très étroit avec ceux de Spencer et de Batut qui ont cherché, par la photographie composite, à établir les types d'une famille, d'une race. La reproduction des pièces anatomiques, des parties squelettiques, forment un nouveau champ d'études ; les photographies du cerveau entier ou en coupes ont donné lieu à d'importants travaux (Luys, Déjerine), et lorsque l'histologiste vient scruter la pièce dans ses éléments primordiaux au moyen du microscope, c'est encore la photographie qui interviendra pour fixer toutes les images qu'il croit nécessaire de conserver et de publier, alors que la préparation est destinée fatalement à s'altérer. A ces applications si diverses vient maintenant s'ajouter une nouvelle découverte, la radiographie, qui augmente singulièrement les moyens d'investigations du médecin et du chirurgien, et alors que toutes les applications précédentes avaient surtout pour effet de faire progresser les sciences médicales par la diffusion des observations intéressantes et l'analyse de certains phénomèmes pathologiques, la radiographie est appelée à rendre directement service au malade lui-même, celui-ci étant le premier à bénéficier de la découverte du prof. Rœntgen (V. Radiographie).

Astronomie. — La photographie est employée en astronomie pour relever l'aspect des astres, leur forme, leur position, connaître leurs trajectoires et leurs mouvements, non pas qu'elle puisse se substituer aux études d'astronomie pure, mais dans certains cas elle les complète de la façon la plus heureuse, permet une plus grande rapidité d'exécution et met complètement l'observateur à l'abri de certaines erreurs. Si l'on opère sur plaque fixe, on obtiendra les trajectoires des astres ; si l'on veut étudier, soit leur aspect, soit leurs positions respectives, il faudra déplacer la plaque d'un mouvement homologue de façon à obtenir la fixité de l'image. Par cet artifice, on évite d'abord tout trouble de l'image qui proviendrait du déplacement de l'astre, puis on peut allonger autant que nécessaire la durée d'exposition ; on arrivera alors à noter sur la plaque ce qui ne saurait être perçu par notre rétine. — Parmi les principaux travaux faits dans cet ordre d'idées, nous citerons l'étude du soleil, de ses taches incessamment variables (Fizeau et Foucault, 1845 ; Warren de la Rüe, 1851 ; Janssen, Deslandres) ; de la chromosphère ; celles de la lune (Henry frères, observatoire de Lick, MM. Lœwy et Puiseux). Ces derniers publient actuellement un magnifique *Atlas de la Lune* qui montre dans ce cas particulier la supériorité de la photographie sur le dessin. La photographie a été utilisée concurremment avec les observations directes pour enregistrer les différentes phases des éclipses. Des appareils spéciaux construits par M. Faye, M. Janssen (*Passage de Vénus*, 9 déc. 1874), M. Deslandres (*Eclipse totale du soleil du 16 avril 1893*) ont montré l'importance de la nouvelle méthode pour éviter les erreurs personnelles et noter les différentes périodes d'un phénomène. C'est également dans la photographie des étoiles qu'éclatent les avantages de la plaque sensible sur l'œil de l'observateur. Le catalogue de la carte du ciel n'aurait pu être dressé que par plusieurs générations d'astronomes, et encore d'une façon incomplète, les étoiles d'une certaine grandeur étant seules visibles ; la photographie, grâce à l'augmentation du temps d'exposition, permet d'augmenter d'une façon très appréciable le nombre des étoiles enregistrées, et ce travail gigantesque, qui est d'ailleurs sur le point d'être terminé, n'aura duré que quelques années. Quand nous aurons dit que les étoiles multiples, les amas, les nébuleuses, les comètes et les planètes sont également étudiées d'une façon régulière dans les divers observatoires, nous n'aurons pas encore terminé, car la photographie a permis encore à M. Janssen de créer une méthode de photométrie qui lui a servi pour comparer l'intensité relative des divers astres. C'est ainsi que le savant directeur de l'observatoire de Meudon a pu reconnaître que la lumière de la lune est 300.000 fois plus faible que celle du soleil ; que la lumière cendrée est 5.000 fois plus faible que celle de la pleine. Cette méthode est d'autant plus intéressante qu'elle permet de comparer deux sources lumineuses qui ne brillent pas au même moment.

Photographie aux lumières artificielles. — L'obligation d'utiliser la lumière du jour restreint le domaine de la photographie aux seuls objets éclairés directement par celle-ci ; elle est d'ailleurs tributaire des variations de l'actinisme qui tiennent à la latitude, à la saison, à l'heure de la journée, à l'état de l'atmosphère. L'emploi de lumières artificielles, susceptibles de remplacer la lumière naturelle lorsqu'elle fait défaut ou est insuffisante, constitue un progrès très appréciable. La lumière électrique par arc a tout d'abord été utilisée. Nadar a pu reproduire ainsi les catacombes de Paris. Liebert exécute des portraits. Dans l'industrie des tirages photomécaniques, la lumière électrique est employée pour l'insolation de la planche ; le travail peut donc s'effectuer régulièrement et sans interruptions ; elle sert également pour les agrandissements. Le seul inconvénient de la lumière électrique, c'est qu'on ne peut l'utiliser que dans les endroits où elle est installée ; avec le magnésium et principalement les photopoudres, nous assistons à une véritable révolution. En 1860, Bunsen et Roscoë signalent la lumière éclatante produite par la combustion d'un fil de magnésium. Ce procédé est de suite employé pour faire des intérieurs, des grottes, des cavernes, etc. Les résultats, quoique intéressants, sont incomplets à cause de la durée d'exposition qui est encore nécessaire, et surtout par suite de la formation d'un nuage de magnésie qui se produit par la combustion et vient masquer les objets à reproduire. On propose alors d'employer le magnésium en poudre, soit pur, soit mélangé à certaines substances susceptibles de lui fournir instantanément une grande quantité d'oxygène. On obtient alors de véritables éclairs qui sont suffisants pour impressionner la plaque : la fumée de magnésie se répand dans l'atmosphère quand le cliché est déjà fait, ce qui n'a plus d'inconvénients. Le principe des lampes à magnésium consiste à insuffler dans une flamme suffisamment chaude (alcool par exemple) la quantité voulue de magnésium pur ou de photopoudre. On peut encore enflammer ce dernier par le contact d'un corps incandescent, l'échauffement d'un fil par l'électricité ou encore au moyen d'une amorce ou d'une capsule. Les photopoudres sont en général des détonants, et une faible explosion initiale en provoque la décomposition. On ne devra les manier qu'avec les plus grandes précautions, les renfermer dans des boîtes de bois ou de carton et éviter tout choc ou tout frottement. Voici quelques formules de photopoudres : 1° chlorate de potasse, 6 ; magnésium en poudre, 3 ; sulfure d'antimoine (Gœdicke et Miethe) ; 2° chlorate de potasse, 12 ; magnésium en poudre, 6 ; ferrocyanure de potassium, 1 (les mêmes) ; 3° chlorate de potasse 3 ; magnésium en poudre, 4 ; perchlorate de potasse, 3 (Eder). Un mode d'inflammation très simple que nous avons indiqué consiste à enfermer la charge de photopoudre dans un morceau de papier nitrifié (fig. 17). Cette sorte de cartouche est suspendue à la hauteur voulue et un fil de coton-poudre descend de la partie inférieure jusqu'à

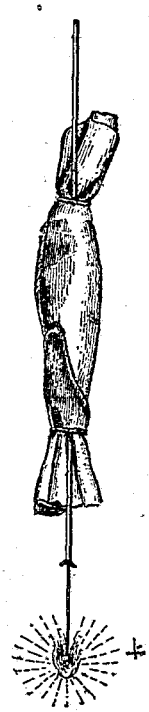


Fig. 17.

portée de l'opérateur. Il suffit d'enflammer cette partie et un instant après le papier nitré s'enflamme en allumant le photopoudre. La quantité de photopoudre varie d'après le pouvoir actinique de la composition adoptée et d'après la surface à éclairer ; les autres coefficients d'ordre photographique ont également un rôle important. Il y a avantage à employer des objectifs à coefficient de clarté élevé et des plaques extra-rapides. Des quantités de 1 à 5 gr. suffisent dans la plupart des cas. Il y aurait d'ailleurs un certain intérêt, au cas où des charges plus fortes seraient nécessaires, à diviser celles-ci et à obtenir plusieurs éclairs simultanés de moyenne puissance au lieu d'un seul éclair contenant toute la charge. Le rendement actinique est ainsi bien meilleur. La durée de combustion des photopoudres est très variable suivant leur composition et d'après le poids de la charge ; avec des charges de 1 à 2 gr., on peut obtenir des éclairs dont la durée varie de 1/5e de seconde jusqu'à 1/50e. L'éclairage à la lumière du magnésium est employé d'une façon régulière dans certains ateliers de photographie (Klary, Bouillaud). M. Klary a préconisé un appareil ingénieux qui permet d'allumer simultanément un nombre plus ou moins élevé de charges de magnésium. La lumière ne vient plus d'un point unique, mais d'une véritable surface plus ou moins étendue, ce qui donne des résultats très doux et très fondus. La photographie des grottes, des cavernes est devenue réellement pratique et les résultats aussi parfaits que possible (*Exploration des Causses du Tarn*, par M. J. Vallot). La reproduction des intérieurs, si difficile avec la lumière du jour, est devenue élémentaire ; la photographie des scènes de théâtre est maintenant courante.

Le seul inconvénient qui persiste dans l'emploi des photopoudres, c'est la production de magnésie qui est gênante et désagréable après l'opération. Dans les installations fixes, on fait partir l'éclair dans une pièce spéciale séparée du modèle par une glace sans tain ou une grande lanterne munie également d'une paroi de verre. Les produits de combustion qui ne peuvent plus pénétrer dans la salle d'opération sont attirés au dehors par des conduits spéciaux. En fait d'appareils portatifs, on a proposé une lanterne munie à la partie supérieure d'un sac qui recueille la magnésie (Mairet). De ce côté, il y a encore un progrès sérieux à réaliser pour supprimer la fumée et les produits de combustion. En dernier lieu, il convient de citer l'emploi des lumières artificielles dans les diverses méthodes photographiques qui ont pour objet de reproduire l'intérieur des cavités naturelles du corps humain ou de certains organes. Les résultats obtenus par M. Guilloz, dans la photographie de l'intérieur de l'œil, montrent les grands avantages qu'il y a à réaliser dans ces expériences délicates une pose très rapide qui ne pouvait être obtenue par les autres procédés d'éclairage.

Photographie des couleurs. — C'est là un gros problème qui a provoqué de nombreuses recherches depuis les débuts de la photographie. Actuellement deux méthodes donnent une solution : la première, c'est la méthode directe due à M. Lippmann ; la seconde, c'est la méthode indirecte proposée simultanément par MM. Cros et Ducos de Hauron, perfectionnée par M. Vidal et tout dernièrement par MM. Lumière qui ont montré des résultats de toute beauté. La méthode de M. Lippmann est une méthode de physique pure, et elle repose sur le principe des interférences. Elle consiste à placer au foyer de l'objectif une surface sensible à la lumière, continue, sans grain et d'une transparence absolue, c'est dire que les plaques courantes ne sauraient servir. La plaque sensible est appliquée directement sur une couche de mercure remplissant le rôle de surface réfléchissante et permettant de faire interférer l'onde directe et l'onde réfléchie. Il se formera alors une série de plans parallèles, alternativement brillants ou obscurs, suivant la disposition des ventres et des nœuds ; les plans brillants impressionnant seuls la couche, il se produira dans celle-ci une série de lames minces d'argent réduit qui seront éloignées les unes des autres d'une distance précisément égale à la demi-longueur d'onde de la lumière qui a agi. Or deux de ces plans constituent une lame mince d'épaisseur telle que, d'après la théorie des anneaux de Newton, les rayons réfléchis sur les deux faces donnent en interférant entre eux la sensation de la couleur correspondante. Lorsque l'on regardera la plaque fixée et séchée, on verra reproduite la couleur même de la lumière que l'on a fait agir sur la plaque. Lorsque la plaque est encore humide, le gonflement de la gélatine augmentant l'intervalle qui doit exister entre les lames minces, le phénomène ne se produit plus. Au fur et à mesure du séchage, les couleurs réapparaissent successivemeet jusqu'au moment où l'état primitif de la couche est rétabli. On fait actuellement dans le commerce des châssis spéciaux pour l'application de la méthode Lippmann. La durée d'exposition est encore assez longue, et il est nécessaire d'interposer des cuves colorées pour laisser agir pendant le temps convenable chacune des radiations colorées. Une cuve remplie d'hélianthine rouge arrête les radiations vertes, bleues et violettes et permet d'obtenir le jaune et le rouge ; une cuve remplie de bichromate de potasse laisse passer le vert et le rouge et arrête le bleu ; pour le bleu et le violet, on pose un temps beaucoup plus court sans interposition d'aucun liquide coloré. Cette magnifique découverte est cependant loin de pouvoir entrer dans la pratique. L'image est en effet unique, elle ne se voit que sous une certaine incidence, enfin elle est retournée. A ces divers points de vue, elle se présente comme l'image daguerrienne. Celle-ci est tombée dans l'oubli, mais cependant c'est ce procédé qui a été le point de départ de la photographie. Aussi personne ne peut savoir les conséquences qui pourront découler de la méthode Lippmann.

La méthode indirecte de photographie des couleurs consiste à obtenir par une sélection rationnelle des radiations colorées trois négatifs qui représenteront chacun le négatif d'une des trois couleurs fondamentales du spectre. MM. Cros et Ducos de Hauron admettent, en effet, que toutes les couleurs peuvent se ramener à trois, le rouge, le jaune et le bleu, leur mélange et leur combinaison produisant toutes les variétés de tons qui existent dans la nature. Pour faire cette sélection, on interposera des écrans de la couleur complémentaire : l'écran vert donnera le négatif du rouge, l'écran bleu celui du jaune et enfin le jaune celui du bleu. En tirant trois positifs et en interposant devant chacun d'eux un verre coloré de la couleur correspondante, on effectuera une véritable synthèse de l'image colorée. Les chromoscopes de Nachet, de Yves sont des appareils qui permettent de voir des diapositives en couleurs obtenues par cette méthode dite *trichrome*. On peut également projeter sur un écran les trois images, les superposer exactement, puis interposer les écrans convenables ; on obtient ainsi des projections en couleurs de toute beauté. (V. Photochromographie).

On peut encore, d'après les négatifs, tirer des positifs de la couleur appropriée en choisissant par exemple un papier au charbon de teinte donnée, ou en les teignant par un procédé quelconque. La superposition des trois monochromes convenablement repérés permettra d'obtenir des images en couleurs, soit pour l'examen direct par réflexion, soit par transparence, MM. Lumière ont obtenu des résultats très remarquables en perfectionnant la méthode première de Ducos de Hauron ; ils obtiennent sur la même plaque les trois monochromes par des tirages successifs sous les trois négatifs. Ils utilisent la colle-forte bichromatée, et la coloration de chaque monochrome est obtenue par le procédé d'imbibition dans un bain de teinture convenable. Ce procédé donne des épreuves transparentes qui ont une intensité de coloration remarquable, et convient admirablement pour les reproductions des fleurs, des étoffes, des natures mortes. Jusqu'à présent pour les portraits et les vues d'après nature, les résultats laissent encore à désirer.

La superposition des trois épreuves positives colorées peut s'obtenir également par les divers procédés d'impression, et cette méthode conduit aux tirages industriels en couleurs (V. Polychromie).

Dans les applications qui nous restent à décrire, la photographie sera utilisée comme procédé d'enregistrement et d'analyse. Alors que dans tous les appareils enregistreurs il faut des organes spéciaux pour transmettre le phénomène au récepteur, ici l'organe de transmission est un simple rayon lumineux qui fixe son image sur la plaque; grâce, d'autre part, à l'exquise sensibilité de cette dernière, les phénomènes les plus rapides qui échappent à l'œil peuvent être analysés avec la plus grande précision. Enfin la sensibilité de la plaque n'étant pas la même pour les diverses radiations, on pourra déceler des phénomènes invisibles pour nous à cause de leur trop faible intensité ou de leur actinisme propre.

Enregistrement sur plaque fixe. — La plaque photographique étant démasquée dans la chambre noire, tout objet qui viendra à passer dans le champ de l'objectif, et dont l'intensité lumineuse sera suffisante, laissera une trace qui permettra d'analyser le chemin parcouru. Si cet objet est un point, la trace sera une véritable trajectoire. Il est nécessaire dans ces expériences que l'objet brillant se détache sur un fond noir.

Ce procédé a été employé pour la photographie des éclairs (Trouvelot). L'auteur a démontré que l'éclair n'affectait jamais la forme en zigzag qui était classique en quelque sorte, mais une forme sinueuse et rubanée sans angles aigus; il a signalé aussi la durée relative des éclairs, qui est plus considérable qu'on ne l'enseignait. Les photographies des étincelles électriques ont donné des résultats très curieux, leur forme différant totalement suivant le pôle; l'étincelle positive présente des ramifications nombreuses en forme de chevelu, l'étincelle négative a l'apparence de feuilles de palmier. Nous-même avons appliqué cette méthode à l'enregistrement des feux et pièces d'artifice et pu déterminer la hauteur à laquelle s'élèvent les fusées volantes de calibres différents : les plus fortes montent jusqu'à 250 m. En interposant sur le trajet des rayons lumineux un disque fenêtré, on aura des interruptions de la trajectoire qui permettront de faire intervenir la notion du temps et d'en tirer des conclusions au sujet de la vitesse propre du sujet considéré. C'est là, du reste, le dispositif capital de la chronophotographie. La méthode sur plaque fixe ne convient que pour l'analyse des objets dont la trajectoire affecte la forme d'une ligne, et encore quand l'expérience n'est pas de quelque durée. On ne peut, en effet, laisser impunément la plaque photographique démasquée même devant un fond noir idéal. Les molécules de l'air interposé finissent par la voiler. D'autre part, cette méthode ne peut s'appliquer lorsque les mouvements s'effectuent sur place.

Enregistrement sur plaque mobile. — Cette méthode permet d'analyser les mouvements sur place quelle que soit la durée du phénomène; en effet, grâce au déplacement régulier de la préparation sensible, les images d'un même point ne peuvent se superposer. On n'obtient les mêmes résultats qu'avec le style d'un appareil graphique qui inscrit un phénomène sur un cylindre tournant, mais la suppression de tout organe mécanique de transmission permettra d'enregistrer les phénomènes les plus délicats sans causes d'erreur et à n'importe quelle distance. Il suffira que le modèle dont on veut connaître le mouvement soit lumineux ou rendu tel par l'addition d'un point brillant ou d'un foyer lumineux très réduit. Un léger miroir, disposé sur la partie à observer, peut encore renvoyer sur la couche sensible la lumière d'une source fixe. Par le premier procédé, on pourra noter les signaux de la télégraphie optique; une petite lampe électrique fixée sur la main d'un malade permettra d'enregistrer les tremblements pathologiques (Londe). (Le recul des pièces de canon a été analysé en fixant un point brillant sur l'une des roues [Joly].) Les vibrations des ponts et ouvrages métalliques ont été étudiées en fixant un point brillant sur la partie dont on désirait connaître le déplacement. — L'emploi du miroir renvoyant sur la plaque les rayons d'une lampe fixe a été réalisé dans les appareils de MM. Salleron et Mascart pour l'étude des variations de l'électricité atmosphérique et des phénomènes magnétiques. On l'a appliqué également pour noter la marche d'un navire d'après les déplacement de l'aiguille de la boussole, pour enregistrer d'une manière continue les températures élevées (Robert Austen), pour recueillir les vibrations d'un diapason ou d'une lame vibrante (étude des vibrations longitudinales d'une corde, M. Cornu). Cette méthode générale est susceptible des applications les plus variées. L'enregistrement sur une plaque en mouvement combiné avec l'emploi du disque fenêtré a permis l'obtention des images successives qui sont le point de départ de la chronophotographie et de la cinématographie.

Méthodes particulières. — Dans l'étude de certains phénomènes et principalement de ceux qui se passent dans le vide, il est impossible d'employer la méthode du point brillant ou du miroir. On opère alors autrement : la colonne de mercure, soit dans le thermomètre — soit dans le baromètre, dont on veut enregistrer les déplacements — est placée derrière une fente étroite, entre la source de lumière et la plaque sensible en mouvement. L'impression ne pourra se faire que par les rayons qui passent librement au-dessus de la colonne de mercure, les autres étant arrêtés par la colonne. Le rapport de la partie impressionnée à la partie non impressionnée indiquera à chaque instant les variations de la colonne. Ici le corps dont on veut noter les changements fait réserve. C'est ce qui se produit dans la méthode de M. F. Ronalds, qui a proposé d'enregistrer par la photographie les variations de l'électromètre; l'écartement entre les deux lames indique à chaque instant l'amplitude du phénomène.

L'enregistrement sur plaques séparées et de grand format n'est utile que lorsque les appareils d'enregistrement chronophotographiques donnent des documents trop peu lisibles, ou que la durée du phénomène est assez lente pour permettre la prise des épreuves à des intervalles assez espacés. M. Debray a utilisé cette méthode pour mesurer l'allongement des barres métalliques sous la traction. Les différentes parties d'une plaque de grand format étaient amenées dans un châssis spécial au foyer de l'objectif. Cette disposition est plus pratique que l'emploi de châssis séparés. Cette méthode a été employée également pour mesurer les déplacements de glaciers (prince Roland Bonaparte). — Des repères étant fixés sur le roc et sur la partie en mouvement, des épreuves sont prises du même point à des intervalles de temps très éloignés. En météorologie, l'étude des nuages a été faite d'une façon systématique par M. Angot. A cause de l'actinisme très grand des nuages, il est nécessaire d'interposer un liquide coloré devant l'objectif afin d'arrêter les radiations trop actives. L'auteur emploie une dissolution de bichromate de potasse additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. L'épaisseur du liquide est de 6 à 7 millim., et trois solutions de bichromate à 10 %, 5 %, 2,5 % constituent trois écrans d'intensité différente. Le plus foncé est réservé pour les nuages les plus légers et les moins lumineux, quand le ciel n'est pas d'un bleu pur, mais lavé de blanc; le moyen pour la plupart des cas, et le plus clair pour les gros cumulus à formes bien nettes, généralement très lumineux et qui se détachent sur un ciel bleu assez foncé. On doit employer simultanément les plaques orthochromatiques. La pose varie, suivant les cas, de quelques secondes à 1/40 et même moins. En dehors de la forme et de l'aspect des nuages, il est intéressant de connaître leur distance, leur vitesse. Ces résultats peuvent être obtenus également par des méthodes photographiques.

Spectrophotographie. — Par suite de la sensibilité spéciale de la plaque photographique, de nombreuses re-

cherches ont pu être faites sur le spectre ultra-violet. Il est nécessaire, dans ce cas, d'utiliser des appareils spéciaux, lentilles et prismes de quartz et de spath-fluor, réseaux de Rowland. Il nous suffira de citer les travaux très importants de MM. Draper, Mascart, Cornu sur le spectre ultra-violet, ceux de M. Deslandres sur les spectres des bandes de métalloïdes, ceux de M. Norman Lockyer, Liveing et Dewar sur les spectres des métaux ; Rutherfurd s'est servi pour la photographie du spectre solaire d'un spectroscope avec prismes au sulfure de carbone; Draper a prouvé, par la comparaison des spectres du soleil et de l'oxygène, que ce dernier corps existe réellement dans le soleil. Il convient de citer également les travaux de Vogel et du capitaine Abney qui ont porté principalement sur la partie infra-rouge, elle aussi invisible à l'œil.

Chronophotographie. — Il convient de nous arrêter tout spécialement sur cette branche de la photographie qui constitue réellement une nouvelle méthode d'analyse dont les résultats ont été des plus féconds et les applications innombrables. Elle consiste à prendre des images successives, et à des intervalles réguliers, d'un objet en mouvement. Toutes les méthodes indiquées peuvent se ramener à deux : la chronophotographie sur plaque fixe, et la chronophotographie sur plaque mobile.

Chronophotographie sur plaque fixe. Cette première méthode, dont nous avons déjà parlé, consiste à faire défiler l'objet à étudier dans un plan parallèle à celui de la plaque sensible, celle-ci restant découverte et les admissions de lumière étant obtenues par le passage d'un disque fenêtré placé sur le trajet des rayons. C'est là méthode du fond noir, car elle exige impérieusement l'emploi de ce fond obscur sur lequel l'objet se détache en pleine lumière. M. Marey, qui est l'initiateur de cette méthode, se sert d'un hangar profond, garni intérieurement de velours noir, réalisant le champ obscur nécessaire. La piste d'expérience est parallèle à ce fond, et des divisions métriques, qui se reproduisent sur la plaque, permettent de connaître le déplacement du modèle. Le nombre des images obtenues dans l'unité de temps dépend du nombre d'ouvertures du disque fenêtré et de la vitesse imprimée à celui-ci. La méthode du fond noir ne doit être employée que pour l'étude des mouvements parallèles au plan de la plaque. La confusion des images ne peut être évitée que si les dimensions du modèle sont très réduites, ou encore si sa vitesse de translation est suffisamment rapide. Pour éviter les effets de superposition des images, M. Marey réduit son modèle à l'état de lignes et de points par l'adaptation de lignes et points brillants fixés sur les articulations et le long des ossatures principales, le modèle étant d'ailleurs revêtu d'un vêtement noir ou recouvert de couleur foncée. On élimine ainsi toutes les parties gênantes et on obtient une analyse géométrique qui permet de faire l'étude graphique du sujet considéré. En opérant dans l'obscurité et mettant des lampes à incandescence aux diverses articulations, on obtient le même résultat (méthode Demeny et Quenu employée à l'hôpital Beaujon pour l'étude des démarches pathologiques). La mesure de l'intervalle existant entre la prise de chaque photographie est donnée par les positions successives de l'aiguille d'un chronographe placée dans le champ de l'objectif (Marey). Si l'étude géométrique a une grande importance au point de vue de l'analyse du mouvement, elle supprime tous les renseignements sur la morphologie de la forme ; ceux-ci ont également une grande valeur, et il est nécessaire d'obtenir des images entières avec tout leur modelé, mais ne se superposant pas. M. Marey obtient ce résultat en dissociant les images au moyen d'un miroir tournant devant l'objectif ; les images s'étalent alors sur la plaque, et leur intervalle dépend de la vitesse de rotation du miroir. Un autre procédé consiste à opérer avec deux objectifs disposés de part et d'autre de l'axe du disque qui ne possède plus qu'une seule fenêtre. Les objectifs sont démasqués ainsi à tour de rôle, et cet artifice produit un intervalle entre les images d'une même ligne.

Divers auteurs ont cherché à obtenir des images chronophotographiques sur plaque fixe, tout en n'enlevant aucun des caractères de l'image photographique. Le procédé consiste à employer une série d'appareils juxtaposés qui opèrent les uns après les autres. C'est là le principe de la méthode de Muybridge qui employait une batterie d'appareils disposés parallèlement à la piste d'expérience. Chaque obturateur était déclanché électriquement, grâce à la rupture d'un fil placé en travers de la piste et que le sujet rompait en passant. Les épreuves obtenues ne sont pas chronophotographiques, le déclanchement des divers obturateurs n'ayant pas lieu à des intervalles réguliers. Le seul avantage de la méthode de Muybridge, qui n'existe d'ailleurs dans aucune des autres méthodes, est que le point de vue est toujours le même pour chaque appareil, pour la raison que ceux-ci ne peuvent fonctionner que lorsque le modèle passe dans la normale. Le général Sebert a établi un appareil du même genre pour l'étude du lancement de torpilles automobiles. La caractéristique de cet appareil est que la mise à feu est commandée par l'appareil lui-même et que l'on peut régler d'avance les intervalles entre la mise à feu et la prise du premier cliché, ainsi que ceux qui devront exister entre ce premier et les suivants. Nous avons établi un appareil de la même catégorie à douze objectifs qui nous sert pour les études de photographie médicale. Cet appareil, qui est destiné à donner des épreuves de format lisible 8×8, permet d'espacer la prise des douze images d'une façon régulière d'après la durée du phénomène à enregistrer, que cette durée soit d'une fraction de seconde, d'une ou plusieurs secondes ou minutes. Il est à remarquer que c'est cette catégorie d'appareils qui permettra d'obtenir le plus grand nombre d'épreuves dans l'unité de temps, le déclanchement des obturateurs s'effectuant électriquement, et aucun déplacement des plaques ne devant s'effectuer comme dans les appareils à plaques mobiles dont nous parlerons dans un instant. Il convient également de citer les travaux de M. Anschütz (de Lissa) qui, avec des chambres séparées et des obturateurs de plaque, a pu obtenir des résultats très intéressants sur les mouvements des chevaux et la marche des projectiles.

Chronophotographie sur plaque mobile. — Cette méthode générale a pour but d'obtenir une succession d'images complètes, leur nombre pouvant être indéfini. Elle ne nécessite que l'emploi d'un seul objectif, et, à ce point de vue, est beaucoup plus simple que les méthodes sur plaques séparées. Elle convient parfaitement à l'étude des mouvements sur place qui, impossibles avec la méthode de Muybridge, étaient critiquables dans les autres analogues par suite des différences de points de vues données par les divers objectifs. Le premier appareil de ce genre a été indiqué par M. Janssen et appliqué à l'étude du passage de Vénus (revolver astronomique). M. Marey créait ensuite le fusil photographique, dans lequel une plaque circulaire, montée sur un axe, vient présenter les différentes parties de son pourtour au foyer de l'objectif. L'auteur montre l'obligation où l'on est de réaliser une marche saccadée de la surface sensible, celle-ci devant être immobile au moment de la prise de l'image. La nécessité de ces arrêts et départs successifs et la masse des organes à déplacer n'ont pas permis à l'auteur de dépasser 12 images à la seconde, et le format de chacune d'elles n'était que de 1×1. Le problème qui se posait n'a pu être résolu que par l'emploi des pellicules dont la masse devient négligeable et qui peuvent accomplir rapidement les mouvements de translation nécessaires. Marey a alors combiné son chronophotographe dans lequel la surface sensible est animée d'un mouvement saccadé, la succession des éclairements étant donnée par un disque fenêtré, chaque ouverture passant au moment où la pellicule est immobile. C'est l'appareil de M. Marey qui est le point de départ du kiné-

tographe d'Edison et de tous les appareils postérieurs qui sont utilisés pour la cinématographie. Dans cette catégorie d'instruments, le nombre des épreuves prises dans l'unité de temps est beaucoup plus considérable, mais il est fonction du diamètre de celles-ci. On aura donc toujours de grandes difficultés pour obtenir des épreuves de format suffisant. On peut y arriver néanmoins par l'application d'un principe tout différent et qui consiste à supprimer tout arrêt de la pellicule, celle-ci étant entraînée d'un mouvement continu et aussi rapide que l'on voudra. Dans ce cas, l'objectif ne saurait être fixe, et il doit avoir un mouvement identique à celui de la surface sensible; à cette seule condition, la netteté de l'image sera obtenue. C'est le commandant Gossart qui, le premier, a donné cette solution très élégante. L'objectif est amené d'un mouvement oscillatoire vertical. M. Jenkins a adopté une autre solution qui consiste à faire tourner une couronne d'objectifs qui répondent au même but, mais avec une complication plus grande. L'emploi des pellicules dont la longueur n'est pas limitée a permis de multiplier le nombre des images et de reproduire des scènes animées d'une longueur quelconque. Les diverses méthodes de chronophotographie que nous venons d'exposer ne s'excluent pas, et dans tel ou tel cas il y aura avantage à employer l'une ou l'autre de préférence. C'est ainsi que M. Marey, en variant les dispositifs opératoires, a pu étudier la marche, la course, le saut, les allures des divers animaux, le vol des oiseaux, des insectes, la natation des poissons, les mouvements des liquides, etc.

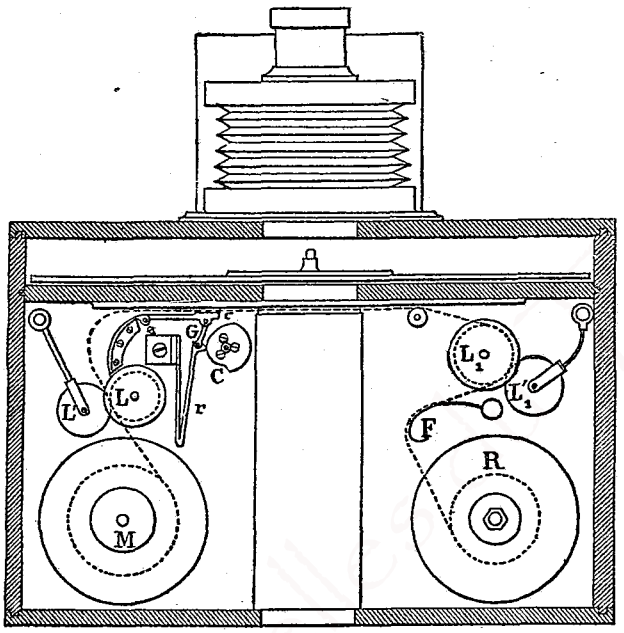


Fig. 18. — Nouvelle disposition du chronophotographe de M. le professeur Marey : M, bobine-magasin; L, lamineur; C, compresseur; L_1, lamineur; F, lame flexible; R, bobine réceptrice.

Synthèse du mouvement. — Avant l'obtention des images en série par la photographie, les physiciens avaient créé divers appareils, le zootrope, le phénakisticope, destinés à reproduire la sensation du mouvement à l'aide de bandes dessinées à la main et représentant les phases successives d'un mouvement. Les épreuves chronophotographiques disposées dans ces appareils donnèrent immédiatement des résultats bien supérieurs. Muybridge, Marey, Auschutz, Demeny opèrent ainsi la synthèse du mouvement. Le nombre des images étant limité, et celles-ci se représentant toujours dans le même ordre, ces appareils conviennent très bien pour l'étude d'un mouvement simple, tel que le pas d'un cheval, le trot ou le galop, l'analyse du pas humain, de la course, etc., mais ne sauraient convenir pour des mouvements se succédant avec un caractère différent et ayant une plus longue durée. C'est alors qu'on a cherché à utiliser les bandes chronophotographiques de grande longueur et à les faire défiler rapidement devant l'œil du spectateur. Le kinétoscope d'Edison a été le premier appareil qui ait donné la reproduction de scènes animées durant près d'une minute. La bande positive contient près de 1.500 vues qui défilent à raison de 30 environ par seconde.

Depuis, MM. Lumière ont popularisé la cinématographie en faisant défiler sur le tableau de projection des photographies en mouvement; de cette manière, de nombreuses personnes peuvent voir simultanément, ce qui est plus pratique que l'examen individuel au kinétoscope. Le nombre des cinématographes inventés avant et après celui de MM. Lumière est considérable, mais les variantes individuelles sont souvent peu considérables et ne portent que sur des détails mécaniques. Le principe sur lequel ils reposent tous est celui indiqué par Marey : déplacement intermittent de la pellicule et passage d'un disque fenêtré au moment de l'arrêt de cette dernière.

Technique de la cinématographie. Il est intéressant d'étudier les divers dispositifs mécaniques ainsi que les principaux types d'appareils qui ont permis la réalisation de la *photographie animée*.

On utilise généralement des bandes pelliculaires dénommées *films* et dont le support est à base de celluloïd : l'emploi de ce support n'est pas sans inconvénients à cause de son inflammabilité, et il serait à désirer qu'une autre substance ayant les mêmes qualités de transparence, mais une incombustilité complète, fût trouvée, ce serait un progrès sérieux. Suivant le type d'appareil, les films sont perforés ou non perforés. La perforation consiste à percer sur les deux côtés de la pellicule des trous équidistants qui permettront l'entraînement par l'introduction dans ces trous de griffes ou de cylindres dentés spéciaux. Dans la perforation Lumière, les trous sont circulaires et distants de 20 millim. Dans la perforation dite américaine (Edison), les trous sont carrés et beaucoup plus rapprochés (4 par image).

M. Marey qui, dans toutes ses expériences désormais classiques, a toujours fait usage de pellicules non perforées, conserve ce dispositif dans son chronophotographe à projection représenté fig. 18. La pellicule sensible, enroulée sur le tambour M, passe entre les cylindres LL' d'un lamineur qui est entraîné d'un mouvement régulier, elle progresse donc d'une manière continue; elle passe alors sous un compresseur spécial G, défile au foyer de l'objectif, puis dans un second lamineur L_1L_2. Elle se réfléchit alors sur une lame flexible F et s'enroule sur la bobine réceptrice R qui tourne à frottement doux. Les arrêts intermittents de la pellicule sont obtenus par l'action du compresseur qui, à périodes déterminées et sous l'action de la came C, vient l'arrêter dans son mouvement. Pendant ce temps, la pellicule qui est toujours amenée par le premier lamineur forme un pli flexueux qui disparaît sous la traction du deuxième lamineur, aussitôt que le compresseur cessera d'agir. En effet, la masse de la pellicule est insignifiante et elle ne présentera aucune résistance d'inertie. Le second lamineur L, qui doit imprimer à la pellicule un mouvement intermittent, tourne également d'un mouvement

uniforme, mais avec une pression assez douce pour qu'au moment de l'arrêt la pellicule patine entre les cylindres pour être de nouveau entraînée aussitôt qu'elle est rendue libre.

M. Demenÿ, au lieu du compresseur, emploie une tige excentrée sur un axe : il obtient ainsi la traction intermittente. Le réglage des lamineurs est chose assez délicate, et il peut se produire accidentellement des patinements de la pellicule : aussi préfère-t-on, dans la plupart des appareils, faire usage des pellicules perforées et de cylindres dentés qui assurent l'entraînement. C'est ce qui existe notamment dans le dernier modèle du chronophotographe de Demenÿ (fig. 19). La pellicule, contenue dans une boîte magasin extérieure, passe sur un premier cylindre denté ; de là, après avoir laissé intentionnellement une boucle libre, la pellicule s'engage dans un couloir au foyer de l'objectif, elle ressort et est reprise par un autre cylindre denté et de là amenée à une boîte-magasin réceptrice. Un mécanisme de rouages convenables assure la marche synchrone des deux cylindres entraîneurs et de l'axe de la bobine réceptrice.

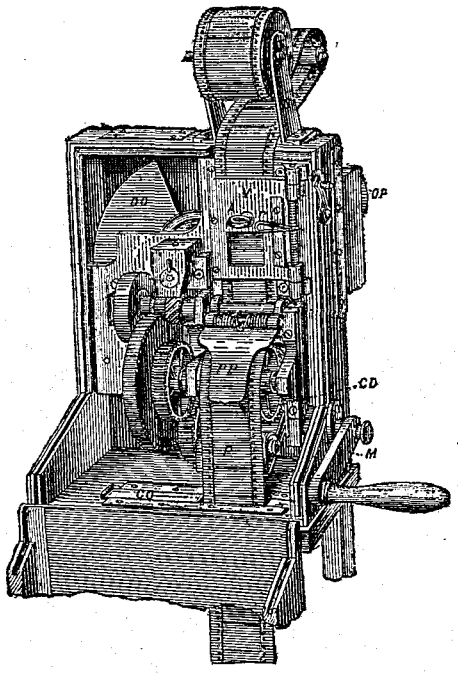


Fig. 19. — Disposition du mécanisme intérieur du chronophotographe Demenÿ pour la projection animée sans enroulement des bandes sur une bobine réceptrice : *pp*, compresseur garni de velours maintenant en contact la pellicule avec le cylindre denté *CD* ; *M*, manivelle ; *DO*, disque obturateur ; *OP*, objectif ; *V*, volet pressé par un ressort *R* et garni de velours ; *F*, petite fenêtre en acier bleuié.

La pellicule défile donc sans effort, et la traction de la came ne s'exerce que sur la boucle de pellicule restée libre. Un engrenage convenable assure le passage du disque obturateur au moment précis où la pellicule est au repos : celle-ci effectue ensuite un mouvement de translation pendant que la partie pleine de l'obturateur masque l'objectif.

Dans la plupart des innombrables modèles de cinématographes qui ont été publiés, la marche intermittente de la pellicule est obtenue par l'arrêt intermittent du cylindre entraîneur, lequel est réalisé au moyen d'une croix de Malte ou de tout autre moyen mécanique analogue. C'est surtout sur ce point particulier et non sur le principe général que diffèrent entre eux les divers appareils de ce genre. Seul, le système de MM. Lumière fait exception (fig. 20), la traction est opérée au moyen de griffes spéciales. Celles-ci sont commandées par un excentrique triangulaire, lequel a pour effet de transformer le mouvement continu de l'arbre central en mouvement alternatif des griffes qui s'engagent dans les perforations, entraînent la pellicule de la hauteur d'une image, s'effacent, remontent à nouveau derrière la pellicule pour s'engager dans le trou suivant.

Le fonctionnement du cinématographe, quel qu'il soit, s'opère généralement à la main, en actionnant une manivelle extérieure qui entraîne tout le mécanisme. Dans quelques modèles perfectionnés, un mouvement d'horlogerie assure une régularité plus grande.

La plupart des appareils donnent de 15 à 25 images à la seconde : ils utilisent généralement des bandes de 20 ou 25 m. mais rien n'empêche de faire davantage. On soude les films les uns au bout des autres et on augmente les dimensions des boîtes magasins. Le format des images est en général assez petit, $20^{m}/_{m} \times 25^{m}/_{m}$. Certains appareils donnent des images plus grandes, mais au fur et à mesure que le format augmente, les difficultés croissent pour obtenir, dans l'unité de temps, le nombre suffisant d'images. Le développement des films s'effectue sur de grands cadres en bois ou sur des cylindres sur lesquels ils sont enroulés ; il est très important, en effet, d'assurer l'égalité de développement et d'éviter tous les accidents qui sont à craindre sur une couche si délicate lorsqu'elle est mouillée. On termine les opérations comme d'habitude, mais on a le soin de glycériner légèrement la bande pour lui conserver sa souplesse. Les films développés doivent être gardés dans un endroit plutôt légèrement humide, afin d'éviter le retrait qui se produirait infailliblement dans un local trop sec.

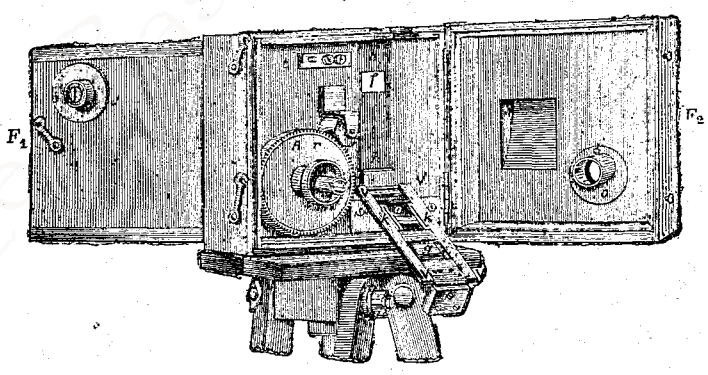


Fig. 20. — Cinématographe Lumière : *R*, roue dentée ; *V*, *V*, *V*, volet ajouré pouvant se rabattre vers le bas ; *g*, glace à faces parallèles, maintenues par deux ressorts et destinée à presser légèrement sur la pellicule ; *K*, *K*, ressorts contre-griffes ; *h*, *h*, gaine garnie de velours ; *f*, fenêtre rectangulaire ; F_1, F_2, portes pouvant être maintenues fermées à l'aide d'un crochet ; *O*, ouverture circulaire par laquelle on introduit la manivelle qui fait mouvoir l'appareil ; *j*, rondelle métallique sur laquelle on peut adapter soit l'objectif à négatif, soit l'objectif à projections.

Il faut ensuite tirer un film positif qui servira pour la projection. On se sert d'un appareil spécial qui fait défiler simultanément, devant une source de lumière, la bande négative et la bande positive sensible. Elles doivent être rigoureusement au contact pour ne rien perdre de la finesse. A cet effet, elles passent dans un couloir formé d'une glace à la partie supérieure et d'un compresseur à ressorts doux. Le développement s'opère comme celui du négatif, mais en

prenant les précautions indiquées pour les diapositives pour projection. On se sert d'ailleurs d'émulsions spéciales qui donnent des épreuves bien transparentes dans les blancs.

La plupart des cinématographes sont reversibles, c.-à-d. qu'on peut les utiliser pour la projection. On éclaire vivement la fenêtre au moyen d'un faisceau de lumière intense, et l'on fait défiler la bande positive, à la même cadence que lors de la prise des vues. Les images se succèdent les unes aux autres sur l'écran, et, par suite de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, le spectateur aperçoit une image continue et animée.

La chaleur développée par le faisceau de lumière condensé sur la pellicule est suffisante pour en déterminer l'inflammation au bout de quelques instants. Aussi a-t-on soin d'interposer toujours des cuves à eau ou à alun. On interpose de plus toujours un écran lorsque la pellicule n'est pas en mouvement.

La cinématographie, après avoir eu un succès de curiosité extraordinaire, doit recevoir de sérieux perfectionnements avant de devenir réellement pratique. Sans parler du prix et des dangers de la pellicule de celluloïd qui sert de support à la couche sensible, il est certain que la fixité de l'image sur l'écran laisse encore trop à désirer. D'autre part, les mouvements reproduits ont rarement le caractère de vérité qu'ils devraient avoir. Pour faire l'analyse du mouvement, il faut nécessairement prendre des épreuves chronophotographiques ; pour en effectuer la synthèse, il faut qu'elles défilent à la même cadence, sous peine d'obtenir des résultats qui, pour curieux qu'ils soient, seront néanmoins absolument critiquables au point de vue scientifique.

V. JURISPRUDENCE. — La jurisprudence reconnait aujourd'hui que dans certains cas la photographie présente un caractère artistique, que ses produits constituent des œuvres d'art protégées par les lois sur la propriété littéraire. C'est au juge du fait qu'il appartient d'apprécier dans chaque espèce si le produit dont il s'agit a un caractère artistique lui donnant droit à cette protection.

Au point de vue de la compétence, les photographes sont considérés comme des commerçants, justiciables des tribunaux de commerce, à condition bien entendu qu'ils fassent de leur art un métier. Ils sont d'ailleurs soumis à la contribution des patentes, et imposés à la cinquième classe s'ils emploient des ouvriers, à la sixième s'ils travaillent seuls. Les marchands d'appareils de photographie en boutiques ou en magasins sont imposés à la quatrième classe. A. LONDE.

BIBL. : FABRE, *Traité encyclopédique de photographie*, 1889. — COLSON, *les Papiers photographiques au charbon*, 1898.

Traités généraux : DAVANNE, *la Photographie. Traité théorique et pratique*, 1886 et 1888. — FABRE, *Traité encyclopédique de photographie*, 1889-91. — LONDE, *la Photographie moderne. Traité pratique de la photographie et de ses applications à l'industrie et à la science*, 1896. — FOURTIER, *Dictionnaire pratique de chimie photographique*, 1892. — DE CHAPEL D'ESPINASSOUX, *Traité pratique de la détermination du temps de pose*, 1890. — VOGEL, *la Photographie des objets colorés avec leurs valeurs réelles*, traduit de l'allemand par Henri Gauthier-Villars, 1887. — VIDAL, *Manuel pratique d'orthochromatisme*, 1891. — COLSON, *la Photographie sans objectif, au moyen d'une petite ouverture*, 1891. — WALLON, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, 1891. — MOËSSARD, *l'Objectif photographique*, 1899. — Du même, *Etude des lentilles et objectifs photographiques*, 1889. — LONDE, *la Photographie instantanée, théorie et pratique*, 1897. — EDER, *Ausführliches Handbuch der Photographie*. — Van MONCKHOVEN, *Traité général de photographie, suivi d'un chapitre spécial sur le gélatinobromure d'argent*, 1884. — CHARDON, *Photographie par émulsion sensible, au bromure d'argent et à la gélatine*, 1880. — COLSON, *la Plaque photographique*. — LONDE, *Traité pratique du développement*, 1898. — Du même, *Aide-mémoire pratique de photographie*. — LA BAUME-PLUVINEL, *la Formation des images photographiques*, 1891. — PIZZIGHELLI et HÜBL, *la Platinotypie. Exposé théorique et pratique d'un procédé photographique aux sels de platine, permettant d'obtenir rapidement des épreuves inaltérables*, traduit de l'allemand par Henry Gauthier-Villars, 1887. — Henry GAUTHIER-VILLARS, *Manuel de ferrotypie*, 1891. — POITEVIN, *Traité des impressions photographiques*, 1883. — MASKELL, et DEMACHY, *le Procédé à la gomme bichromatée ou photo-aquateinte ;* traduit de l'anglais par Devanlay, 1898. — BALAGNY, *la Photocollographie*, 1899. — VIDAL, *Traité pratique de photogravure en relief et en creux*. — FÉRY et BURAIS, *Traité de photographie industrielle*, 1896. — VIDAL, *la Photolithographie, la Photogravure et leurs applications aux impressions monochromes et polychromes.*

Applications : Conférences publiques sur la photographie théorique et technique organisées en 1891-92 par le directeur du Conservatoire des arts et métiers, 1893. — *Enseignement supérieur de la Photographie. Conférences de la Société française de photographie*, 1899. — LE BON, *les Levers photographiques et la photographie en voyage*, 1889. — MEYER-HEINE, *la Photographie en ballon et la téléphotographie*, 1899. — LAUSSEDAT, *Recherches sur les instruments et le dessin topographiques*, 1898. — MONPILLARD, *la Microphotographie*, 1899. — TRUTAT, *Traité pratique des agrandissements photographiques*, 1897. — WALLON, *les Agrandissements*, 1899. — BERTILLON, *la Photographie judiciaire*, 1890. — LONDE, *la Photographie médicale, applications aux sciences médicales et physiologiques*, 1893. — RAYET, *Notes sur l'histoire de la photographie astronomique*, 1887. — FOURTIER, *les Lumières artificielles en photographie*, 1895. — BERGET, *Photographie des couleurs par la méthode interférentielle*, 1891. — VIDAL, *Photographie des couleurs*, 1897. — CLERC, *la Photographie des couleurs*, 1899. — MAREY, *le Mouvement*. — TRUTAT, *la Photographie animée*, 1898.

PHOTOGRAVURE (V. HÉLIOGRAVURE et PHOTOGRAPHIE).

PHOTOLITHOGRAPHIE. La photolithographie est un procédé de reproduction industrielle des dessins à l'aide de la lumière sur une pierre lithographique. Il ne permet que le tirage de dessins au trait ou à grains. On ne peut obtenir les dessins à teintes plates ou fondues. La pierre lithographique très finement grainée au préalable et nettoyée à l'acide est recouverte d'une mince couche de la solution suivante :

Eau	1.000^{cm3}
Ammoniaque	500^{cm3}
Albumine	1.000^{cm3}
Gomme arabique	100^{gr}
Bichromate de potasse	30^{gr}

On sèche rapidement, on expose sous un négatif vigoureux et on lave abondamment à l'eau courante qui est absorbée par les parties de la couche qui n'ont pas reçu l'action de la lumière et leur communique la propriété de ne pas prendre l'encre autographique qui prend, au contraire, dans les parties insolubilisées par la lumière. On procède à l'encrage avec un rouleau chargé d'encre autographique en prenant la précaution de mouiller de temps à autre à l'éponge pour dégager les fonds qui s'empâteraient.

La pierre est laissée au repos pendant douze heures, puis encrée à l'encre lithographique comme précédemment en passant de temps en temps l'éponge.

L'encrage terminé, on recouvre la pierre d'une solution composée de :

Eau	1.000^{cm3}
Gomme arabique	100^{gr}
Acide azotique	50^{gr}

On laisse sécher, puis on lave, et la pierre est prête pour le tirage. Le tirage se fait à la pierre lithographique, la pierre doit être assez fréquemment mouillée d'eau glycérinée. Après chaque arrêt du tirage, il faut mouiller avec la solution de gomme acidulée que l'on enlève au moment de reprendre le tirage. E. M.

PHOTOMÈTRE (Phys.). Les photomètres se divisent en spectrophotomètres, qui décomposent la lumière étudiée et celle qui sert d'étalon, en spectres dont on compare l'intensité en en étudiant successivement les diverses régions, et photomètres ordinaires, utilisés pour la mesure des intensités lumineuses, de nuances voisines de celles que possède la lumière étalon choisie. Nous étudierons d'abord ces derniers, et nous décrirons les plus employés de ceux qui permettent d'employer une des trois méthodes décrites à l'article PHOTOMÉTRIE.

PREMIÈRE MÉTHODE. — *Photomètre de Bouguer.* C'est une caisse en bois, séparée en deux parties par une cloison opaque, perpendiculaire à une paroi en verre dépoli ; la paroi opposée manque ; c'est ce côté que l'on tourne vers les lumières à comparer ; grâce à la cloison, chacune d'elles n'éclaire qu'une portion de l'écran. On modifie les

distances des lumières au photomètre de façon à ce que les deux éclairements soient égaux; I et i représentant les intensités des deux lumières, D et d leurs distances au verre dépoli; quand l'égalité d'éclairement est obtenue, on a $\frac{I}{D^2} = \frac{i}{d^2}$. Si l'une des lumières, i par exemple, est l'étalon adopté (carcel ou bougie décimale, V. PHOTOMÉTRIE) et si on la place à 1 m. de distance ($d = 1$), alors I sera donné par l'expression $I = D^2$ où D est exprimé en mètres. Le photomètre de Foucault est une modification du précédent.

Photomètre Rumford. Une tige cylindrique (fig. 1) est fixée devant un écran opaque blanc. Placé devant deux lumières, la tige projette deux ombres. On peut disposer les lumières de façon que les ombres soient en contact pour qu'on puisse plus facilement les comparer. On les écarte plus ou moins de façon que, les ombres restant en contact, leurs intensités deviennent égales. On a encore la même relation que précédemment : $\frac{I}{D^2} = \frac{i}{d^2}$.

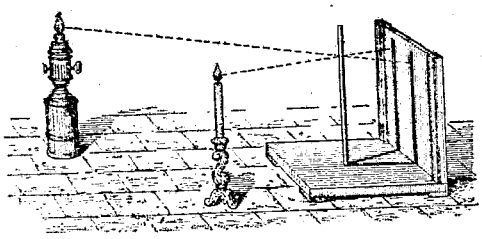


Fig. 1. — Photomètre Rumford.

Photomètre de Foucault modifié par M. Violle. Les deux lumières à comparer sont placées sur un banc d'optique, et entre elles on peut déplacer une petite caisse où se trouvent deux miroirs inclinés à 45° et en sens inverse, sur la droite, passant par les deux lumières. Ces miroirs renvoient la lumière provenant des deux sources sur un petit écran transparent qu'on observe à travers un œilleton. On déplace la petite caisse jusqu'à obtenir l'égalité d'éclairement. Comme les deux miroirs employés peuvent avoir des pouvoirs réflecteurs différents, une roue dentée permet de faire tourner de 180° le système qui les porte. Après ce retournement, on fait une nouvelle détermination et l'on prend la moyenne.

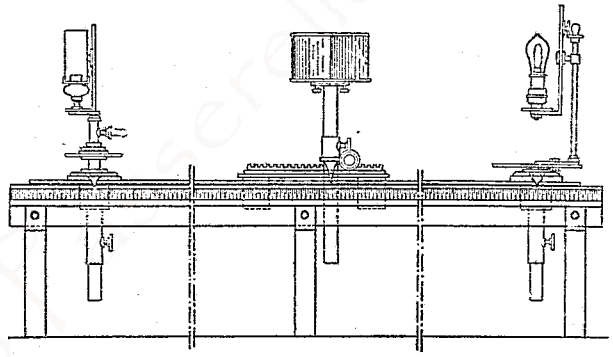


Fig. 2. — Photomètre Bunsen.

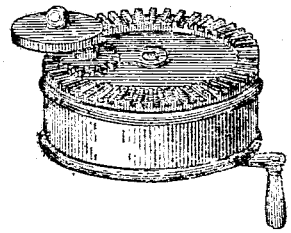


Fig. 3. — Photomètre Wheastone.

Photomètre de Bunsen. Il se compose d'une feuille de papier, sans grains, sur lequel on a fait une tache d'huile (fig. 2). On sait que lorsqu'on regarde une pareille feuille par transparence, la partie huilée paraît claire, sur le fond sombre du papier, tandis que c'est l'inverse quand on regarde le papier éclairé par devant : la tache paraît sombre sur le fond blanc du papier. Lorsque les deux faces d'un pareil papier sont également éclairées, on ne voit plus la tache. C'est ce que l'on cherche à réaliser en déplaçant cette feuille entre deux lumières et, quand ce résultat est obtenu, il n'y a plus qu'à mesurer les distances de la tache aux deux lumières. On a alors la même relation que précédemment pour calculer l'intensité d'une des lumières en fonction de l'autre. Pour donner à cet appareil toute la sensibilité dont il est susceptible, il est bon, à l'aide de deux miroirs inclinés à 45°, d'observer simultanément les deux faces du papier.

Photomètre à relief de M. Yvon. Ce photomètre se compose d'un prisme blanc à angle droit que l'on observe dans la direction opposée de la bissectrice de cet angle, tandis que les deux lumières à comparer se trouvent sur une ligne perpendiculaire à la précédente et de part et d'autre du photomètre. Avec cette disposition, chaque lumière n'éclaire qu'une des faces du prisme, et quand l'éclairement est le même, la sensation de relief qu'éprouve l'œil disparaît et, au lieu d'un angle saillant, il croit voir une surface plane. On mesure alors les distances des lumières au prisme, et les calculs se font comme précédemment.

Photomètre de Wheastone. Il se compose d'une petite bille en acier de quelques millimètres de diamètre fixée à une roue dentée qui peut tourner à l'intérieur d'une circonférence dentée (fig. 3). Pendant ce mouvement, la bille d'acier décrit une épicycloïde et, si on l'expose à deux lumières, chacune d'elles formera, par réflexion, sur la bille d'acier, une petite lumière qui, lorsque l'appareil marchera, donnera naissance à une épicycloïde lumineuse. On se déplacera avec ce photomètre, entre les deux lumières, jusqu'à ce que les deux courbes lumineuses paraissent aussi brillantes l'une que l'autre et on mesurera alors les distances de l'appareil aux deux lumières. Mêmes calculs que précédemment.

Photomètre de M. Cornu. Pour comparer les quantités de lumière qui passent par deux petites ouvertures égales, on projette leur image sur un même écran, au contact l'une de l'autre, à l'aide de deux lentilles aussi semblables que possible. Si les deux lumières sont égales, l'éclairement de leur image l'est aussi; si les lumières ont des intensités différentes, au lieu de faire varier leurs distances, comme dans tous les appareils précédents, pour obtenir l'égalité d'éclairement, on diaphragme la lentille qui donne l'image la plus lumineuse. Pour un diaphragme d'ouverture convenable, les deux images deviennent également éclairées. Les quan-

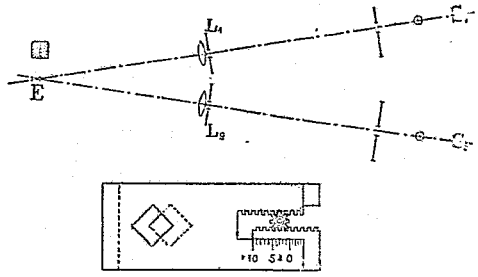


Fig. 4. — Photomètre Cornu.

tités de lumière qu'elles reçoivent sont alors égales, mais l'une provient d'un faisceau ayant pour base toute la surface de la lentille, tandis que l'autre provient d'un faisceau ayant pour base l'ouverture du diaphragme. Les deux lumières à comparer ont des intensités inversement proportionnelles à ces surfaces. Pour rendre la manœuvre commode, il faut avoir un diaphragme dont on puisse changer progressivement l'ouverture : on emploie un *œil-de-chat*. C'est un ensemble de deux plaques de métal noirci, portant chacune une entaille en forme de V, disposée horizontalement et en sens inverse <>. L'ouverture laissée libre par la réunion de ces deux plaques est donc un carré quand les deux branches du V sont rectangulaires et reste un carré quand on les fait mouvoir l'une vers l'autre ; mais alors ces deux lames empiètent de plus en plus l'une sur l'autre et ne laissent libre qu'un trou carré de plus en plus petit. Le déplacement donné à ces plaques est mesuré par une vis micrométrique et sert à calculer la surface correspondante.

Photomètre de M. Mascart. Cet appareil est surtout destiné à mesurer la clarté en divers points, soit dans les rues, soit dans les monuments. Il se compose de deux tubes parallèles contenant chacun, vers leur milieu, deux lentilles, devant lesquelles peuvent glisser des volets, de façon à faire varier à volonté leur ouverture utile. L'un des tubes porte à l'une de ses extrémités une lampe type, enfermée dans un manchon ; l'autre tube porte du même côté un miroir incliné à 45° sur l'axe du tube et renvoyant dans ce tube la lumière provenant d'un écran en

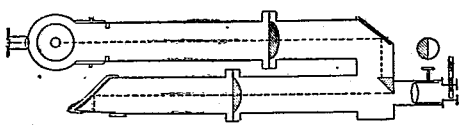


Fig. 5. — Photomètre Mascart.

papier. C'est cet écran en papier, parallèle à l'axe du tube, dont on détermine l'éclairement lorsqu'on transporte l'appareil aux divers points où l'on veut mesurer la clarté. Comme, d'autre part, celle-ci varie en un même point dans les diverses directions, l'ensemble de l'écran de papier et du miroir à 45° est porté sur une monture commune tournant autour de l'axe du tube, ce qui permet au plan de papier de prendre toutes les directions possibles parallèles à cet axe, tout en renvoyant dans la lunette la lumière que ce plan diffuse. Les deux faisceaux lumineux parallèles qu'envoient la lampe type et l'écran en papier se trouvent ramenés en contact, par réflexion, sur un autre miroir et sur un prisme, de façon à ce que l'œil aperçoive mieux la moindre différence d'éclat des deux faisceaux. La clarté aux divers points d'une salle et dans diverses directions s'exprime en carcel-mètre, c.-à-d. qu'on la compare à un carcel situé à un mètre de distance.

Spectromètres à polarisation. On a imaginé divers spectromètres d'une disposition générale analogue aux précédents, mais dans lesquels on fait varier, non les diamètres des faisceaux, mais leurs intensités, en les faisant traverser deux nicols. Lorsque l'angle des deux nicols que traverse chaque faisceau est nul, les phénomènes de polarisation ne changent pas l'intensité de ces faisceaux (V. Analyseur), mais si l'angle est i, l'intensité de la lumière transmise se trouve diminuée dans le rapport $\frac{\cos^2 i}{1}$. L'inconvénient de ces appareils réside dans leur grand pouvoir absorbant qui ne permet de les employer que pour comparer des lumières suffisamment intenses.

Deuxième méthode. — Lorsqu'une lumière est environ soixante fois plus faible qu'une autre, ses effets sont insensibles devant ceux de la seconde ; ainsi, l'ombre qu'elle portera sur un écran, éclairé par cette dernière, sera invisible. Aussi peut-on employer le photomètre de Rumfort autrement que nous ne l'avons fait et chercher à quelle distance minimum il faut placer l'une des lumières pour qu'on ne voie plus l'ombre correspondante. Son éclairement sera 60 fois plus faible que l'autre. Il est bon que chaque observateur détermine directement la sensibilité de son œil en opérant avec deux lumières égales. Le facteur 60, que nous avons adopté comme moyenne, varie en effet un peu avec chaque observateur. — Le *photomètre électrique* (V. ci-dessous) est une nouvelle application de la même méthode.

Troisième méthode. — Cette méthode, qui a l'avantage de s'appliquer à des lumières de couleurs absolument quelconques, mais qui fait intervenir la sensibilité de l'œil pour les diverses couleurs, ne peut par cela même comparer ces lumières qu'au point de vue physiologique et non au point de vue mécanique, c.-à-d. en comparant les énergies correspondant aux vibrations de l'éther qui les produisent. Pour appliquer cette méthode, on place l'œil à une certaine distance d'un écran blanc sur lequel sont tracés des caractères noirs. L'écran étant dans l'obscurité, on fait tomber sur celui-ci l'une des lumières à étudier et on l'approche peu à peu jusqu'à pouvoir lire l'écriture correspondante, on note alors la distance de la lumière à ce moment ; puis on opère de même avec l'autre. On prend encore ici comme rapport des intensités celui des rapports des carrés des distances, mais ici le nombre trouvé a une signification bien moins précise que précédemment. Au lieu d'employer ce caractère, on peut comparer diverses lumières en les approchant plus ou moins, de façon à produire le même effet, soit sur un thermomètre (photomètre de Leslie), soit sur une plaque photographique (photomètre photographique Janssen : les intensités lumineuses de deux sources sont entre elles dans le rapport des temps que ces sources emploient pour accomplir les travaux photographiques égaux).

Spectrophotomètres. Ces appareils ont pour objet de décomposer les lumières à analyser, de façon à obtenir leurs spectres ; ce que l'on compare ensuite, c'est l'intensité relative des deux lumières dans les diverses régions du spectre. On fait, en moyenne, six comparaisons dans les régions rouge, jaune, bleue, et dans les régions voisines, orangée, verte, violette. Un grand nombre d'appareils ont été imaginés pour cela. La partie photométrique proprement dite se compose d'un appareil permettant d'éclairer, par les deux lumières, deux plages voisines, comme dans le photomètre Cornu, mais au lieu de laisser se former les deux images sur un écran, on les reçoit sur la fente verticale d'un spectroscope, de façon que la moitié supérieure de cette fente ne reçoive qu'une des lumières et que la moitié inférieure reçoive l'autre. On aperçoit alors dans la lunette du spectroscope deux spectres l'un au-dessus de l'autre, mais en contact. La lunette est munie d'un diaphragme qui permet de n'apercevoir à la fois qu'une portion du spectre, on amène alors l'éclairement à être le même dans cette partie, en manœuvrant par exemple la vis de l'œil-de-chat (appareil Cornu), puis on déplace légèrement la lunette, de façon à apercevoir une autre région du spectre, et on fait la même mesure.

Photomètre électrique. Cet instrument, imaginé par Masson, se compose d'un disque formé de secteurs égaux noirs et blancs que l'on peut faire tourner rapidement. Il présente alors à l'œil un aspect gris dû à la persistance de l'impression rétinienne. On sait que, si l'on fait jaillir une étincelle électrique dans le voisinage d'un pareil disque en rotation, on le voit, à la lumière presque instantanée de l'étincelle, comme immobile. Si le disque tournant est éclairé à la fois par une lumière fixe et continue et par une étincelle électrique, le disque qui semblait gris semble arrêté au moment de l'étincelle si la lumière de celle-ci n'est pas trop faible. On peut dire qu'en moyenne, lorsque l'éclairement du disque par l'étincelle est moindre que 1/60e de l'éclairement fourni par la lumière continue, le disque ne perd pas son aspect grisâtre au moment de

l'étincelle. Si, au contraire, l'éclairement dû à l'étincelle est plus grand que cette limite, le disque semble arrêté quand elle jaillit. Cette limite varie un peu avec la sensibilité et l'état de l'œil. Pour comparer deux lumières, on prendra l'une d'elles et on la placera le plus loin possible du disque tournant, mais de façon cependant qu'à chaque étincelle le disque n'apparaisse pas arrêté. Cette distance D déterminée, on fera de même pour l'autre lumière en faisant en sorte d'employer des étincelles jaillissant toujours dans les mêmes conditions. On trouvera cette fois une distance D'. Les intensités des deux lumières sont entre elles comme les carrés des deux distances correspondantes D et D'. On peut ainsi comparer des lumières de nuances différentes. Ce même appareil a été aussi employé par Masson pour étudier les quantités de lumière accompagnant l'étincelle électrique quand on fait varier les circonstances qui la produisent (V. Etincelle). A. Joannis.

PHOTOMÉTRIE. La photométrie est la partie de la physique qui a pour objet la mesure des intensités lumineuses. Mesurer une intensité lumineuse, c'est la comparer à une autre prise pour unité. Cette opération est très complexe, comme la nature même des phénomènes qu'il s'agit de comparer. On peut avoir en effet à mesurer l'intensité d'une source de lumière ou l'éclairement d'une surface quelconque par un ensemble de divers foyers. Dans un cas comme dans l'autre, la lumière envoyée par l'incandescence de la flamme ou par la diffusion de la surface éclairée est d'une composition très compliquée et très variable. Le problème général de la photométrie, consistant à comparer entre elles deux lumières, dont l'une est prise pour unité, ne peut être traité avec exactitude que si l'on décompose chacune de ces lumières complexes et que l'on compare ensuite les intensités de chacune des radiations constituant les deux lumières. Si l'on a fait cette étude, alors la lumière examinée se trouve nettement définie par sa comparaison avec l'étalon adopté. Il faut en outre, pour ces recherches de haute précision, un étalon de lumière absolument fixe, facile à reproduire, toujours identique à lui-même, maintenant et toujours. Mais, dans la plupart des cas que présente la pratique, une telle comparaison serait à la fois très compliquée et peu utile. Ce que l'on a surtout à mesurer, ce sont les intensités lumineuses des sources de lumière les plus usuelles.

La photométrie comprend donc : 1° le choix d'un étalon de lumière ; 2° les méthodes permettant de comparer la lumière à mesurer avec la lumière étalon ; 3° les instruments destinés à effectuer cette comparaison. Dans la photométrie de haute précision, on doit employer un étalon absolument fixe, que l'on puisse toujours obtenir identique à lui-même aussi bien maintenant que dans plusieurs siècles, de façon à rendre comparables les mesures actuelles avec celles que feront plus tard les physiciens. Les problèmes si intéressants de photométrie céleste pourront ainsi être abordés avec précision. L'étalon de lumière adopté en 1881, sur la proposition de M. Violle, par le congrès des électriciens, est la quantité de lumière émise normalement par 1 centim. q. de platine fondu à sa température de solidification. Les instruments employés pour la comparaison des lumières dans la photométrie de précision sont les spectrophotomètres (V. Photomètre), qui permettent de séparer chaque lumière en ses radiations composantes et de comparer celles-ci à celles qui composent la lumière étalon. Dans la photométrie pratique, on compare seulement des lumières de nuances à peu près semblables et sans se préoccuper de leurs nuances. La précision obtenue est d'autant plus grande que ces nuances sont plus voisines. Les étalons de lumière employés ne sont pas aussi constants que le précédent, mais ils se prêtent mieux aux observations courantes. En France, on emploie le *Carcel* (lampe à régulateur, d'un type déterminé, brûlant 42 gr. d'huile de colza épurée par heure) ; cet étalon vaut $0^{violle},481$; on emploie aussi la bougie décimale qui vaut 1/20e de violle. Les Anglais emploient la *Candle*, bougie de blanc de baleine de 6 bougies à la livre anglaise ; cette unité vaut $0^{violle},054$. Les Allemands emploient le *Kerze*, bougie de paraffine de 12 au kilogr. valant $0^{violle},061$. Ces divers étalons, d'une couleur jaunâtre, se prêtent bien à la mesure de l'intensité de la lumière des lampes à huile et à pétrole, du gaz, etc. L'étalon Violle convient mieux pour la lumière électrique à cause de sa nuance. Pour mesurer l'intensité d'une lumière, on peut employer les méthodes suivantes :

1° Avec chacune de ces lumières, on éclaire deux petites surfaces blanches très voisines, de façon que l'œil non seulement puisse les apercevoir à la fois, mais encore puisse les comparer plus exactement, ce qui exige, à cause du maximum de sensibilité que présente une partie de la rétine, que ces deux petites surfaces soient aussi voisines que possible, en contact même si l'on peut. L'œil n'étant pas capable d'évaluer un rapport de lumière, mais seulement d'apprécier l'égalité de deux lumières, on éloigne l'une des sources lumineuses ou on la rapproche, ce qui permet de diminuer ou d'augmenter à volonté l'éclairement de la surface qui reçoit sa lumière jusqu'à le rendre égal à celui de l'autre surface. Les deux éclairements produits par ces sources inégalement éloignées étant les mêmes, si l'on sait comment varie avec la distance la quantité de lumière que reçoit l'unité de surface, on pourra calculer le rapport des intensités des deux sources lumineuses employées. Or la théorie prévoit, et l'expérience confirme, que la quantité de lumière reçue par l'unité de surface est en raison inverse du carré de la distance, de telle sorte que s'il faut placer 1 bougie à 1 m. d'une feuille de papier blanc pour produire un certain éclairement, il faudra 4 bougies à 2 m. de distance ou encore 9 bougies à 3 m., etc., pour produire le même effet. Par conséquent, avec la méthode étudiée en ce moment, les deux intensités I et i des deux lumières qui produisent le même éclairement d'une même surface située respectivement aux deux distances D et d de ces sources lumineuses satisferont à l'équation $\frac{I}{i} = \frac{D^2}{d^2}$ ou $\frac{I}{D^2} = \frac{i}{d^2}$, de sorte que l'une des lumières servant d'étalon ($i = 1$), l'intensité de l'autre pourra être connue par une simple mesure des distances D et d. Ces fractions $\frac{I}{D^2}$ et $\frac{i}{d^2}$ peuvent être considérées comme définissant l'éclairement, c.-à-d. la quantité de lumière reçue de chaque source par l'unité de surface de l'écran. Un procédé simple pour éclairer deux petites portions contiguës d'un écran séparément par deux sources de lumière consiste à placer devant l'écran un corps opaque produisant une ombre rectangulaire. Chaque lumière projette sur l'écran une ombre et, en plaçant convenablement les lumières, on peut s'arranger de façon que ces ombres soient contiguës. La région de chaque ombre se trouve alors uniquement éclairée par la lumière qui ne produit pas cette ombre, et lorsque leurs intensités sont égales, c'est que les lumières éclairent également chacune de ces petites régions du plan. Les intensités I et i des lumières situées à des distances D et d de l'écran satisfont alors à la relation $\frac{I}{D^2} = \frac{i}{d^2}$.

2° Si l'on place un objet opaque exposé à l'action de deux sources lumineuses devant un écran, il donnera deux ombres plus ou moins sombres ; si l'on éloigne alors l'une des lumières de l'écran, l'ombre correspondante pâlira de plus en plus jusqu'à l'effacement complet. L'expérience apprend que lorsque cette ombre disparaît, l'éclairement correspondant à cette partie n'est plus que 1/60e environ de l'éclairement dû à l'autre lumière ; l'œil ne peut, en effet, constater une différence entre deux éclairements que si l'un d'eux l'emporte de 1/60e en moyenne sur l'autre. En admettant cette moyenne comme exacte, on pourra donc employer cette méthode de la disparition de l'ombre pour comparer l'intensité d'une lumière I à celle d'une

autre i; soient D la distance de la première lumière (I) à l'écran et d la distance de l'autre (i). Quand la lumière i sera assez loin pour que l'ombre qu'elle donne disparaisse, c.-à-d. quand l'éclairement qu'elle donne sera 60 fois plus faible que l'autre, on aura $\frac{I}{D^2} = 60\frac{i}{d^2}$.

3° Si l'on admet que, pour que l'œil perçoive des caractères noirs sur un fond coloré, il faut que l'éclairement de ce fond ait une valeur minima sensiblement constante, on peut chercher l'intensité d'une lumière en faisant varier sa distance à ce fond de façon à ce qu'elle l'illumine de cet éclat minimum, c.-à-d. de façon à ce que les caractères noirs commencent à apparaître. On peut ainsi *comparer à ce point de vue*, mais non véritablement mesurer, des lumières diversement colorées. Les divers photomètres utilisent une de ces trois méthodes.

A. Joannis.

PHOTOMICROGRAPHIE (V. Photographie).

PHOTOMINIATURE. La photominiature est un procédé de peinture des photographies leur donnant l'aspect de miniature sous verre. Il exige des épreuves bien complètes tirées sur papier préparé à l'albumine. On enduit de colle d'amidon la face concave d'un verre bombé et l'épreuve, on les applique l'une contre l'autre, face albuminée contre verre, en prenant soin d'éviter toute bulle d'air, et on laisse sécher. On use ensuite avec de la poudre d'émeri le dos de l'épreuve de manière à enlever tout le papier pour qu'il ne reste plus sur le verre que la couche d'albumine qu'il faut éviter soigneusement d'érailler. On plonge alors le verre portant l'image d'albumine dans un bain chaud de spermaceti et de paraffine jusqu'à ce que l'épreuve soit bien transparente. On nettoie les deux faces du verre et on le double d'un verre bombé identique appliqué derrière la photographie et maintenu par une bande de papier fort, collé sur ses bords. Sur la face concave de ce second verre on applique la peinture en se servant de couleurs à l'huile. On termine en appliquant à l'arrière de l'ensemble des deux verres un bristol bien blanc.

E. M.

PHOTONIELLURE (V. Nielle).

PHOTOPHOBIE. On donne ce nom à un symptôme qu'on observe dans nombre d'affections oculaires et qui consiste en une extrême sensibilité à la lumière. Les malades recherchent l'ombre; on remarque la photophobie dans les kératites, les conjonctivites et certaines maladies du fond de l'œil; l'abus du bandeau dans le traitement des maladies de l'œil, le séjour dans des prisons obscures, cachots, amènent la photophobie. On y remédie par l'emploi de lunettes fumées.

PHOTOPHONE. Ces appareils reposent sur une propriété découverte par May et Willougby Smith : certains corps ont une résistance électrique qui varie notablement et rapidement quand on fait varier l'intensité de la lumière qu'ils reçoivent. Si, par exemple, dans un circuit électrique, on intercale un morceau de sélénium et un téléphone et que l'on fasse tomber un faisceau intermittent de lumière sur le sélénium, sa résistance diminuant chaque fois que la lumière le touche, l'intensité du courant électrique se trouvera augmentée; les phénomènes inverses se produiront quand le sélénium ne sera plus éclairé. Si ces variations de lumière sont rapides, les variations correspondantes de l'intensité électrique le seront aussi et se manifesteront par le son que l'on entendra dans le téléphone, appareil extrêmement sensible, comme on le sait, aux moindres variations d'intensités électriques. Ces phénomènes ont été étudiés principalement par Bell et Tainter en Amérique, et par M. Mercadier en France; voici la description du récepteur au sélénium employé par ce savant : on superpose deux rubans en cuivre mince, séparés par deux feuilles de papier de même largeur, puis on enroule ce système et, une fois enroulé, on peut le comprimer entre deux planchettes de bois qui portent chacune une borne en cuivre qui se trouve être en communication avec l'un ou avec l'autre des deux rubans de cuivre; ces bornes peuvent être mises en communication avec les pôles d'une pile, mais le courant ne passe pas, grâce à l'interposition du papier, mauvais conducteur, entre les spires du cuivre. On attaque alors avec une lime la tranche de cet assemblage, et quand on a obtenu une surface bien plane, on applique la face opposée sur une plaque chauffée à 300° et sur la surface plane on promène un bâton de sélénium qui fond et dépose une couche très mince sur la surface. Grâce à cette couche, le courant électrique peut passer d'un ruban de cuivre à l'autre, mais en traversant le sélénium. C'est cette couche mince que l'on expose à une lumière présentant un grand nombre d'interruptions par seconde. Un téléphone placé dans le circuit transforme en vibrations sonores les variations d'intensité du courant électrique qui le traversent. Ce sont les radiations les plus lumineuses, c.-à-d. celles de la lumière jaune qui produisent le maximum d'effet avec cet appareil.

Le sélénium n'est pas le seul corps qui produise des effets de ce genre; le noir de fumée est dans le même cas; on peut le montrer de la façon suivante : on argente une plaque de verre, puis, à l'aide d'une pointe fine, on trace une ligne en zigzag, de façon à séparer le dépôt d'argent en deux parties, sans communication l'une avec l'autre. Si l'on met chacune d'elles en relation avec les pôles d'une pile, le courant ne passe pas; en passant alors le tout sur une flamme, on dépose une couche de noir de fumée sur le tout, principalement sur la ligne en zigzag. Le courant peut alors passer grâce à la conductibilité du noir de fumée; mais il passe avec une intensité très variable, selon qu'il est ou non éclairé. Cet appareil est surtout sensible aux rayons rouges et infrarouges, c.-à-d. aux rayons calorifiques (V. Radiophonie).

A. Joannis.

PHOTOPHONIE. La photophonie consiste dans la transformation de l'énergie lumineuse en énergie sonore; le photophone de M. Mercadier (V. Photophone) peut être considéré comme le type des appareils qui permettent cette transformation. Mais depuis ces premières recherches, la question s'est élargie, et l'on désigne plus souvent sous le nom de *radiophonie* cette partie de la physique (V. Radiophonie).

A. Joannis.

PHOTOPHORE (Mar.). Nom qui a été tout d'abord donné à la bouée de sauvetage lumineuse, à base de phosphure de calcium. Imaginée en 1857 par MM. Sayferth et Silas, elle est devenue réglementaire, après quelques légères modifications, à bord des navires de guerre français (V. Bouée, t. VII, p. 620). — On appelle aussi photophore une lampe à réflecteur parabolique, employée pour l'éclairage des *phares* (V. ce mot).

PHOTOPLASTOGRAPHIE. La photoplastographie est un procédé industriel de reproduction de dessins à l'aide de la lumière, connu encore sous le nom de *photoglyptie* ou de *woodburytypie*, du nom de son inventeur, *Woodbury*. Il a joui jadis d'une grande vogue, mais il a été détrôné par la photocollographie et la photogravure. Il consiste essentiellement en trois opérations successives : 1° obtention d'une épreuve en relief sur gélatine bichromatée à l'aide de la lumière; 2° obtention, à la presse hydraulique, d'une matrice en métal reproduisant en creux les reliefs de l'épreuve sur gélatine; 3° tirage des épreuves en coulant de la gélatine colorée dans la matrice obtenue.

Preparation du relief en gélatine. On prépare la solution suivante :

Eau	1.000 gr.
Gélatine Nelson Ambra n° 3.	200 —
Sucre	60 —
Glycérine	10 —
Bichromate de potasse, 15 à	30 —

Cette solution est coulée et étendue sur une glace légèrement chauffée, talquée, recouverte de collodion glycé-

riné et maintenue parfaitement horizontale à l'aide d'un pied à vis calantes. On laisse refroidir et, quand la gélatine a fait prise, on procède à sa dessiccation dans une étuve à chlorure de calcium, et l'on détache la pellicule de la glace support. Cette pellicule se trouve prête à être impressionnée. L'exposition est faite sous le négatif du sujet par le côté collodionné, et sa durée est réglée à l'aide d'un photomètre. L'exposition terminée, on reporte la pellicule sur une glace support provisoire, recouverte d'une couche de la solution au dixième de caoutchouc Para dans la benzine ordinaire et l'on développe, en immergeant glace et pellicule dans une cuvette contenant de l'eau chaude à la température de 40° centigrades, que l'on porte successivement à 50 et à 60°. Le développement est progressif et le relief s'accentue de plus en plus.

Lorsque le développement est terminé, on plonge la glace dans une cuvette d'eau froide, la gélatine s'y raffermit, on l'abandonne ensuite pendant une heure dans une cuvette contenant de l'alcool méthylique à 90°; la gélatine devient bleu azur, cède son eau à l'alcool et durcit. On laisse sécher, et, incisant la pellicule aux quatre bords avec un canif, on l'enlève de son support, on la débarrasse du caoutchouc qu'elle peut avoir entraîné, et elle se trouve prête pour l'impression dans le métal. Dans cet état de la pellicule, les parties correspondantes aux blancs purs du modèle sont faites d'une couche mince de collodion, et les teintes de couches de gélatine sont d'autant plus épaisses que la teinte correspondante est plus foncée.

Obtention de la matrice. L'impression dans le métal du relief de la pellicule de gélatine bichromatée se fait à la presse hydraulique. Pour éviter la déchirure des parties faibles de la pellicule sous l'effet de l'écrasement du métal, on se sert d'une cuvette formée d'un prisme d'acier dont une base est parfaitement plane et polie et dont les quatre faces latérales sont munies, à l'aide d'écrous, de quatre rebords surélevés et taillés en biseau de façon à être tranchants et mobiles. La pellicule étant placée dans la cuvette, le côté gélatiné en dessus, on la recouvre d'une lame de plomb antimonié présentant des dimensions un peu plus grandes que celles de la cuvette et étant un peu plus épaisse que la hauteur des rebords biseautés et porte le tout sous la presse où l'on comprime. Les rebords tranchants de la cuvette coupent la lame de plomb dont une partie pénètre dans la cuvette et se moule sur le relief de gélatine. En desserrant les écrous des rebords biseautés de la cuvette, on peut retirer cette lame de plomb qui se présente taillée bien carrément, à faces planes, et portant en creux les moindres détails du relief gélatiné. C'est la matrice dans laquelle on coulera la gélatine colorée destinée à produire les images positives.

Tirage des épreuves. On scelle la matrice, face en dessus, dans un lit de plâtre, en ayant soin de ne pas gauchir la face supérieure, que l'on graisse légèrement à la vaseline, et on porte ce moule sous une presse verticale. On prépare une solution chaude de gélatine colorée, à la nuance désirée, que l'on verse sur la matrice; on applique une feuille de papier *satiné* et enduit d'une couche de vernis à la gomme laque et l'on abat le plateau de la presse dont la face inférieure est polie et plane, et l'on exerce une pression. La gélatine, en excès, se trouve chassée par l'effet de cette pression; dans les parties blanches, le papier vient en contact avec le plomb; ailleurs il se revêt d'une épaisseur de gélatine colorée proportionnelle à l'intensité du relief. Au bout d'un quart d'heure, la gélatine ayant fait prise, on peut retirer le papier du moule. Il entraîne l'image en gélatine et il ne reste plus qu'à le sécher et le satiner pour faire disparaître le relief de la gélatine. On obtient ainsi des épreuves de couleur quelconque, très fines et très modelées. E. M.

PHOTOPSIE. C'est un trouble de la vision qui consiste dans la vision de cercles irisés et d'éclairs d'étincelles. On l'observe dans les hallucinations et dans nombre d'affections oculaires.

PHOTOSCOPE. Appareil électrique, de disposition assez ingénieuse, mais d'un mécanisme très fragile, qui avertit automatiquement une gare de chemin de fer de l'extinction de ses feux fixes de protection.

PHOTOSPHÈRE (Astr.) (V. Soleil).

PHOTOTYPIE. La phototypie est un procédé industriel de reproduction de dessins à l'aide de la lumière, connu également sous le nom de *photocollographie*. Il permet le tirage de dessins de toute nature, au trait ou à teintes plates. Il repose sur cette propriété de la gélatine bichromatée insolée sous un négatif à teintes modelées, que l'absorption de l'eau froide y est proportionnelle à la quantité de lumière reçue, de sorte que, par suite de cette absorption, elle présente un relief en rapport avec les teintes du modèle et qu'en y passant un rouleau chargé d'encre d'imprimerie, cette encre s'attachera à la gélatine en chaque point, en raison de sa sécheresse. La couche de gélatine est coulée sur un support rigide, généralement une glace très épaisse et finement doucie. Les différentes phases du procédé sont les suivantes : 1° préparation des glaces; 2° impression de la couche sensible; 3° tirage des épreuves.

1° *Préparation des glaces.* On assure la bonne adhérence de la gélatine bichromatée à la glace en interposant une couche mince d'albumine bichromatée contenant :

Eau	1.000^{cm3}
Ammoniaque	500^{cm3}
Bichromate de potasse	25^{gr}
Albumine d'œufs	1.200^{cm3}

que l'on a insolubilisée ensuite en exposant à la lumière et que l'on lave et fait sécher.

La couche photocollographique est un mélange des trois solutions suivantes, filtré à chaud sur de la gaze fine :

Eau	1.000^{cm3}
Gélatine	18^{gr}
Eau	1.000^{cm3}
Colle de poisson	85^{gr}
Eau	1.000^{cm3}
Bichromate de potasse	85^{gr}

Cette couche est versée et étendue sur la glace disposée bien horizontalement sur un pied, à vis calantes, et la glace est séchée dans une étuve.

2° *Impression.* L'exposition se fait au châssis-presse, à la lumière diffuse, sous un négatif *retourné*. On suit la venue de l'image à l'aide d'un photomètre. L'exposition terminée, on soude la gélatine à l'albumine en insolubilisant la couche de gélatine bichromatée en contact avec l'albumine par une courte exposition à la lumière par le dos de la glace placée sur un drap noir. On lave ensuite soigneusement pour éliminer toute trace de bichromate, et la planche est prête pour le tirage.

Tirage. La plaque est mise à tremper dans l'eau pendant un quart d'heure, puis elle est calée sur la presse et recouverte d'une solution préservatrice contenant parties égales d'eau et de glycérine et un dixième de sucre. Après quinze minutes de contact, on éponge et l'on passe le rouleau chargé d'une encre spéciale pour photocollographie. On applique la feuille de papier destinée à recevoir le dessin et l'on abat le plateau de la presse. On peut ainsi tirer 1.500 exemplaires avant que la solidité de la couche s'altère. E. M.

PHOTOTYPOCHROMIE (V. Photographie).

PHOTOTYPOGRAPHIE (V. Photographie).

PHOTOZINCOGRAPHIE (V. Héliogravure).

PHOU EUL. Préfecture chinoise, prov. du Yun nan, située au pied des collines, à quelque distance du Meng san ho, affl. de gauche du Mékong. Thé très renommé, puits à sel. C'est en 1381 que les indigènes de cette région firent leur soumission à la Chine; dans les années Kia tsing (1522-66), on en forma le district de *Fong hoa*, dépendant de la préfecture de Yuen kiang, et qui est devenu lui-même préfecture sous la dynastie actuelle. M. C.